

GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

Titel: **Verfüllung Mühlenberg,
Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG**

Datum: 2. Februar 2023

Auftraggeber: Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Auftrag vom: 02.02.2021

Ansprechpartner: Herr Dipl.-Ing. Thomas Eckerth
Herr Dipl.-Geogr. Bernd Wallentowitsch
Herr Dipl.-Ing. Justin Wellmann

Auftragnehmer: ahu GmbH Wasser · Boden · Geomatik, Aachen

Projektbearbeitung: Herr Dipl.-Geol. Axel Meßling (Projektleitung)
von der IHK Aachen öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Gefährdungsabschätzung für den
Wirkungspfad Boden-Gewässer sowie für Sanierung
(Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 2 und 5)

Aktenzeichen: NOTT5/20491

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	A-J
1 VORBEMERKUNGEN/AUTORENSCHAFT	1
2 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	3
3 PROJEKT BETEILIGTE	6
4 VERWENDETE UNTERLAGEN	8
5 ARBEITSPLAN/BEARBEITUNGSKONZEPT/GRUNDLAGEN	11
5.1 Ablauf	15
5.2 Termine Koordinierungsgruppe und Gutachter-Workshops	16
6 KENNTNISSTAND VERFÜLLKÖRPER/SICHERUNGSELEMENTE UND GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	18
6.1 Verfüllkörper/Sicherungselemente	18
6.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	21
6.3 Grundwassermessstellenbau 2021 und 2022	24
6.4 Hydrogeologische Verhältnisse der Lintforter Schichten im nahen Umfeld der Verfüllung Mühlenberg	27
7 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN GEMÄß ARBEITSPLAN	33
7.1 Überprüfung/Nachweis eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben	33
7.2 Untersuchungen zur hydraulischen Wirkung der Zwischenabdichtung	34
7.3 Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten	38
7.3.1 Literaturrecherche zu Feinsandlagen und Mergelschicht	38
7.3.2 Feinstratigrafische Aufnahme der Tongrube Eichenallee und Bewertung	39
7.3.3 Weitergehende geologische Untersuchungen	41
7.3.4 Neue GW-Messstellen mit einer Verfilterung in den Feinsandlagen und der Mergelschicht	42
7.3.5 Hydraulische Tests	42
7.3.6 Untersuchung des Grundwassers auf Tritium zur Altersbestimmung sowie weitere hydrochemische Untersuchungen optional	42
7.3.7 GW-Modellierung optional	45
7.3.8 Zusätzliche Untersuchungen FLS16	66
7.3.9 Stofftransport und Rückhaltevermögen der Lintforter Schichten	67

7.4	Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Oberflächenabdichtung	70
7.5	Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Randabdichtung („Tonkeil“)	72
7.6	Deponiegasuntersuchungen	73
7.7	Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials der Verfüllung	75
7.7.1	Sickerwasseruntersuchungen	75
7.7.2	Untersuchungen auf Radionuklide und PFAS	87
7.7.3	Sickerwasserpumpversuche	89
7.7.4	Zwischenberichte Sickerwasserhydraulik/ Sickerwasseruntersuchung	90
7.7.5	Sickerwasserbilanz	129
7.8	Untersuchungen zur weiteren Klärung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung	134
7.9	Abschätzung der Gefährdung für Fließgewässer	134
7.10	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Untersuchungen gem. Arbeitsplan	134
8	GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG	137
8.1	Beurteilung des Schadstoffpotentials in der Verfüllung	139
8.2	Beurteilung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung	141
8.3	Beurteilung des Wasserhaushalts in der Verfüllung	143
8.4	Wirkungspfade	148
8.4.1	Wirkungspfad Verfüllung (Boden)/Grundwasser	148
8.4.2	Verfüllung/Oberflächenwasser	151
8.4.3	Verfüllung/Atmosphäre	151
8.4.4	Weitere Wirkungspfade	151
8.5	Zusammenfassung der Bewertung der Wirkungspfade	152
9	UNTERSUCHUNGSBEDARF ZUR KLÄRUNG OFFENER FRAGEN	156
10	MAßNAHMEN	157
10.1	Überwachungsmaßnahmen	158
10.1.1	Grundwasser	158
10.1.2	Oberflächenwasser/Vorflut	159
10.1.3	Atmosphäre	159
10.1.4	Weitere Überwachungsmaßnahmen mit Relevanz für die Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes	159
10.1.5	Sonstiges	160

ABBILDUNGEN:

Abb. Z1:	Übersicht der Fragestellungen und Arbeitspakete gemäß Erlass des MULNV vom 19.11.2020	C
Abb. Z2:	Lageplan mit Darstellung der Untersuchungspunkte	D
Abb. Z3:	Schematischer Schnitt (unmaßstäblich) mit Darstellung der wesentlichen Elemente der Verfüllung	E
Abb. 1:	Übersicht der Fragestellungen und Arbeitspakete gemäß Erlass des MULNV vom 19.11.2020	12
Abb. 2:	Lageplan mit Darstellung der Untersuchungspunkte auf und im direkten Umfeld der Verfüllung	15
Abb. 3:	Schematischer Schnitt (unmaßstäblich) mit Darstellung der wesentlichen Elemente der Verfüllung	18
Abb. 4:	Höhenlage [m NHN] der Sohle des Tonabbaus	19
Abb. 5:	Standard-Schichtenabfolge im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg, nicht maßstabsgerecht (vgl. Anl. 4)	23
Abb. 6:	Lage der Messstellen, Sickerwasserschächte und Sickerwassermessstellen im Bereich der Verfüllung Mühlenberg	25
Abb. 7:	Profilschnitt West-Ost durch die Verfüllung	28
Abb. 8:	Schematischer Süd-Nord-Profilschnitt	31
Abb. 9:	Schematischer West-Ost-Profilschnitt	31
Abb. 10:	Schichtenprofil der Abbauwand Südwest (Eichenallee)	40
Abb. 11:	Aufnahme der östlichen Grubenwand des Tonabbaus Eichenallee vom 18.05.2022, Blick nach Osten	41
Abb. 12:	Lage des Modellgebietes	46
Abb. 13:	3D-Blick in den Modellkörper von Süden	47
Abb. 14:	Ausgangssituation: Isohypsenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung	53
Abb. 15:	Süd-Nord-Schnitt durch das Boxmodell mit vertikaler Grundwasserbewegung bei der Ausgangssituation	54
Abb. 16:	Variante 2.2: Isohypsenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung	56
Abb. 17:	Süd-Nord-Schnitt durch das Boxmodell mit vertikaler Grundwasserbewegung der Variante 2.2	57
Abb. 18:	Ergebnisse der Modellierung mit Darstellung der Bilanzglieder	59
Abb. 19:	Tracer-Bewegung von der Sickerwasseroberfläche ausgehend – Ausgangssituation, 3D-Darstellung, Blick von Süden	62
Abb. 20:	Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend – Ausgangssituation, 3D-Darstellung, Blick von Süden	63
Abb. 21:	Tracer-Bewegung von der Sickerwasseroberfläche ausgehend – Variante 2.2, 3D-Darstellung, Blick von Süden	64

Abb. 22:	Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend – Variante 2.2, 3D-Darstellung, Blick von Süden	65
Abb. 23:	Ganglinien der Chlorid-Konzentrationen in den Schächten	78
Abb. 24:	Ganglinien der Sulfatkonzentrationen in den Schächten	78
Abb. 25:	Ganglinien der elektrischen Leitfähigkeit in den Schächten	78
Abb. 26:	Ganglinien der Salze in Schacht B	79
Abb. 27:	Ganglinien ausgewählter Parameter in Schacht D	79
Abb. 28:	Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den Schächten	81
Abb. 29:	Ganglinien auffälliger Schwermetalle in Schacht E	82
Abb. 30:	Ganglinien der elektrischen Leitfähigkeit in den SiWa-Messstellen	83
Abb. 31:	Ganglinien der Chlorid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	83
Abb. 32:	Ganglinien der Sulfat-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	83
Abb. 33:	Ganglinien des CSB in den SiWa-Messstellen	84
Abb. 34:	Ganglinien des DOC in den SiWa-Messstellen	84
Abb. 35:	Ganglinien der Ammonium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	85
Abb. 36:	Ganglinien der Natrium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	85
Abb. 37:	Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	85
Abb. 38:	Ganglinien der Cyanid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	86
Abb. 39:	Ganglinien der Molybdän-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	86
Abb. 40:	Lageplan mit Darstellung der Untersuchungspunkte im Bereich des Randgrabens während der Phase der Ermittlung der Ruhewasserspiegel	92
Abb. 41:	Ganglinien der Wasserstände in den Sickerwasserschächten	94
Abb. 42:	Entwicklung der Wasserstände aller Schächte	94
Abb. 43:	Entwicklung der Wasserstände aller Schächte ab Januar 2022	95
Abb. 44:	Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht A	96
Abb. 45:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht A	96
Abb. 46:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht A	97
Abb. 47:	Detailausschnitt Wasserstand Schacht A	97
Abb. 48:	Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht B	98
Abb. 49:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht B	98
Abb. 50:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht B	99
Abb. 51:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht B	99
Abb. 52:	Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht C	100
Abb. 53:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht C	100
Abb. 54:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht C	101
Abb. 55:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht C	101

Abb. 56:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht C	102
Abb. 57:	Detailausschnitt Wasserstand Schacht C	102
Abb. 58:	Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht D	103
Abb. 59:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht D	103
Abb. 60:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht D	104
Abb. 61:	Detailauswertung Wasserstand im Schacht D	104
Abb. 62:	Detailausschnitt Wasserstand im Schacht D	105
Abb. 63:	Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht E	105
Abb. 64:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht E	106
Abb. 65:	Entwicklung des Wasserstands im Schacht E	106
Abb. 66:	Detailausschnitt Wasserstand im Schacht E	107
Abb. 67:	Vergleich der Wasserstände der Schächte B und C	109
Abb. 68:	Vergleich der Wasserstände der Schächte B und C mit Entnahmemengen aus den Schächten	109
Abb. 69:	Gegenüberstellung von Niederschlag (Station Dinslaken) und Schachtwasserständen	110
Abb. 70:	Darstellung des Niederschlagseinflusses (Station Dinslaken) auf die Wasserstände der Schächte A und B	110
Abb. 71:	Gegenüberstellung der Förderung Schacht C und des Wasserstandsverlaufs in Schacht B	111
Abb. 72:	Vergleich des Wasserstandsverlaufs in Schacht B mit den aufgezeichneten Temperaturen	111
Abb. 73:	Gegenüberstellung des Wasserstandsverlaufs Schacht B, des Niederschlags und des Luftdrucks (stündliche Messungen) in nahe gelegenen Stationen des DWD	112
Abb. 74:	Gegenüberstellung der Wasserstandsganglinien Schächte B und E und der FLS-Messstellen	113
Abb. 75:	Gegenüberstellung der Wasserstandsganglinien Schächte B und E und der FLS-Messstellen	114
Abb. 76:	Gegenüberstellung der Wasserstandsganglinien Schächte A, C und E und der FLS-Messstellen	114
Abb. 77:	Grundwasserstandsganglinien der in den Basalen Lintforter Schichten verfilterten Grundwassermessstellen	115
Abb. 78:	Ganglinien der Sickerwassermessstellen	116
Abb. 79:	Zeitliche Entwicklung der Differenz zwischen den Wasserständen B2/B4	117
Abb. 80:	Tagesniederschläge und Sickerwasserstände in B2 bis B4	118
Abb. 81:	Sickerwasserganglinien von B2 und B4 und Tagesniederschläge	119
Abb. 82:	Wasserstände der FLS-Messstellen und Tagesniederschläge	120
Abb. 83:	Wasserstände der FLS-Messstellen und der SiWa-Messstellen B2-B4	121

Abb. 84:	Wasserstände der FLS-Messstellen und der SiWa-Messstellen B2-B4	121
Abb. 85:	Ganglinien der Sickerwassermessstellen B5 bis B7	123
Abb. 86:	Ganglinien der Sickerwassermessstelle B5	123
Abb. 87:	Ganglinien der Sickerwassermessstelle B6	124
Abb. 88:	Ganglinien der Sickerwassermessstelle B7	125
Abb. 89:	Gegenüberstellung Wasserstände B5-B7 und Niederschlag	125
Abb. 90:	Anteile der einzelnen Schächte an der Gesamtsickerwasserentnahme	131

TABELLEN:

Tab. Z1:	Ergebnisse der Arbeitspakete (AP) des Arbeitsplanes	F
Tab. Z2:	Ergebnis der Gefährdungsabschätzung und Bezug zu den sich ergebenden baulichen Maßnahmen	H
Tab. Z3:	Zusammenstellung von zur langfristigen Aufrechterhaltung eines gefahrlosen Zustandes notwendigen baulichen Maßnahmen	I
Tab. Z4:	Synopse Gefährdungsabschätzung Mühlenberg	K
Tab. 1:	Projektbeteiligte, Institutionen und Funktionen im Projekt	6
Tab. 2:	Verwendete Unterlagen	8
Tab. 3:	Arbeitsplan in der abgestimmten Fassung vom 02.02.2022	13
Tab. 4:	Arbeitsplan-Ergänzungen, zusätzliche Untersuchungen	14
Tab. 5:	Termine Koordinierungsgruppe und Gutachterworkshops	17
Tab. 6:	Charakterisierung der hydrogeologischen Einheiten	27
Tab. 7:	Zusammenstellung der Schichtteufen in Bohrungen und Aufschlüssen sowie von Angaben zur Verfilterung der Messstellen	29
Tab. 8:	Ergebnisse der Schurfuntersuchungen	36
Tab. 9:	Übersicht über die durchgeführten Berechnungsläufe	50
Tab. 10:	Bilanzen der Grundwasserbewegung	58
Tab. 11:	Parameterumfang	76
Tab. 12:	Eluat-Grenzwerte gemäß Änderungsbescheid (Kreis Wesel) vom 13.12.1999	77
Tab. 13:	Kriterien und Priorisierungen zur Ermittlung der Ruhewasserspiegel	91
Tab. 14:	Aussetzzeiten der Förderung in den Schächten aufgrund der o. a. Kriterien	93
Tab. 15:	Ergebnisse der Untersuchungen zur Ermittlung der Ruhewasserspiegel	108
Tab. 16:	Jahresbezogene Geradensteigungen für B2 und B4	117
Tab. 17:	Verfügbare Informationen zu den Sickerwassermessstellen B5 bis B7	122

Tab. 18:	Sickerwasserstand und Sohlhöhe im Randgraben zum Zeitpunkt der jeweiligen Schurfauftnahmen	126
Tab. 19:	Wasserbilanz in Abhängigkeit vom Fertigstellungsgrad der Oberflächenabdichtung	129
Tab. 20:	Ergebnisse der Arbeitspakete (AP) des Arbeitsplanes	135
Tab. 21:	Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit einer (bodenschutzrechtlichen) Gefährdungsabschätzung	137
Tab. 22:	Abstrakte Fallgestaltungen bei der Gefährdungsabschätzung für einzelne Wirkungspfade und sich hieraus ergebende Maßnahmen	138
Tab. 23:	Ergebnis der Gefährdungsabschätzung und Bezug zu den sich ergebenden baulichen Maßnahmen	152
Tab. 24:	Zusammenstellung von zur langfristigen Aufrechterhaltung eines gefahrlosen Zustandes notwendigen baulichen Maßnahmen nach derzeitigem Kenntnisstand	154
Tab. 25:	Angepasster Parameterumfang	160

ANLAGEN:

Anl. 1:	Lageplan (M 1:3.000)
Anl. 2:	Bericht zum Sickerwasser-Pumpversuch (ahu GmbH) (289 Seiten)
Anl. 3:	Bericht IFUA-Projekt-GmbH zur Untersuchung von Bodenluftproben (185 Seiten)
Anl. 4:	Bericht CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH zu den Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten (577 Seiten)

DOKUMENTATION:

- Dok. 1: Begehungen Randgraben (71 Seiten)
- Dok. 2: Bericht zu geophysikalischen Messungen im Bereich der Verfüllung Mühlenberg (31 Seiten)
- Dok. 3: Protokolle der Schurfbegehungen und Feldaufnahmen (85 Seiten)
- Dok. 4.1: Schreiben Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH zu Möglichkeiten geochemischer Modellierung (2 Seiten)
- Dok. 4.2: Stellungnahme Nuclear control consulting GmbH zur Prüfung von Sickerwasseranalysen (12 Seiten)
- Dok. 5.1: Handmessungen im Randgraben während der Ermittlung der Ruhewasserspiegel (1 Seite)
- Dok. 5.2: Gangliniendarstellung zur gegenseitigen Beeinflussung der Schachtbauwerke (2 Seiten)

ZUSAMMENFASSUNG

Veranlassung und Aufgabenstellung

In die Verfüllung Mühlenberg erfolgte zwischen 2010 und 2013 die illegale Einlagerung von Ölpellets. Die in den Jahren 2014 und 2015 erstellten Gutachten kamen zu dem Schluss, dass die Ölpellets in der Verfüllung verbleiben können und dass bei einer sachgerechten Fassung des Sickerwassers und dem ordnungsgemäßen Abschluss der Oberflächenabdichtung keine Gefährdungen für die betrachteten Schutzgüter zu erwarten sind.

Bezüglich der Umwelt- und Gesundheitsgefahren der illegal eingelagerten Ölpellets und möglicherweise weiterer illegal eingelagerter Stoffe bestanden und bestehen Bedenken in der Politik und der Bevölkerung. Daher entschloss sich das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen NRW (MULNV NRW; seit 2022 MUNV NRW: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen), die bis dahin vorliegenden Gutachten und die empfohlenen und auf Grundlage des öffentlich-rechtlichen Vertrags zwischen dem Kreis Wesel und der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG als Betreiberin vereinbarten Maßnahmen überprüfen zu lassen. Das MULNV NRW gab daher im November 2019 ein Gutachten an den Sachverständigen Dr. Kerth in Auftrag, mit dem alle bis dahin vorliegenden Daten, Ergebnisse und Entscheidungen zur Verfüllung Mühlenberg gutachterlich beurteilt werden sollten.

Die Begutachtung des Sachverständigen Dr. Kerth kam zu folgenden Aussagen:

- Da die bestehenden technischen Einrichtungen zur Sickerwasserfassung nicht geeignet sind, das in der Tongrube anfallende Sickerwasser dauerhaft und vollständig fassen und ableiten zu können, sind aller Voraussicht nach bautechnische Maßnahmen erforderlich.
- Sowohl bezüglich der geochemischen Prozesse als auch bezüglich des Schadstoffpotentials in der Verfüllung besteht weiterer Aufklärungsbedarf.
- Es sind zudem weitergehende Untersuchungen zur Klärung des Wasserhaushalts an der Verfüllung erforderlich, mit denen im Hinblick auf eine Gefährdungsabschätzung relevante Kenntnisdefizite geschlossen werden sollten.

Insbesondere die Ergebnisse der Untersuchungen zur Klärung des Wasserhaushalts haben Einfluss auf die Art und die Dringlichkeit, Notwendigkeit und Auslegung der bautechnischen Maßnahmen zur Sickerwasserfassung sowie die erforderliche messtechnische Überwachung.

Mit Vorlage des Gutachtens des Sachverständigen Dr. Kerth bestand Klarheit, dass eine dauerhafte Gefahrenabwehr durch bautechnische Sicherheitsmaßnahmen gewährleistet werden kann und daher eine Auskofferung des Verfüllmaterials einschließlich der Ölpellets zur Gefahrenabwehr nicht erforderlich ist.

Zur Klärung der o. g. offenen Fragen wurden weitergehende Untersuchungen empfohlen. Das MULNV NRW hat den Kreis Wesel über die Bezirksregierung Düsseldorf daraufhin per Erlass vom 19.11.2020 aufgefordert, die Durchführung der gutachterlich benannten Untersuchungen sicherzustellen und deren Umsetzung zu begleiten.

Zur Umsetzung der Untersuchungen zur abschließenden Gefährdungsabschätzung gemäß Erlass vom 19.11.2020 hat die Kreisverwaltung des Kreises Wesel einen öffentlich-rechtlichen Vertrag mit der Betreiberin der Tongrube abgeschlossen. Im Vertrag ist die Umsetzung der erforderlichen Untersuchungen und Begutachtungen durch geeignete und konkret benannte Gutachter im Auftrag der Tongruben-Betreiberin unter der Regie der Koordinierungsgruppe (s. u.) und deren Finanzierung durch die Betreiberin geregelt. Vertraglich sichergestellt ist hierin auch die Beauftragung einer Machbarkeitsstudie im Anschluss an die Gefährdungsabschätzung zur Aufstellung erforderlicher bautechnischer Sicherungsmaßnahmen.

Zur Beratung des Kreises Wesel bei der Planung sowie zur Prüfung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse wurde seitens des Kreises der Sachverständige Dr. Kerth (und in seinem Unterauftrag Herr Prah, ICP Braunschweig GmbH) beauftragt, der die Begutachtung der Tongrube seitens des MULNV NRW durchgeführt hatte. Darüber wurde dem Umweltausschuss des Landtags am 04.01.2021 berichtet.

Der Kreis Wesel hat in Abstimmung mit dem MULNV bzw. MUNV NRW Halbjahresberichte über die Zwischenergebnisse der Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung erarbeitet und zusammen mit dem aktualisierten Arbeitsplan regelmäßig veröffentlicht.

Gegenstand der hier vorliegenden Gefährdungsabschätzung ist die Darstellung und Bewertung der aktuellen Untersuchungen zu den aufgeworfenen und betrachteten Fragestellungen/Kennntnisdefiziten und die daraus resultierende abschließende Gefährdungsabschätzung für die Verfüllung Mühlenberg.

Die Untersuchungen zur abschließenden Gefährdungsabschätzung wurden durch eine Koordinierungsgruppe unter Leitung des MULNV bzw. MUNV NRW gelenkt. In der Koordinierungsgruppe waren neben dem MUNV NRW die Bezirksregierung Düsseldorf, der Kreis Wesel sowie die von der Betreiberfirma beauftragten Fachgutachter ahu GmbH, CONSULAQUA Hildesheim; Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH, IFUA-Projekt-GmbH und die seitens des Kreises Wesel beauftragten Sachverständigen Herr Dr. Kerth und Herr Prah im Unterauftrag vertreten.

In Abb. Z1 sind die zu bearbeitenden Sachverhalte und Fragestellungen bezogen auf die einzelnen Bereiche mit den erforderlichen Untersuchungsschritten, die in dem öffentlich-rechtlichen Vertrag inhaltlich und zeitlich festgeschrieben sind, aufgelistet. Weitere Arbeitsschritte wurden im Lauf der Bearbeitung ergänzt, wenn deren Notwendigkeit in der Koordinierungsgruppe festgestellt wurde.

Der Lageplan (vgl. Abb. Z2) zeigt die im Zusammenhang mit den Untersuchungen errichteten Grundwassermessstellen, Bodenluftmessstellen und die Lage der Schürfe.

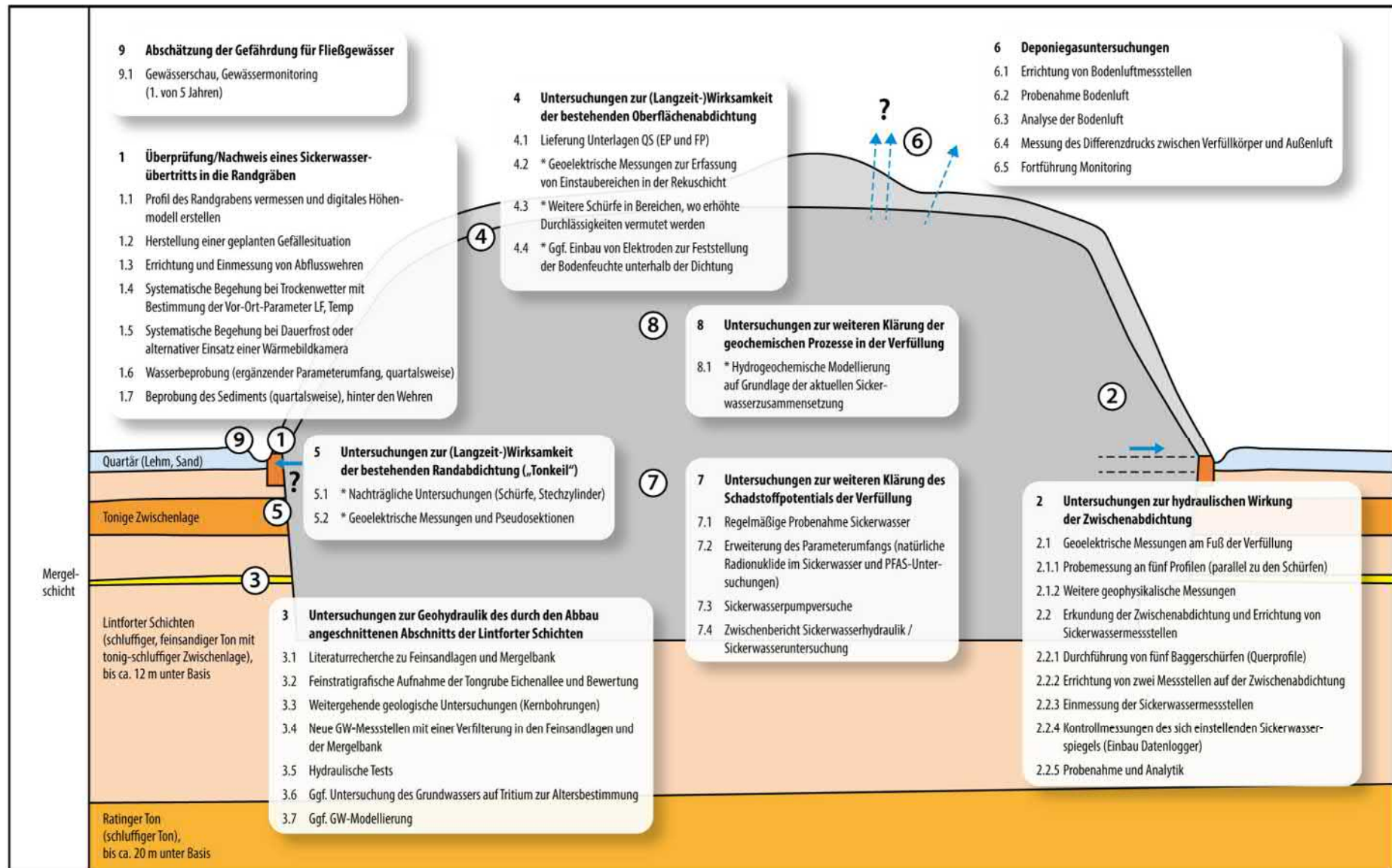


Abb. Z1: Übersicht der Fragestellungen und Arbeitspakete gemäß Erlass des MULNV vom 19.11.2020

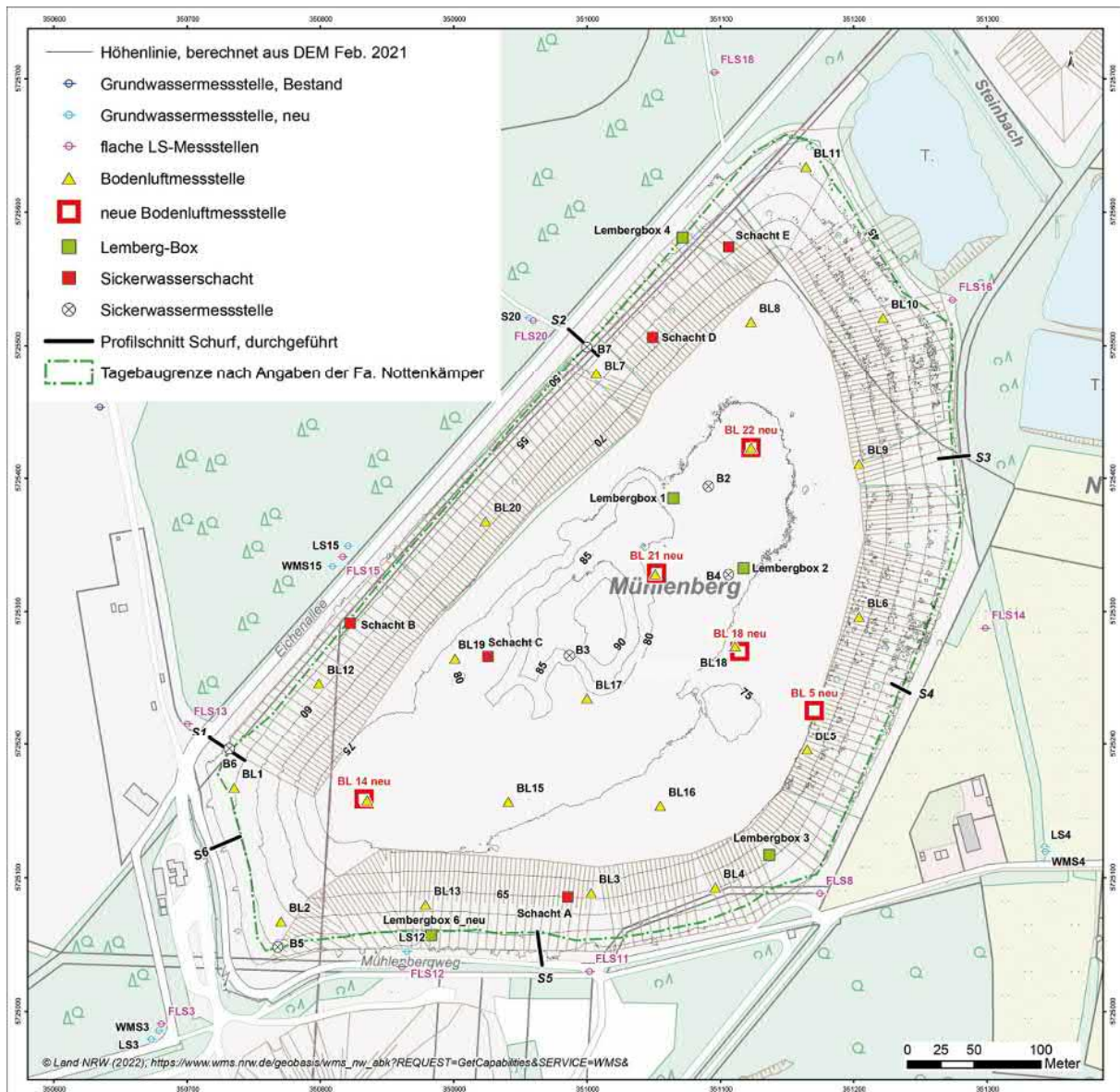


Abb. Z2: Lageplan mit Darstellung der Untersuchungspunkte
(Bei der dargestellten Tagebaugrenze handelt sich um eine im Verlauf der Abgrabung/
Verfüllung erkundete und aus alten Unterlagen ermittelte/angenommene Grenze.)

Kenntnisstand Verfüllkörper/Sicherungselemente

Die wesentlichen (Sicherungs-)Elemente der Verfüllung Mühlenberg und der schematische Untergrundaufbau sind in Abb. Z3 zusammenfassend enthalten. Die Sohle der Abgrabung weist dabei eine ausgeprägte Morphologie auf.

Die Verfüllung der Austonung ist hinsichtlich des Materials, der Dichte und der hydraulischen Eigenschaften sehr heterogen zusammengesetzt. Teilweise sind lokal unterschiedliche Druckniveaus des Sickerwassers vorhanden, bezogen auf den Maßstab des gesamten Verfüllkörpers kann jedoch von einem hydraulisch verbundenen Sickerwasservorkommen in der Verfüllung ausgegangen werden.

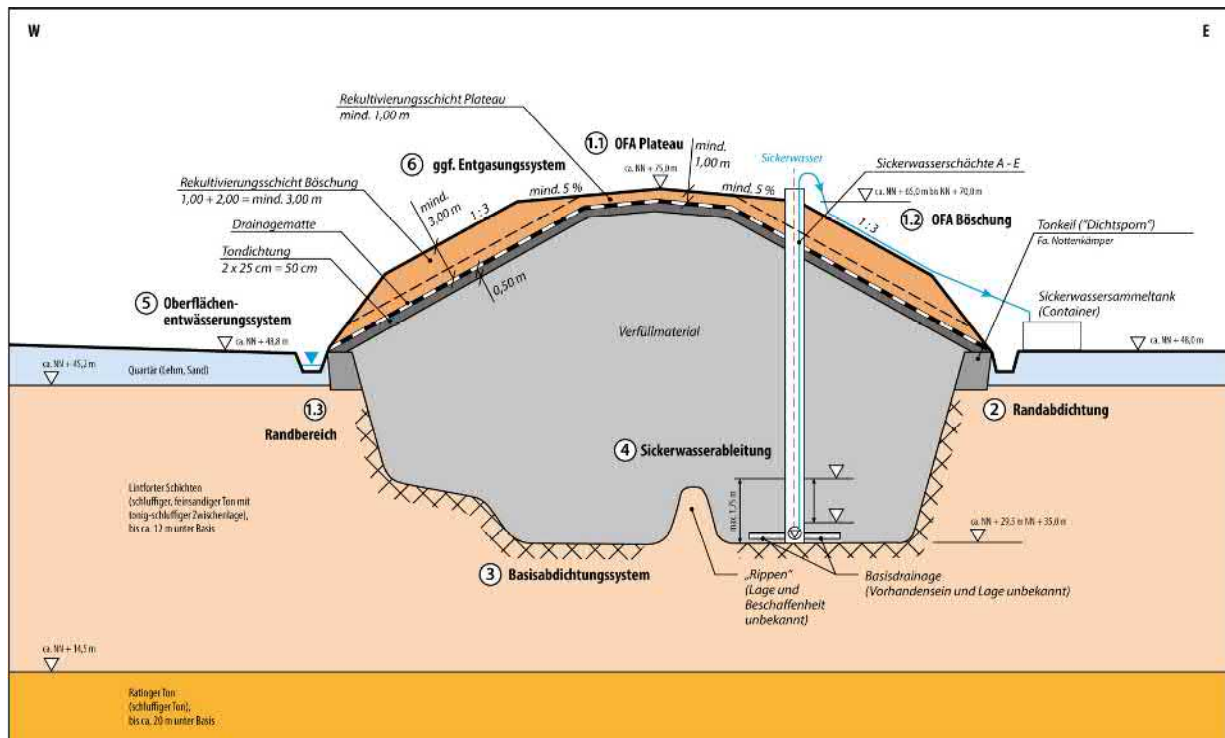


Abb. Z3: Schematischer Schnitt (unmaßstäblich) mit Darstellung der wesentlichen Elemente der Verfüllung

Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Die Verfüllung Mühlenberg ist eingebettet in die anstehenden tertiären Sedimente (Oligozän). Unterhalb gering durchlässiger quartärer Sedimente stehen hier schluffige und feinsandige Tone geringerer Durchlässigkeit mit Zwischenlagen von schluffigen Feinsanden und einem mächtigeren Tonpaket an. An der Basis der Linterforer Schichten stehen die Basalen Schichten (Wechselagerung aus feinsandigem und tonigem Schluff sowie schluffigen bis stark schluffigen Feinsanden) an, die von dem hier lokal bis 9,5 m mächtigen Ratinger Ton unterlagert werden. Unterhalb des Ratinger Tons folgen die (wasserwirtschaftlich relevanteren) Walsumer Meeressande.

Im Hinblick auf mögliche Grundwasserbewegungen sind drei Abschnitte in den Linterforer Schichten (Schicht 1, Schicht 2, Basale Schichten) potentiell hydrogeologisch relevant. Diese Schichten haben dauerhaft deutlich voneinander abweichende Grundwasser-Druckniveaus. Diese resultieren daraus, dass sie durch sehr gering durchlässige Schichten voneinander getrennt sind, die einen Druckausgleich unterbinden.

Aufgrund der Konsistenz und der abdichtenden Wirkung des Ratinger Tons ist es äußerst unwahrscheinlich, dass im Bereich der Verfüllung Mühlenberg Grundwasser aus den Basalen Schichten den Ratinger Ton durchsickert und in die Walsumer Meeressande eindringt.

Die aus den Druckhöhen resultierenden Grundwasserfließrichtungen sind nicht einheitlich. Schicht 1 ist im Bereich des Mühlenbergs durch den Tonabbau vollständig ausgeräumt. Das Potentialgefälle (= Fließrichtung) ist nach Nordosten

gerichtet. In der Schicht 2 ergibt sich eine entgegengesetzte Richtung des Potentialgefälles (= Fließrichtung) von Nordosten nach Südwesten. Eine zusammenhängende, wenn auch sehr geringfügige Grundwasserbewegung in Richtung des Potentialgefälles innerhalb der Schicht 2 ist möglich. Auch in den Basalen Schichten ist, mit Ausnahme des Bereichs im Südosten, ein Potentialgefälle von Nordosten nach Südwesten vorhanden.

Die wesentlichen Ergebnisse der Bearbeitung des Arbeitsplanes werden im Folgenden tabellarisch zusammengefasst.

Tab. Z1: Ergebnisse der Arbeitspakete (AP) des Arbeitsplanes

AP	Vorgang/Ziel	Ergebnisse	Bezug zu Kap.
1	Überprüfung/Nachweis eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben	Es ergeben sich keine Hinweise auf Sickerwasseraustritte aus der Verfüllung in den Randgräben; diese sind in Zukunft auch nicht zu erwarten, wenn der Sickerwasserspiegel weiterhin mindestens auf dem heutigen Niveau abgesenkt bleibt.	7.1
2	Untersuchungen zur hydraulischen Wirkung der Zwischenabdichtung	Es ergeben sich keine Hinweise auf eine flächenhaft relevante und hydraulisch bedeutsame Zwischenabdichtung im Rahmen des Anlegens der Schürfe. Relikte geringdurchlässiger Schichten, die bei der weiteren Verfüllung nicht vollständig ausgebaut worden sind, können zur Bildung lokal begrenzter Sickerwasservorkommen führen.	7.2
3	Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten	<p>Potentiell grundwasserführende Schichten innerhalb der Lintforter Schichten sind abgegrenzt und mit 10 Grundwassermessstellen erfasst; die Potentialverhältnisse sind ausreichend erkundet; die hydrochemischen Untersuchungen zeigen keinen nachweisbaren Sickerwassereinfluss auf das Grundwasser.</p> <p>Boxmodellierung: Die Modellierung des heutigen Zustandes ergibt rechnerisch sehr geringe Sickerwasserausträge in den Untergrund. Wie die durchgeführten Variantenberechnungen zeigen, kann mit einer optimierten Sickerwasserfassung ein Sickerwasseraustrag praktisch vollständig unterbunden werden.</p> <p>Hydrochemische Modellierung: Die Modellierung zeigt, dass über einen Betrachtungszeitraum von 200 Jahren die mit dem Sickerwasser in den tonig-schluffigen Untergrund eingetragenen Schadstoffe durch chemisch-physikalische Vorgänge vollständig zurückgehalten werden.</p>	7.3
4	Untersuchungen zur (Langzeit-) Wirksamkeit der bestehenden Oberflächenabdichtung	<p>Die Oberflächenabdichtung ist grundsätzlich als wirksam im Hinblick auf eine Minimierung der Sickerwasserneubildung aus Niederschlägen einzustufen.</p> <p>Es liegt derzeit noch keine vollständige Dokumentation zur Herstellung vor, es fehlen Nachweise im Hinblick auf die Einhaltung des Standes der Technik.</p> <p>Infolge von zu vermutenden „Imperfektionen“ bei der Herstellung und nicht auszuschließenden „Alterungsvorgängen“ (z. B. Durchwurzelung, Rissbildung infolge differentieller Setzung) ist heute und in der Zukunft eine begrenzte Restdurchsickerung anzunehmen.</p> <p>Soweit das aus dieser Restdurchsickerung resultierende Sickerwasser auch zukünftig gefasst, abgeleitet und gereinigt wird, besteht kein Handlungsbedarf in Bezug auf die vorhandene Oberflächenabdichtung.</p>	7.4

AP	Vorgang/Ziel	Ergebnisse	Bezug zu Kap.
5	Untersuchungen zur (Langzeit-) Wirksamkeit der bestehenden Randabdichtung („Tonkeil“)	Die Langzeitwirksamkeit der bestehenden Randabdichtung wurde mittels Schürfen erkundet. Der Tonkeil wurde voraussichtlich ordnungsgemäß hergestellt. Die Stellungnahme der Fremdprüfung steht allerdings noch aus. In zwei Teilbereichen müssen bauliche Mängel behoben werden.	7.5
6	Deponiegasuntersuchungen	Ein relevantes Gasbildungspotential im Verfüllkörper kann nach den durchgeführten Untersuchungen ausgeschlossen werden. Technische Maßnahmen sind nicht erforderlich. Ein Monitoring in angemessenen Zeitabständen wird als sinnvoll angesehen.	7.6
7	Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials der Verfüllung	Die Untersuchungen zeigen, dass sich noch kein chemisches Gleichgewicht eingestellt hat und wahrscheinlich aufgrund der unterschiedlichen und räumlich nicht bestimmbar, in der Verfüllung abgelagerten Abfallarten, der weiter ablaufenden chemischen Reaktionen sowie der geringen Sickerwassergeschwindigkeiten in überschaubarer Zeit auch kein Gleichgewicht einstellen wird. Die Befunde der durchgeführten radiologischen Untersuchungen sind unauffällig. Die Untersuchungen auf PFAS ergaben lediglich geringe Stoffkonzentrationen, es besteht kein weiterer Untersuchungs- oder Handlungsbedarf.	7.7
8	Untersuchungen zur weiteren Klärung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung	Nach der Einschätzung verschiedener Experten ist eine geochemische Modellierung im vorliegenden Fall nicht oder nur mit extrem hohem Aufwand möglich. Ergebnis der Einschätzung in der Koordinierungsgruppe ist daher, dass eine solche geochemische Modellierung nicht verhältnismäßig und damit nicht erforderlich ist.	7.8
9	Abschätzung der Gefährdung für Fließgewässer	Die Gefährdung für Fließgewässer wird separat bewertet. Die Abstimmungen hierzu mit den zuständigen Behörden laufen derzeit. Im Rahmen der Untersuchungen des Arbeitsplanes zum Austritt von Sickerwasser in den Randgraben ergaben sich keine Hinweise auf Austritte. Eine Beeinflussung von austretendem Sickerwasser auf die Oberflächengewässer ist somit unter den aktuellen Verhältnissen auszuschließen.	7.9

Wirkungspfadbetrachtungen/Ergebnis der Gefährdungsabschätzung

In der nachfolgenden Tab. Z2 werden für die einzelnen, hier relevanten Wirkungspfade die Ergebnisse der durchgeführten Gefährdungsabschätzung zusammengefasst. Mit Ausnahme des Pfades „Atmosphäre“ erfolgen die Bewertungen unter der Maßgabe einer dauerhaften und ausreichenden Absenkung des Sickerwasserspiegels in der Verfüllung.

Tab. Z2: Ergebnis der Gefährdungsabschätzung und Bezug zu den sich ergebenden baulichen Maßnahmen

Pfad	Wirkungspfad	Ergebnis der Gefährdungsabschätzung	Bezug zur laufenden Nr. der Tabelle Z3
GW	lateraler Sickerwasser-austritt in das Grundwasser der Lintforter Schichten (Schicht 1)	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
	lateral/vertikaler Sickerwasseraustritt in das Grundwasser der Lintforter Schichten (Schicht 2)	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
	lateraler Austritt von Sickerwasser in die randlichen quartären Deckschichten	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
	Zusickerung von Sickerwasser bzw. von durch Sickerwasser belastetem Grundwasser in die Basalen Lintforter Schichten und die Walsumer Meeressande	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
OW	Austritt in den Randgraben	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	3
Atmosphäre	Austritt von flüchtigen Schadstoffen	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung durch leichtflüchtige Schadstoffe auszuschließen ist.	entfällt
	Austritt von deponie-typischen Gasen	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	entfällt
weitere Wirkungspfade	nicht erkennbar	entfällt	entfällt

Aus der Zusammenstellung ergibt sich, dass bei langfristig sichergestellter, ausreichender Absenkung des Sickerwasserspiegels von der Verfüllung Mühlenberg aktuell und in überschaubarer Zukunft **keine Gefährdungen der betrachteten Schutzgüter** ausgehen.

Neben den notwendigen bautechnischen Sanierungs-Maßnahmen (vgl. Tab. Z3) ist auch eine dauerhafte Sickerwasserentnahme und -behandlung/aufbereitung erforderlich, um einen gefahrlosen Zustand in überschaubarer Zukunft sicher zu erhalten. Die Maßnahmen müssen sicherstellen, dass die Sickerwasserstände in den Bauwerken und damit in der Verfüllung langfristig und nachweisbar bis auf das Niveau der Varianten 2.1/2.2 – und damit auf ein dauerhaft unkritisches Niveau – sinken.

Tab. Z3: Zusammenstellung von zur langfristigen Aufrechterhaltung eines gefahrlosen Zustandes notwendigen baulichen Maßnahmen

laufende Nummer	bautechnische Sanierungs-Maßnahme	Maßnahmen-Ziele zur Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes
1	Herstellung eines langzeitwirksamen Sickerwasserentnahmesystems, mit dem eine ausreichende Absenkung des Sickerwasserspiegels gewährleistet werden kann	Minimierung/Unterbindung eines Sickerwasserübertritts in das Grundwasser
2	Beseitigung der festgestellten baulichen Mängel (fehlende Anbindung der Oberflächenabdichtung an die Randabdichtung (Tonkeil) in zwei Teilbereichen	Unterbindung eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben/Oberflächengewässer (aktuell nicht nachgewiesen) Minimierung der Sickerwassermenge
3	Ertüchtigung und Instandhaltung Randgräben und Ableitungen	

Die Wirksamkeit der Maßnahmen muss langfristig beobachtet werden und überprüfbar sein. Hierfür müssen entsprechende Kriterien bezogen auf die Sickerwasserspiegel/Niveaus definiert werden (Ermittlung von Ruhewasserspiegeln in den Schächten, Trendumkehr in den Sickerwassermessstellen, Betriebswasserspiegel unterhalb des der Modellierung zugrunde gelegten Niveaus innerhalb eines überschaubaren Zeitraumes).

Konkrete technische Maßnahmen werden im Rahmen einer gesonderten, noch zu erstellenden Machbarkeitsstudie formuliert. Mit Vorliegen der Machbarkeitsstudie wird auch die konkrete Ausgestaltung der bautechnischen Sicherungsmaßnahmen festgelegt werden.

Die Maßnahmen (vgl. Kap. 10) lassen sich wie folgt gliedern:

- a) bautechnische Sanierungs-Maßnahmen, insbesondere zur Herstellung eines langzeitwirksamen Sickerwasserentnahmesystems und zur Beseitigung der festgestellten Mängel in den Bereichen der Schürfe 3 und 4, Ausgleich Gefälle und Ausbau, Durchlässe,
- b) betriebliche Maßnahmen (dauerhafte Sickerwasserfassung, -ableitung und -behandlung, Instandhaltung der Messeinrichtungen, Erfüllung der Dokumentationspflichten) und
- c) Überwachungsmaßnahmen.

Alle Maßnahmen sind erforderlich, um einen gefahrlosen Zustand in der überschaubaren Zukunft sicher zu erhalten, Wirkungen zu dokumentieren und nachteilige Veränderungen rechtzeitig festzustellen und wirksame Gegenmaßnahmen einleiten zu können

Diese betreffen:

- Anpassung bzw. Fortführung des Grundwassermonitorings im Bereich Gartroper Mühlenbach mit der Integration der neuen und ggf. weiter zu errichtender Grundwassermessstellen mit einem noch festzulegenden Parameterprogramm;
- Errichtung einer Sickerwassermessstelle im Norden der Verfüllung zur Absicherung der Befunde;
- Errichtung von Setzungspegeln zur Kontrolle des Zustandes der Oberflächenabdichtung (Setzungen/Sackungen);
- Durchführung und Auswertung der Gewässerschau im Oberflächengewässer;
- Durchführung von Messungen im Umfeld ausgesuchter Bodenluftmessstellen;
- Fortführung der Überwachung des Sickerwassers (Hydraulik und Chemismus mit angepasstem Parameterprogramm).

Die regelmäßige und transparente Berichterstattung an die zuständige Ordnungsbehörde muss weiter fortgesetzt werden.

In der folgenden Tabelle Z4 werden die mit der vorliegenden Gefährdungsabschätzung zu beantwortenden Fragestellungen und die Antworten mit Verweis auf die entsprechenden Kapitel des Gutachtens in Form einer synoptischen Darstellung zusammengefasst.

Tab. Z4: Synopse Gefährdungsabschätzung Mühlenberg

Fragestellung	Antwort	weitere Informationen in
<p>Tritt Sickerwasser aus der Verfüllung Mühlenberg in den umlaufenden Randgraben? Sind dadurch aktuell oder zukünftig Beeinträchtigungen der Oberflächengewässer zu befürchten?</p>	<p>Im derzeitigen Zustand tritt kein Sickerwasser aus dem Verfüllkörper aus. Die Untersuchungen (Begehungen, Befliegungen, Schürfe) haben dieses zweifelsfrei ergeben. Ob in der Vergangenheit ein Austritt stattgefunden hat, ist nicht mehr zu klären. Bei einem Weiterbetrieb der Sickerwasserentnahme ist gewährleistet, dass auch in Zukunft keine Austritte von Sickerwasser in den umlaufenden Graben stattfinden werden. Beeinträchtigungen der Oberflächengewässer sind damit nicht gegeben.</p>	<p>Kap. 7.1</p>
<p>Bestehen alte Strukturen in der Verfüllung wie z. B. ehemalige Zwischenabdichtungen, die den Sickerwassertransport im Verfüllkörper beeinflussen? Besteht die Möglichkeit, dass dadurch bedingt das Sickerwasser nicht vollständig zu den Entnahmeschächten gelangt und somit nicht vollständig gefasst werden kann?</p>	<p>Die durchgeführten Untersuchungen (Schürfe) haben keine Hinweise auf flächenhaft relevante und hydraulisch wirksame Strukturen ergeben. Daher kann davon ausgegangen werden, dass das Sickerwasser vollständig erfasst und einer Behandlungsanlage zugeführt werden kann.</p>	<p>Kap. 7.2</p>
<p>Kann belastetes Sickerwasser aus den Verfüllkörper heraus in das Grundwasser gelangen? Besteht die Gefahr, dass dadurch das Grundwasser beeinträchtigt wird? Welche grundwasserführenden Schichten sind hier konkret zu betrachten?</p>	<p>Es ist kein Sickerwassereinfluss auf das Grundwasser nachzuweisen. Die Ergebnisse einer Modellierung des heutigen Zustands lassen auf sehr geringe Sickerwasserausträge in den Untergrund schließen. Mit einer optimierten Sickerwasserfassung kann ein Sickerwasseraustrag praktisch vollständig unterbunden werden. Des Weiteren konnte rechnerisch belegt werden, dass, selbst bei einem Betrachtungszeitraum von 200 Jahren, die mit dem Sickerwasser in den tonig-schluffigen Untergrund eingetragenen Substanzen durch chemisch-physikalische Vorgänge auf sehr kurzer Fließstrecke vollständig zurückgehalten werden.</p>	<p>Kap. 7.3</p>
<p>Kann Grundwasser in den Verfüllkörper hineingelangen und das Sickerwasserentnahmesystem negativ beeinflussen?</p>	<p>Grundwasser kann in geringem Umfang in den Verfüllkörper eintreten, was die Sickerwasserfassung aber nicht beeinträchtigt. Die zusätzlich anfallenden Mengen werden bereits aktuell durch die Sickerwasserschächte und auch künftig durch die optimierte Sickerwasserfassung vollständig erfasst.</p>	<p>Kap. 7.3</p>
<p>Erfüllen die Oberflächenabdichtung und die Randabdichtung ihren Zweck und sind sie ausreichend lange wirksam?</p>	<p>Die Oberflächenabdichtung ist nach den durchgeführten Untersuchungen und Prüfungen (Schürfe, Vermessungen, Auswertung der Dokumentationen) grundsätzlich wirksam im Hinblick auf eine Minimierung der Sickerwasserneubildung aus Niederschlägen. Die verbleibenden geringen Niederschlagsmengen, die in den Verfüllkörper gelangen, werden über die Sickerwasserfassung abgeleitet und gereinigt. Insofern besteht kein Handlungsbedarf in Bezug auf die vorhandene Oberflächenabdichtung. Die Lage und Ausführung der aus Ton hergestellten vertikalen Randabdichtung der Verfüllung wurde durch Schürfe erkundet und ist als wirksam einzustufen. An zwei Stellen besteht Bedarf zur Beseitigung technischer Mängel, die aber aktuell die Wirksamkeit nicht beeinträchtigen. Diese Arbeiten werden zeitnah ausgeführt.</p>	<p>Kap. 7.4 und Kap. 7.5</p>
<p>Können aus dem Verfüllkörper flüchtige Schadstoffe in die Umgebungsluft gelangen?</p>	<p>Durch Untersuchungen der Bodenluft und bodennah gewonnener Luftproben kann eindeutig belegt werden, dass keine leichtflüchtigen Schadstoffe aus dem Verfüllkörper austreten.</p>	<p>Kap. 7.6</p>

Fragestellung	Antwort	weitere Informationen in
Können aus dem Verfüllkörper deponietypische Gase in die Umgebungsluft gelangen?	Im Hinblick auf das Vorkommen deponietypischer Gase ist nicht auf ein relevantes Gasbildungspotential im Verfüllkörper zu schließen. Somit sind keine technischen Maßnahmen erforderlich. Um diesen Status auch für die weitere Zukunft dokumentieren zu können, werden zumindest in den nächsten Jahren ergänzende Untersuchungen durchgeführt (Monitoring).	Kap. 7.6
Welche weiteren Untersuchungen zu den in den Verfüllkörper abgelagerten Stoffen und den geochemischen Prozessen sind erforderlich? Entstehen daraus weitere, bislang nicht erkennbare Gefährdungen?	Die Untersuchungen ergaben keine Befunde, die einen weiteren Handlungsbedarf anzeigen würden. In diesem Zusammenhang sind keine weiteren Prüfschritte erforderlich. Weitere Gefährdungen bestehen nicht. Das Sickerwasser wird nach Durchführung der Optimierungsmaßnahmen vollständig gefasst.	Kap. 7.7 / Kap. 7.8
Bestehen Gefährdungen für die Oberflächengewässer in der Umgebung der Verfüllung Mühlenberg?	Wie ausgeführt, sind unter den gegenwärtigen Verhältnissen Gefährdungen der Oberflächengewässer auszuschließen. Um diesen Status auch zukünftig belegen zu können, werden weitere Untersuchungen im Rahmen der üblichen Gewässerschau durchgeführt.	Kap. 7.9
Welche Schlussfolgerungen können aus den Ergebnissen im Hinblick auf eine mögliche Gefährdung für die Umwelt und die im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg lebenden Menschen gezogen werden?	Bei einer langfristig sichergestellten und ausreichenden Absenkung des Sickerwasserspiegels gehen von der Verfüllung Mühlenberg aktuell und in überschaubarer Zukunft (200 Jahre) keine Gefährdungen der betrachteten Schutzgüter Grundwasser, Oberflächenwasser und menschliche Gesundheit aus. Nach den Regelungen des deutschen Bodenschutzrechtes sind somit keine Maßnahmen zur Gefahrenabwehr erforderlich.	Kap. 8
Welche Maßnahmen sind erforderlich, um den gegenwärtig bestehenden gefahrlosen Zustand zu erhalten?	Es sind bautechnische Sanierungs-Maßnahmen, betriebliche Maßnahmen und Überwachungsmaßnahmen erforderlich, um einen gefahrlosen Zustand in der überschaubaren Zukunft (200 Jahre) sicher zu erhalten. Diese werden insbesondere die sichere und vollständige Sickerwasserfassung gewährleisten.	Kap. 10
Bestehen noch Kenntnisdefizite? Was sind die nächsten Schritte? Wann gibt es neue Ergebnisse?	<p>Es bestehen keine Kenntnisdefizite. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wird ergebnisoffen geprüft, mit welchen baulichen Maßnahmen die Sickerwasserfassung, -ableitung und -reinigung der Verfüllung Mühlenberg dauerhaft und langfristig sichergestellt werden kann. Geplant ist, diese Machbarkeitsstudie zeitnah zu beginnen und noch in 2023 abzuschließen.</p> <p>Die Untersuchungen im Sickerwasser und im Grundwasser werden kontinuierlich fortgesetzt. Das Messnetz wird kontinuierlich erweitert.</p>	Kap. 10

1 VORBEMERKUNGEN/AUTORENSCHAFT

Die vorliegende Gefährdungsabschätzung besteht aus

- einem Textteil, in dem Anlass, Aufgabenstellung sowie die Untersuchungsgegenstände der zugehörigen Einzelgutachten und deren Ergebnisse dargestellt sind und die daraus resultierende abschließende Gefahrenbeurteilung formuliert ist;
- Einzelgutachten (Anlagen 2 bis 4): Die Einzelgutachten wurden zu den im Folgenden aufgelisteten Themen durch unterschiedliche Büros erstellt:
 - Bericht ahu GmbH zum Sickerwasser-Pumpversuch (Anl. 2);
 - Bericht IFUA-Projekt-GmbH zur Untersuchung von Bodenluftproben (Anl. 3);
 - Bericht CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH zu den Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten (Anl. 4).

Weitere Unterlagen zu speziellen Fragestellungen und Untersuchungen (Schurfauftnahmen, Begehungen, geophysikalische Messungen) sind im Anhang dieses Gutachtens enthalten.

Der vorliegende Textteil des Gutachtens wurde in enger fachlicher Abstimmung innerhalb des Projektteams der ahu GmbH erstellt. Projektleiter im gesamten Projekt ist Herr Axel Meßling ö.b.u.v.S., ahu GmbH. Durch Herrn Meßling wurde der vorliegende Textteil des Gutachtens schwerpunktmäßig erarbeitet.

Er wurde dabei vonseiten der ahu GmbH unterstützt von: Frau Christina Rosen M.Sc. (Erstellung der Diagramme, GIS-Arbeiten), Frau Dipl.-Päd. Manuela Hopp (Grafik), Herrn Dipl. Geol. Ulrich Lieser und Herrn Dipl.-Geol. Frank Müller (fachliche und formale Qualitätssicherung), Frau Lisa Lechtenböcker und Frau Adelheid Siebigs M.A. (Layout und Textkorrektur).

Von Herrn Michael Bruns (CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH) wurden die Kapitel 6.2, 6.3, 6.4, sowie 7.3 erstellt. Frau Petra Günther (von der Industrie- und Handelskammer Ostwestfalen zu Bielefeld öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 3 und 4) und Herr Dr. Dietmar Barkowski (von der Industrie- und Handelskammer Ostwestfalen zu Bielefeld öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 2, 4 und 5) sind verantwortlich für das Kapitel 7.6. Insofern ist die Gefährdungsabschätzung ein Gemeinschaftswerk.

Die Untersuchungen zur abschließenden Gefährdungsabschätzung wurden durch eine Koordinierungsgruppe unter Leitung des MUNV NRW (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, vormals: MULNV) gelenkt.

In der Koordinierungsgruppe waren neben dem MUNV NRW die Bezirksregierung Düsseldorf, der Kreis Wesel sowie die von der Betreiberfirma beauftragten Fachgutachter ahu GmbH, CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH, IFUA-Projekt-GmbH und die seitens des Kreises Wesel beauftragten Sachverständigen Herr Dr. Kerth und Herr Prahl im Unterauftrag vertreten.

In Kapitel 3 sind die Projektbeteiligten mit ihren Rollen und Aufgaben sowie den Institutionen zusammenfassend tabellarisch dargestellt.

Darstellung in Schnitten und Ganglinien

Die Höhenangaben in den älteren Darstellungen erfolgten auf der Basis des Bezugs-Systems DHHN12 (m NN), um die Vergleichbarkeit hinsichtlich der Höhen in älteren Gutachten zu gewährleisten. Die Darstellungen insbesondere zu der Modellierung und den erstellten Schnitten erfolgten nach dem Bezugssystem DHHN92 (m NHN). Der Unterschied zwischen beiden Bezugssystemen ist im Bereich Mühlenberg einheitlich und beträgt 1,9 cm (https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/geodaetische_fachprogramme/transformation/hoetra/index.html). Für die Interpretation der Daten ist dies nicht relevant.

2 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Das damalige MULNV (jetzt MUNV NRW) hat im November 2019 ein Gutachten an den Sachverständigen Dr. Kerth [5] in Auftrag gegeben, mit dem alle bis dahin vorliegende Daten, Ergebnisse und Entscheidungen zur Verfüllung Mühlenberg gutachterlich beurteilt werden sollten.

Die Begutachtung [5] im Auftrag des MULNV NRW kam zu folgenden Aussagen:

Da die bestehenden technischen Einrichtungen zur Sickerwasserfassung nicht geeignet sind, das in der Tongrube anfallende Sickerwasser dauerhaft und vollständig fassen und ableiten zu können, sind aller Voraussicht nach bautechnische Maßnahmen erforderlich.

Sowohl bezüglich der geochemischen Prozesse als auch bezüglich des Schadstoffpotentials in der Verfüllung bestand weiterer Untersuchungsbedarf. Es waren zudem weitergehende Untersuchungen zur Klärung des Wasserhaushalts an der Verfüllung erforderlich, mit denen im Hinblick auf eine Gefährdungsabschätzung relevante Kenntnisdefizite geschlossen werden sollten.

Insbesondere die Ergebnisse der Untersuchungen zur Klärung des Wasserhaushalts haben Einfluss auf die Art und die Dringlichkeit der bautechnischen Maßnahmen zur Sickerwasserfassung.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Hinblick auf die grundsätzliche Auslegung ggf. notwendiger bautechnischer Maßnahmen relevant und können den Umfang der erforderlichen messtechnischen Überwachung beeinflussen.

Mit Vorlage des Gutachtens [5] besteht Klarheit,

- dass eine dauerhafte Gefahrenabwehr durch bautechnische Sicherungsmaßnahmen gewährleistet werden kann und daher eine Auskoffnung des Verfüllmaterials einschließlich der Ölpellets zur Gefahrenabwehr nicht erforderlich ist und
- dass weitergehende Untersuchungen zum Wasserhaushalt durchgeführt werden müssen, deren Ergebnisse Einfluss auf Art und Dringlichkeit der Sicherungsmaßnahmen haben.

Zur Klärung der offenen Fragen gem. [5] wurden weitergehende Untersuchungen in der Verfüllung empfohlen.

Das MULNV NRW hat den Kreis Wesel über die Bezirksregierung Düsseldorf daraufhin per Erlass vom 19.11.2020 aufgefordert, die Durchführung der gutachterlich benannten Untersuchungen sicherzustellen und deren Umsetzung zu begleiten.

Zur Umsetzung der Untersuchungen zur abschließenden Gefährdungsabschätzung gemäß Erlass vom 19.11.2020 hat der Kreis Wesel einen öffentlich-rechtlichen Vertrag mit der Betreiberin der Tongrube abgeschlossen, der auf der Internetseite des Kreises veröffentlicht wurde.

Im Vertrag ist die Umsetzung der erforderlichen Untersuchungen und Begutachtungen durch geeignete Gutachter im Auftrag der Tongrubenbetreiberin unter der Regie der Koordinierungsgruppe und deren Finanzierung durch die Betreiberin geregelt. Vertraglich sichergestellt ist auch die Beauftragung einer Machbarkeitsstudie im Anschluss an die Gefährdungsabschätzung zur Aufstellung erforderlicher bautechnischer Sicherheits-Maßnahmen. Die durch die Betreiberin beauftragten Gutachter zur Durchführung der Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung sind im Vertrag benannt.

Zur Beratung des Kreises Wesel bei der Planung sowie zur Prüfung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse wurde seitens des Kreises der Sachverständige Dr. Kerth (und in seinem Unterauftrag Herr Prahl (ICP Braunschweig GmbH)) beauftragt, die die Begutachtung der Tongrube im Auftrag des MULNV NRW durchgeführt hatten [5]. Darüber wurde dem Umweltausschuss des Landtags am 04.01.2021 erneut berichtet.

Der Kreis Wesel hat in Abstimmung mit dem MULNV/MUNV NRW Halbjahresberichte über die Zwischenergebnisse erarbeitet und zusammen mit dem aktualisierten Arbeitsplan regelmäßig veröffentlicht (<https://www.kreis-wesel.de/de/themen/muehlenberg-scherbeck-huenxe-illegale-entsorgung-von-oelpellets>).

Gegenstand der vorliegenden Gefährdungsabschätzung ist die Darstellung und Bewertung der aktuellen Untersuchungen zu den in [5] aufgeworfenen und betrachteten Fragestellungen/Kennnisdefiziten und die daraus resultierende abschließende Gefährdungsabschätzung für die Verfüllung Mühlenberg.

Technische Maßnahmen werden im Rahmen der Gefährdungsabschätzung explizit nicht formuliert. Diese werden auf der Grundlage der abschließenden Gefährdungsabschätzung gemäß öffentlich-rechtlichem Vertrag des Kreises Wesel mit der Betreiberin der Verfüllung, der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG im Rahmen einer gesonderten, noch zu erstellenden Machbarkeitsstudie formuliert. Mit Vorliegen der Machbarkeitsstudie wird auch die konkrete Ausgestaltung der bautechnischen Sicherheitsmaßnahmen festgelegt werden.

Im Folgenden sind die zu bearbeitenden Sachverhalte und Fragestellungen gemäß Erlass vom 19.11.2020 aufgelistet (vgl. Kap. 5):

- 1) Überprüfung/Nachweis eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben
- 2) Untersuchungen zur hydraulischen Wirkung der „Zwischenabdichtung“
- 3) Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten
- 4) Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Oberflächenabdichtung

- 5) Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Randabdichtung („Tonkeil“)
- 6) Deponiegas-Untersuchungen
- 7) Untersuchungen zur weiteren Klärung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung
- 8) Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials der Verfüllung
- 9) Abschätzung der Gefährdung für Fließgewässer

3 PROJEKT BETEILIGTE

Projektbeteiligte und deren Funktionen im Rahmen der Erstellung und Kontrolle des Arbeitsplanes und der Kontrolle seiner Umsetzung sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Projektbeteiligte, Institutionen und Funktionen im Projekt

Institution	Personen	Funktion	Thema Gefährdungsabschätzung
Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNV NRW) Dezernat IV-4 Bodenschutz und Altlasten, Deponien	Prof. Dr. Jens Utermann Stefan Schroers	Leitung der Koordinierungsgruppe	
Bezirksregierung Düsseldorf Sachgebiet 06 – Altlasten, Bodenschutz Dezernat 52 Abfallwirtschaft – einschl. anlagenbezogener Umweltschutz	Birgit Wiele-Dixkens Goetz Stellmacher	Aufsichtsbehörde	
Kreis Wesel Der Landrat VB 5 FD 66-1 Umwelt	Helmuth Czichy Dr. Volker Plegge (ab 08/2022) Maria Stredicke (ab 03/2022) Günther Harmeling (bis 02/2022) Peter Latta Jürgen Brandtstaedter (bis 12/2021) Heidi Simanowitz	Ordnungsbehörde	
Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH	Dr. Michael Kerth	Gutachter der Ordnungsbehörde	
ICP Braunschweig GmbH	Michael Prahl	Gutachter der Ordnungsbehörde	
Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG	Thomas Eckerth Bernd Wallentowitsch Justin Wellmann	Betreiberin Verfüllung Mühlenberg und Auftraggeber des vorliegenden Gutachtens (Gast in der Koordinierungsgruppe)	
ahu GmbH	Axel Meßling Ulrich Lieser (bis 6/2021 inhaltlich, anschließend zur fachlichen Qualitätssicherung) Frank Müller, Christina Rosen	Gutachter der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG	Erstellung Gefährdungsabschätzung, Themen Sickerwasser, Begehungen, Koordination der Arbeiten
CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH	Michael Bruns Georg Schroeter Dr. Anna Jesußek Dr. Carsten Hansen	Gutachter der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG	Grundwasser

Institution	Personen	Funktion	Thema Gefährdungsabschätzung
IFUA-Projekt-GmbH	Petra Günther Dr. Dietmar Barkowski	Gutachter der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG	Bodenluft Radiologie (unter Hinzuziehung von Dr. Rainer Geller- mann, NCC GmbH, Braunschweig)
Ingenieur- und Planungsbüro LANGE GmbH & Co. KG	Dr. Andreas Schattmann	Gutachter der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG	Oberflächenwasser, Gewässer- ökologie

4 VERWENDETE UNTERLAGEN

Folgende in Tab. 2 genannte Unterlagen wurden zur Erstellung der Gesamtge-
fährdungsabschätzung verwendet.

Tab. 2: Verwendete Unterlagen

Lfd. Nr.	Titel	Datum	Art	Gutachter/ Verfasser
[1]	Lithologie und Fazies der tertiären Schichten im Raum Bottrop-Kirchhellen-Schermbek (Südwest-Münsterland)	1998	DA	Schenk, N.
[2]	Hydrogeologisches Gutachten für den Bereich der SAD Hünxe-Schermbek und der Tontagebau der Fa. Hermann Nottenkämper oHG. Untersuchungen der Phase 1	22.04.2015	GA	CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH
[3]	Gefährdungsabschätzung Verfüllung Mühlenberg, Schermbek-Hünxe. Bericht	01.12.2015	GA	ahu AG
[4]	605/00925/19 – Überwachung des Sickerwassers in der Verfüllung Mühlenberg (Ordnungsverfügung)	05.08.2019	Verfügung	Kreis Wesel
[5]	Evaluierung der vorliegenden Daten, Ergebnisse und Entscheidungen zur Verfüllung Mühlenberg (Schermbek/Hünxe) aufgrund der illegalen Einlagerung von Ölpellets - Abschlussbericht	07.10.2020	GA	Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH, ICP Braunschweig GmbH
[6]	AZ 32-373-1-10: Stellungnahme zum Erlass des MULNV vom 10.09.2020 (Az.: IV-4-547.05): Bodenschutz und Altlasten - Einlagerung von Ölpellets in der Tongrube Schermbek-Hünxe, ergänzendes Gutachten zur Evaluation	02.11.2020	AV	LANUV
[7]	Az. IV-4-547.05: Tongrube der Fa. Nottenkämper in Schermbek-Hünxe, hier: Ergänzende Begutachtung im Auftrag des MULNV	19.11.2020	Erlass	MULNV
[8]	AZ IV-4-547.05: Tongrube der Fa. Nottenkämper in Schermbek/Hünxe	26.01.2021	Erlass	MULNV
[9]	Thermografie-Bericht. Objekt: Deponie Mühlenberg	13.02.2021	GA	DIE-ENERGIE-BERATER.DE
[10]	Erstellung eines Leitfähigkeitsprofils entlang des Randgrabens, Fragestellung: Nachweis Tonkeil, Zwischenabdichtung; Begehung am 19.03.2021	29.03.2021	AV	ahu GmbH
[11]	Befliegung des Mühlenbergs mit einer Drohne mit Wärmebildkamera sowie Begehung der Verfüllung „Mühlenberg“ und des Randgrabens am 15.01.2021	30.03.2021	AV	ahu GmbH
[12]	Begehung des Mühlenbergs bei Frost, Fragestellung: Sickerwasseraustritte – Begehung 13.02.2021; Begehungszeit: 12:22 h bis 13:58 h	31.03.2021	AV	ahu GmbH
[13]	Ortstermin Schurf 1	05.05.2021	AV	ahu GmbH
[14]	Ortstermin Schurf 5	07.05.2021	AV	ahu GmbH
[15]	Ortstermin Schurf 2	12.05.2021	AV	ahu GmbH

Lfd. Nr.	Titel	Datum	Art	Gutachter/ Verfasser
[16]	Schürfe zur Überprüfung des Oberflächenabdichtungssystems der Verfüllung Mühlenberg, Fragestellung: Nachweis Zwischenabdichtung. Anlass: Errichtung Bodenluftmessstellen	25.06.2021	AV	ahu GmbH
[17]	Ortstermin Schurf 6	30.06.2021	AV	ahu GmbH
[18]	Öffentlich-rechtlicher Vertrag zur Durchführung von Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung und Vorbereitung etwaiger Sanierungsmaßnahmen für die Abgrabung und Verfüllung Mühlenberg	12.07.2021	Vertrag	Kreis Wesel/ Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
[19]	Tongrube Mühlenberg Hünxe/Schermbeck, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG - Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten. Quartalsbericht der durchgeführten Arbeiten - Juli 2021	31.07.2021	GA	CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH
[20]	Umsetzung Arbeits- und Zeitplan, hier: AP 2.1 geoelektrische Messungen am Fuß der Verfüllung	20.10.2021	AV	ahu GmbH
[21]	Ortstermin Schurf 3	20.11.2021	AV	ahu GmbH
[22]	Ortstermin Schurf 4	20.11.2021	AV	ahu GmbH
[23]	Auswertung der Pumpversuche im Sickerwasser in der Verfüllung Mühlenberg, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG	20.11.2021. aktualisiert 02.12.2022	GA	ahu GmbH
[24]	Verfüllung Mühlenberg in Schermbeck-Hünxe - Untersuchung von Bodenluftproben, 4. und 5. Messkampagne: April und Juli 2022	Dezember 2022	GA	IFUA-Projekt-GmbH
[25]	Tongrube Mühlenberg - Hünxe/Schermbeck, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG. Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten - Ergebnisbericht	Januar 2023	GA	CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH
[26]	DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES e. V (DVGW): Technische Regel, Arbeitsblatt W 107, Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten, Bonn	2016	DVGW	DVGW
[27]	Neubau/Rückbau des Grundwassermessstellennetzes – Phase A für die SAD Hünxe Schermbeck, für die Verfüllung Mühlenberg sowie für die Austonung/Deponie Eichenallee, Dokumentation der durchgeführten Arbeiten; Hildesheim, Oktober 2021 (Projekt „Gartroper Mühlenbach“) (unveröff.)	Oktober 2021	GA	CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH
[28]	Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser - Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016	Januar 2017	Bericht	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Lfd. Nr.	Titel	Datum	Art	Gutachter/ Verfasser
[29]	Grundlagen für die Verwertung von MV-Rostasche, Teil A: Entwicklung des Österreichischen Behandlungsgrundsatzes	Juni 2010	Gutachten	Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt, Institut für Abfallwirtschaft, O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Lechner
[30]	Untersuchungen zur unerwünschten mikrobiellen Ausgasung von Schlacken im Hinblick auf ihre Qualität	1998	Veröffentlichung	Julius-von-Sachs-Institut für Biowissenschaften der Universität Würzburg, Julius-von-Sachs-Platz 2, 97082 Würzburg, Hartmut Gimmler, Christina Track Zweckverband Abfallwirtschaft Raum Würzburg (ZARW), Eichhornstraße 5, 97070 Würzburg, Hans Dresch

GA = Gutachten; AV = Aktenvermerk; DA = Diplomarbeit, TR = Technisches Regelwerk

CAH GmbH = CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH

LANUV = Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW

MULNV = Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (seit 2022: MUNV)

5 ARBEITSPLAN/BEARBEITUNGSKONZEPT/GRUNDLAGEN

Grundlage des Untersuchungskonzeptes ist der Erlass des MULNV NRW vom 19.11.2020 ([7]). Demnach ist die Umsetzung der durch den Gutachter Dr. Kerth benannten Untersuchungen und der ergänzenden Untersuchungsempfehlungen des LANUV [6] sicherzustellen. Das Untersuchungskonzept wurde inhaltlich und zeitlich auf der Grundlage von [5] von der Fa. Nottenkämper GmbH & Co. KG und den von ihr beauftragten Gutachtern entworfen und mit den Projektbeteiligten abgestimmt.

In dem Arbeitsplan sind die Fragestellungen des Erlasses des MULNV NRW als Oberkapitel enthalten und mit den notwendigen Untersuchungsschritten zur Beantwortung der offenen Fragen untersetzt.

In Abb. sind die Fragestellungen bezogen auf die einzelnen Bereiche mit den erforderlichen Untersuchungsschritten zusammenfassend dargestellt.

In Tab. 3 ist der aktuell gültige Arbeitsplan in der letztgültigen Fassung vom 02.02.2022, der mit der Koordinierungsgruppe abgestimmt wurde, zusammenfassend dargestellt. Dabei entsprechen die Überschriften der Vorgänge jeweils den Fragestellungen, die zu untersuchen waren. Die in den Unterkapiteln genannten Nummerierungen entsprechen denen des Arbeitsplanes.

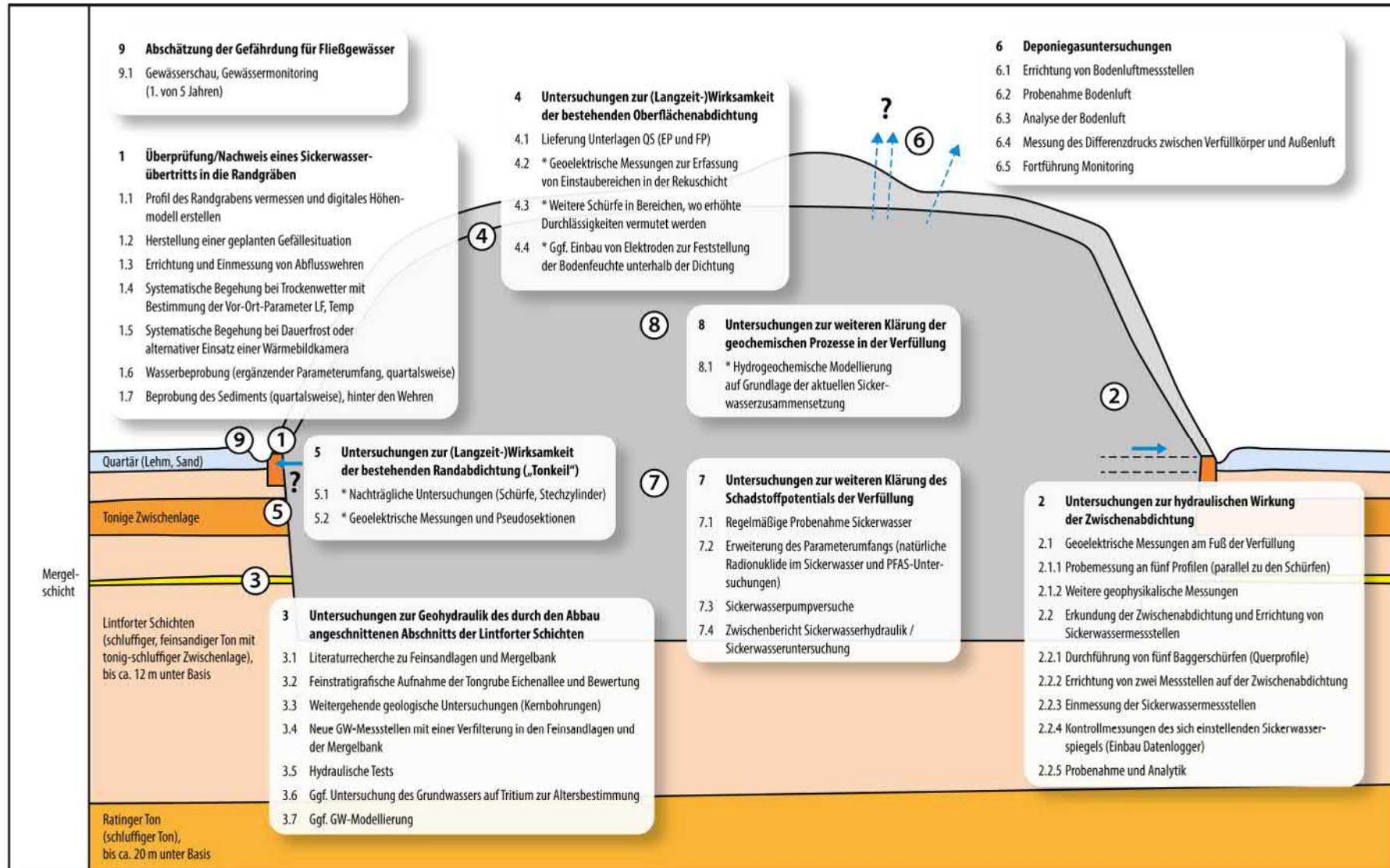


Abb. 1: Übersicht der Fragestellungen und Arbeitspakete gemäß Erlass des MULNV vom 19.11.2020

Tab. 3: Arbeitsplan in der abgestimmten Fassung vom 02.02.2022

Pos.	Vorgangsname
1	Überprüfung/Nachweis eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben
1.1	Profil des Randgrabens vermessen und digitales Höhenmodell erstellen
1.2	Herstellung einer geplanten Gefällesituation
1.3	Errichtung und Einmessung von Abflusswehren
1.4	systematische Begehung bei Trockenwetter mit Bestimmung der Vor-Ort-Parameter LF, Temp
1.5	systematische Begehung bei Dauerfrost oder alternativer Einsatz einer Wärmebildkamera
1.6	Wasserbeprobung (ergänzender Parameterumfang, quartalsweise)
1.7	Beprobung des Sediments (quartalsweise), hinter den Wehren
2	Untersuchungen zur hydraulischen Wirkung der Zwischenabdichtung
2.1	geoelektrische Messungen am Fuß der Verfüllung
2.1.1	<i>Probemessung an fünf Profilen (parallel zu den Schürfen)</i>
2.1.2	<i>weitere geophysikalische Messungen</i>
2.2	Erkundung der Zwischenabdichtung und Errichtung von Sickerwassermessstellen
2.2.1	<i>Durchführung von fünf Baggerschürfen (Querprofile)</i>
2.2.2	<i>Errichtung von zwei Messstellen auf der Zwischenabdichtung</i>
2.2.3	<i>Einmessung der Sickerwassermessstellen</i>
2.2.4	<i>Kontrollmessungen des sich einstellenden Sickerwasserspiegels (Einbau Datenlogger)</i>
2.2.5	<i>Probenahme und Analytik</i>
3	Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten
3.1	Literaturrecherche zu Feinsandlagen und Mergelschicht
3.2	feinstratigrafische Aufnahme der Tongrube Eichenallee und Bewertung
3.3	weitergehende geologische Untersuchungen (Kernbohrungen)
3.4	neue GW-Messstellen mit einer Verfilterung in den Feinsandlagen und der Mergelschicht
3.5	hydraulische Tests
3.6	ggf. Untersuchung des Grundwassers auf Tritium zur Altersbestimmung
3.7	ggf. GW-Modellierung
4	Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Oberflächenabdichtung
4.1	Lieferung Unterlagen QS (EP und FP)
4.2	* geoelektrische Messungen zur Erfassung von Einstaubereichen in der Rekussschicht
4.3	* weitere Schürfe in Bereichen, wo erhöhte Durchlässigkeiten vermutet werden
4.4	* ggf. Einbau von Elektroden zur Feststellung der Bodenfeuchte unterhalb der Dichtung
5	Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Randabdichtung („Tonkeil“)
5.1	* nachträgliche Untersuchungen (Schürfe, Stechzylinder)
5.2	* geoelektrische Messungen und Pseudosektionen
6	Deponiegasuntersuchungen

Pos.	Vorgangsname
6.1	Errichtung von Bodenluftmessstellen
6.2	Probenahme Bodenluft
6.3	Analyse der Bodenluft
6.4	Messung des Differenzdrucks zwischen Verfüllkörper und Außenluft
6.5	Fortführung Monitoring
7	Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials der Verfüllung
7.1	regelmäßige Probenahme Sickerwasser
7.2	Erweiterung des Parameterumfangs (natürliche Radionuklide im Sickerwasser und PFAS-Untersuchungen)
7.3	Sickerwasserpumpversuche
7.4	Zwischenbericht Sickerwasserhydraulik/Sickerwasseruntersuchung
8	Untersuchungen zur weiteren Klärung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung
8.1	<i>* hydrogeochemische Modellierung auf Grundlage der aktuellen Sickerwasserzusammensetzung</i>
9	Abschätzung der Gefährdung für Fließgewässer
9.1	Gewässerschau, Gewässermonitoring (1. von 5 Jahren)

mit * gekennzeichnet: Die Notwendigkeit ergibt sich ggf. aus anderen Ergebnissen oder wird in der Koordinierungsgruppe gesondert entschieden.

Neue Arbeitsschritte, die im Lauf der Bearbeitung und der fortlaufenden Neubewertung der (Zwischen-)Ergebnisse aufgenommen wurden, sind Folgende:

Tab. 4: Arbeitsplan-Ergänzungen, zusätzliche Untersuchungen

Pos.	Vorgangsname	Bemerkung
	zusätzliche Untersuchungen	
N1	Untersuchungen zu auffälligen Stoffkonzentrationen in der FLS16	Ergänzung zu Pos. 3 des Arbeitsplanes
N2	Stofftransport und Rückhaltevermögen in den Lintforter Schichten	Ergänzung zu Pos. 3 des Arbeitsplanes
N3	Beprobung der Sickerwasserentnahme-Schächte mit Untersuchung auf deponietypische Luftparameter	Ergänzung zu Pos. 6 des Arbeitsplanes
N4	Ermittlung der Ruhewasserspiegel an den Sickerwasserbrunnen	Ergänzung zu Pos. 7 des Arbeitsplanes

Dem Arbeitsplan wurde ein Zeitplan hinterlegt, der fortlaufend auf der Grundlage des aktuellen Arbeitsstandes aktualisiert und in der Koordinierungsgruppe abgestimmt worden ist.

In der folgenden Abb. 2 sind die im Bereich der Verfüllung durchgeführten Felduntersuchungen (Grundwassermessstellenbau, Schürfe, Bodenluftmessstellen) dargestellt.

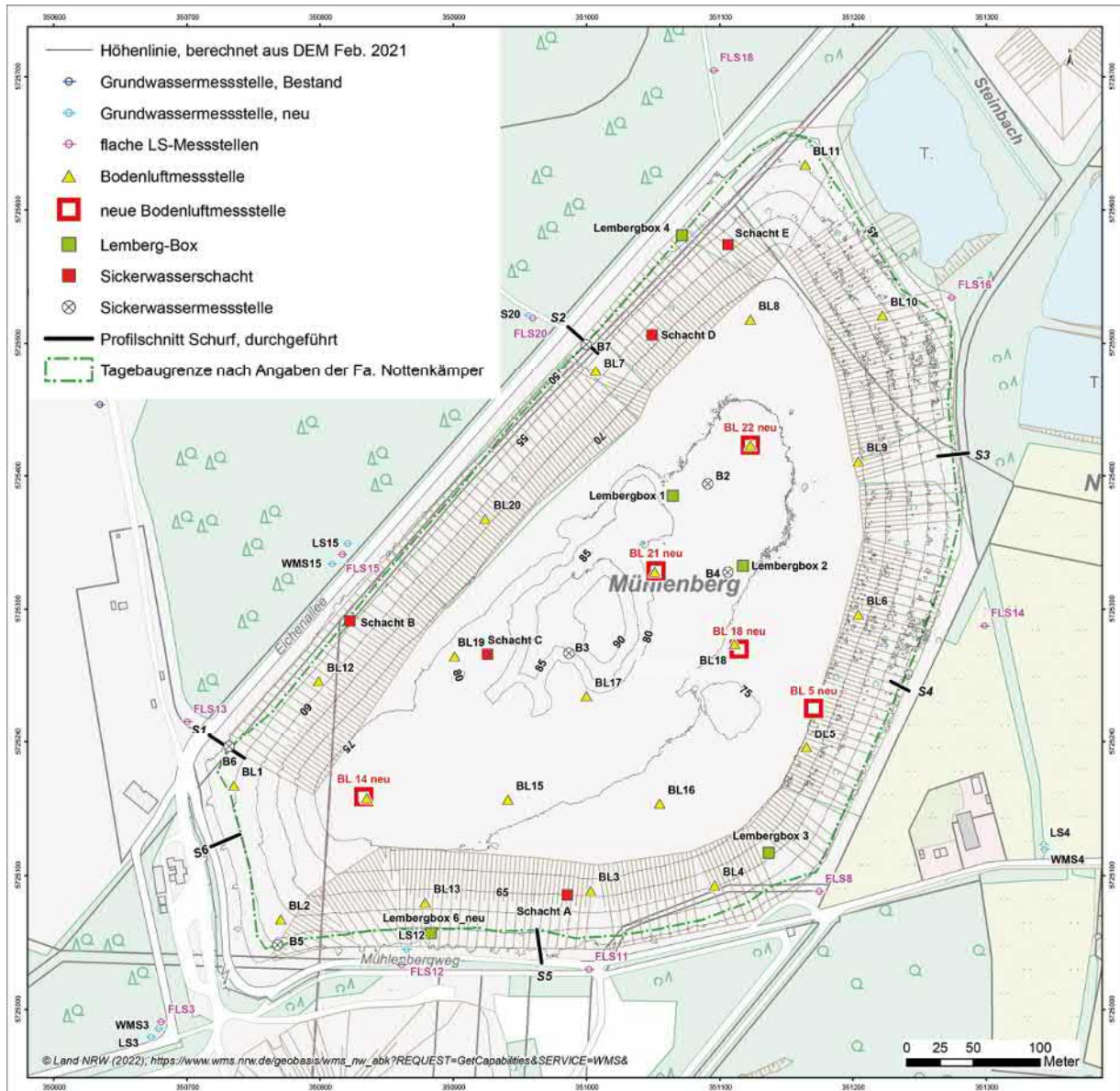


Abb. 2: Lageplan mit Darstellung der Untersuchungspunkte auf und im direkten Umfeld der Verfüllung
(Bei der dargestellten Tagebaugrenze handelt es sich um eine im Verlauf der Abgrabung/Verfüllung erkundete und aus alten Unterlagen ermittelte/angenommene Grenze.)

5.1 Ablauf

Der Arbeits- und Zeitplan wurde in regelmäßigen Abständen im Rahmen von Terminen (Vor-Ort oder Videokonferenzen) in der Koordinierungsgruppe fortgeschrieben und auf der Grundlage der Erkenntnisse angepasst. Weiterhin wurden für die Klärung und Abstimmung spezieller Fragestellungen Gutachter-Workshops durchgeführt.

Im Arbeitsplan waren keine Maßnahmen zur Aufklärung der Kenntnisdefizite hinsichtlich der fehlenden Dokumentationen und Nachweise für die Sickerwasserfassungselemente vorgesehen. Daher wurden hier keine weiteren Untersuchungen durchgeführt. Der Nachweis der langzeitlichen Eignung und Wirkung ist noch zu erbringen. Gleichwohl wurden die bereits vor dem Gutachten [5] vorgesehenen Sickerwasserpumpversuche in den Arbeitsplan integriert und durchgeführt (vgl. Pos. 7 des Arbeitsplanes), um die mit den bestehenden Sickerwasserschächten gewinnbaren Sickerwassermengen aus der Verfüllung zu ermitteln.

Die jeweiligen quartalsweise erstellten internen Zwischenberichte zu den einzelnen Themenfeldern des Arbeitsplanes waren die Grundlage für die Abstimmungen zwischen allen Beteiligten in der Koordinierungsgruppe.

5.2 Termine Koordinierungsgruppe und Gutachter-Workshops

In Tab. 5 sind die Termine der Treffen der Koordinierungsgruppe und die Termine der Gutachterworkshops mit den jeweils wesentlichen Gesprächspunkten zusammengefasst.

Die Themen, die für ein gemeinsames Verständnis des hydrogeologisch-technischen Systems wichtig sind, wurden in den durchgeführten separaten Workshops diskutiert, abgestimmt und je nach Erfordernis im jeweils aktualisierten Arbeitsplan ergänzt. Die Ergebnisse der Abstimmungen und Festlegungen sind an den entsprechenden Stellen in der Gefährdungsabschätzung beschrieben und aufgenommen.

Tab. 5: Termine Koordinierungsgruppe und Gutachterworkshops

Datum	Gremium	Bemerkung
09.03.2021	1. Sitzung Koordinierungsgruppe	
18.05.2021	2. Sitzung Koordinierungsgruppe	
09.07.2021	1. Gutachterworkshop	Verfüllgeometrie geologische und hydrogeologische Verhältnisse Basisabdichtungssystem Oberflächenabdichtungssystem Randabdichtung Sickerwasserfassung und -ableitung
21.09.2021	3. Sitzung Koordinierungsgruppe	
20.01.2022	4. Sitzung Koordinierungsgruppe	
14.02.2022/ 17.02.2022	2. Gutachterworkshop	Sickerwasserhaushalt Bodenluft Randgräben
18.05.2022	3. Gutachterworkshop	Ermittlung Ruhewasserspiegel Sickerwasser Untersuchungen Geohydraulik Lintforter Schichten Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen Informationen zur Lage der UK/OK mineralische Dichtung im Plateaubereich Beprobung/Laboruntersuchung des Randgrabenwassers
02.06.2022	5. Sitzung Koordinierungsgruppe	
14.07.2022	6. Sitzung Koordinierungsgruppe	
25.11.2022	7. Sitzung Koordinierungsgruppe	
18.01.2023	8. Sitzung der Koordinierungs- gruppe (Abschluss-Sitzung)	

6 KENNNTNISSTAND VERFÜLLKÖRPER/SICHERUNGSELEMENTE UND GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSSE

Für das Verständnis von Kapitel 7 ist es erforderlich, die Hauptmerkmale der Verfüllung sowie des geologisch-hydrogeologischen Umfeldes, in das die Verfüllung eingebettet ist, auf der Grundlage des aktuellen Kenntnisstandes nochmals zusammenfassend zu beschreiben.

6.1 Verfüllkörper/Sicherungselemente

Die grundsätzliche Systembeschreibung ist umfassend in [5] dargestellt. Diese wird daher nicht im Einzelnen wiedergegeben.

Sicherungselemente der Verfüllung

Eine Darstellung der wesentlichen (Sicherungs-)Elemente der Verfüllung Mühlenberg ist in [5] enthalten und in Abb. 3 nochmals zusammenfassend dargestellt.

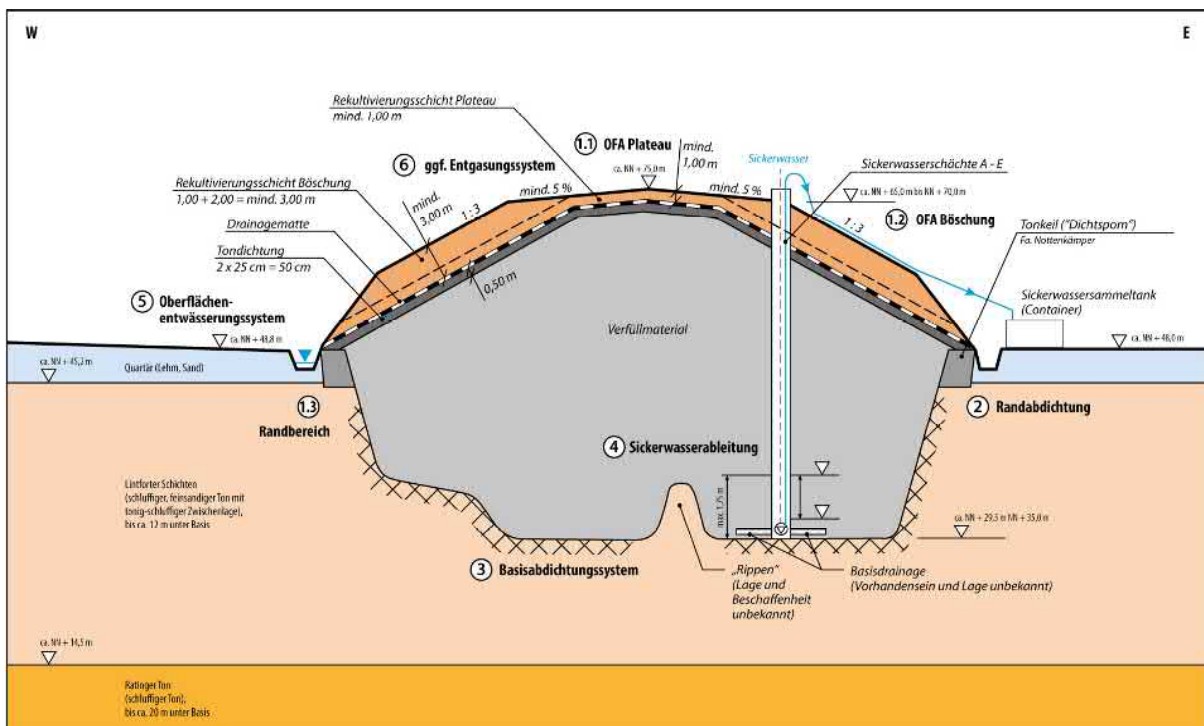


Abb. 3: Schematischer Schnitt (unmaßstäblich) mit Darstellung der wesentlichen Elemente der Verfüllung (nach [5], verändert)

Verfüllgeometrie/Lage der Basis der Verfüllung

Die Sohle der Abgrabung weist eine ausgeprägte Morphologie mit nachgewiesener Sohlage zwischen minimal 29,5 bis 30,0 m NN und maximal 35 bis 38,5 m NN auf, es ist aber nicht von einer Aufteilung in einzelne, durch Rippen aus stehengelassenem Ton begrenzte „Becken“ auszugehen. Die Informationen der Sohlagen wurden in [5] zusammengetragen und sind in der folgenden Abb. 4 dargestellt. Ton wurde im Bereich von Zufahrtsrampen stehengelassen, wobei diese Rampen zum Abgrabungstiefsten hin jeweils abfallen. Die Lage dieser Rampen ist im Detail nicht bekannt. Entsprechende Fotos geben allerdings Hinweise auf diese Rampen aus anstehendem (nicht abgegrabenem) Ton, die sich nicht genau verorten lassen.

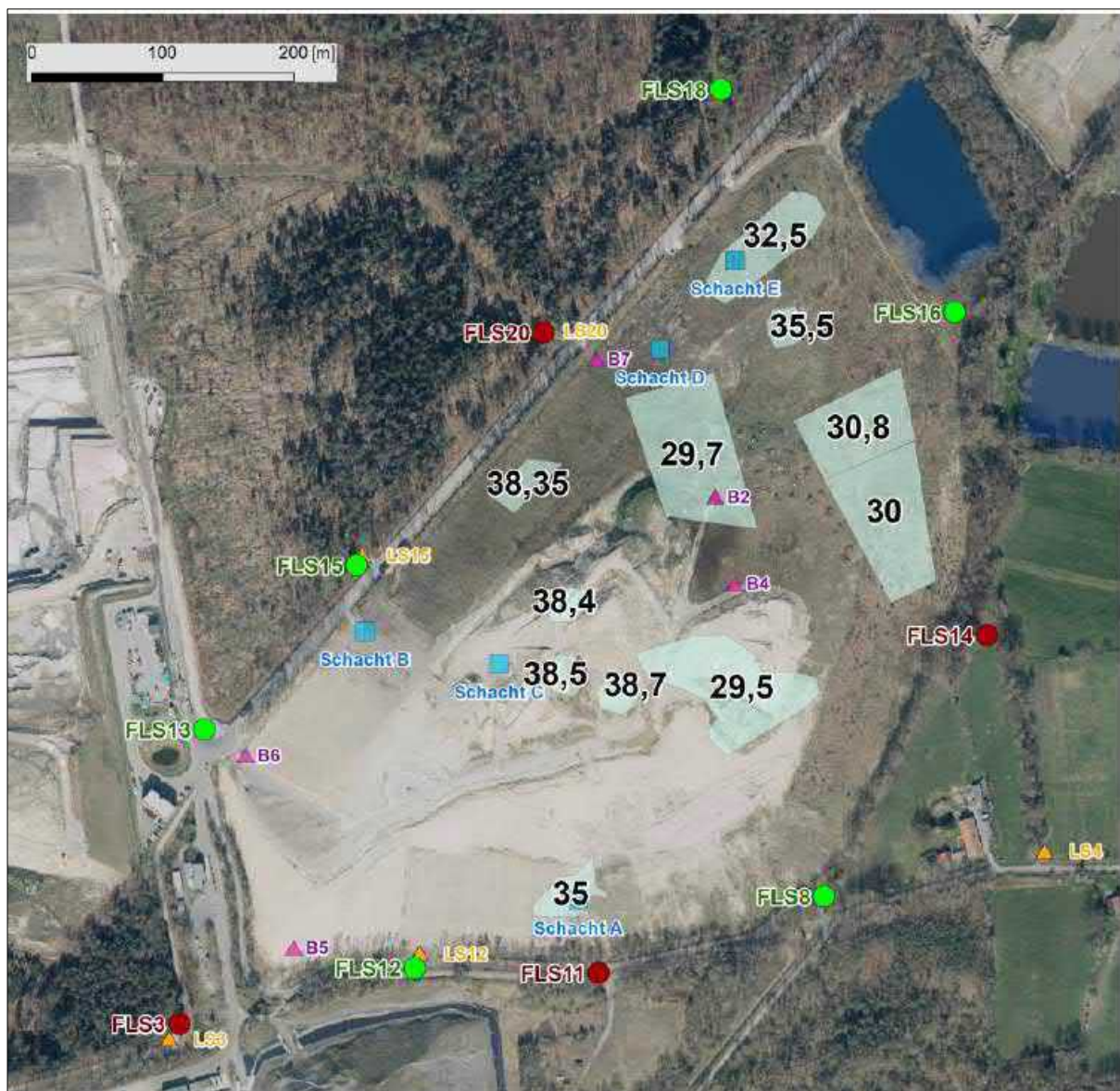


Abb. 4: Höhenlage [m NN] der Sohle des Tonabbaus (aus Anl. 4 und [5])

Im äußersten Südosten gibt es begründete Hinweise, dass hier die Abbausohle nur bis auf 35 m NHN gereicht hat. Den hydraulischen Auswertungen, insbesondere der Boxmodellierung (siehe Kap. 7.4.3), liegt die in [25] (dort Abb. 4) dargestellte, aus den vorliegenden Daten und vereinfachend abgeleitete Zonierung der Abbausohle zugrunde. Entsprechende Schnittdarstellungen mit der Basis der Verfüllung sind in Anl. 4 enthalten. Hinsichtlich der Durchführung der Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten und der Bewertung wird im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung von einer Abbausohle in der Höhe von 30 m NHN bzw. 35 m NHN im Südosten (vgl. Abb. 4) ausgegangen.

Zwischenabdichtung

Eine in Teilbereichen gem. [5] vermutete, flächendeckende „Zwischenabdichtung“ wurde nicht nachgewiesen. In den angelegten Schürfen 1 bis 6 waren stauende Lagen aus diversen Materialien zu erkennen (verdichtete Aschen, Lehmhorizonte), auf denen lokal Sickerwasser angetroffen wurde. In den Schürfen 1 und 2 wurde dauerhaft Sickerwasser angetroffen. Daher wurden im Frühjahr und Sommer 2021 im Bereich der Verfüllung Mühlenberg insgesamt drei neue Sickerwassermessstellen errichtet. Die Sickerwassermessstellen B6 und B7 wurden begleitend zum Anlegen der Suchschürfe 1 und 2 errichtet. Die Sickerwassermessstelle B5 wurde im Zuge einer Suchgrabung nach einem Kabel im Frühjahr 2021 erstellt. Sie alle erfassen schwebendes Sickerwasser. Das Vorkommen von Sickerwasser ist hier allerdings nicht durch das Vorhandensein einer Zwischenabdichtung bedingt, auf der, wie in [5] formuliert, ein Zwischenabfluss innerhalb des Verfüllkörpers nach außen in Richtung auf den Randgraben stattfinden kann. Das Sickerwasser staut sich in den beiden Schürfen auf geringdurchlässigen Lagen des in den Verfüllkörper eingebrachten Materials.

keine flächendeckende Zwischenabdichtung nachgewiesen

Nur in Schurf 4 im Osten der Verfüllung (vgl. Kap. 7.5) wurde eine „Lehmschicht“ in einer Höhenlage von ca. 46,90 m NN angetroffen, die vom Niveau und der Ausbildung evtl. als ehemalige Zwischenabdichtung auf dem ursprünglichen Geländeniveau angesehen werden kann. Gestützt wird dieses durch ein Luftbild aus 2009 aus dem Bereich des Schurfes 4, in dem zu dem Zeitpunkt eine Abdeckung des fraglichen Bereiches erkennbar ist. Es ist nicht mehr ermittelbar, ob diese Abdeckung bei der weiteren Verfüllung zurückgebaut wurde. Die in diesem Bereich festgestellten Sickerwasserzutritte oberhalb des Lehms waren allerdings so gering und innerhalb kurzer Zeit deutlich abnehmend, dass auf die Errichtung einer Sickerwassermessstelle einvernehmlich verzichtet wurde. Weiterhin hat die Schurfaufnahme gezeigt, dass die in Schurf 4 vorhandene Lehmlage nicht an den randständigen Tonkeil angebunden ist, so dass keine Gefahr besteht, dass ggf. aufgestautes Sickerwasser nach außen in den Randgraben übertritt (vgl. zu Sickerwasseruntersuchungen Kap. 7.7.1, schwebende Sickerwasserstände in B5 bis B7).

6.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Zur detaillierten Erkundung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse wurden weitere Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse in die folgende Beschreibung eingeflossen sind. Die einzelnen generell im Nahbereich der Verfüllung Mühlenberg vorkommenden geologischen Schichten werden im Folgenden vom Jüngeren zum Älteren näher beschrieben:

Quartär

Im Untersuchungsgebiet sind oberflächennah wenige Meter mächtige quartärzeitliche Lockersedimente verbreitet, die aus Geschiebelehm/-mergel (Grundmoräne) mit Fein- bis Mittelsand-, Schluff- und Feinkies-Anteilen sowie aus einem überlagernden Flugsand (Talsand) bestehen. In vielen Bereichen der SAD Hünxe-Scherbeck sowie der Tonabbau Eichenallee und Mühlenberg sind die quartärzeitlichen Sedimente technisch abgeschoben.

Innerhalb der grobkörnigen Sedimente des Quartärs ist, wo vorhanden, eine Grundwasserzirkulation bedingt möglich, die sich aus Niederschlagswasser speist. Hydrogeologisch sind die quartärzeitlichen Ablagerungen als Grundwassergeringleiter anzusehen, in dem nur untergeordnet eine lokale Wasserführung stattfinden kann. Als Sohlschicht dieses oberflächennahen Grundwassers fungieren entweder die Grundmoräne oder die Oberen Lintforter Schichten.

Tertiär (hier Oligozän – Rupelium)

Obere (Hangende) Lintforter Schichten

Bei dieser im Bereich Mühlenberg wenige Meter mächtigen Schichtenfolge handelt es sich um schwach bis stark feinsandige Schluffe mit wechselnden Tonanteilen, die eine steife bis halbfeste Konsistenz aufweisen. Bereichsweise kann etwas Schichtenwasser enthalten sein.

Insgesamt ist die Schichtenfolge als sehr geringleitend anzusprechen. Eine wesentliche Grundwasserbewegung im Sinne eines hydraulisch zusammenhängenden, lateralen Grundwasserfließens erfolgt nicht.

kein hydraulisch zusammenhängendes Fließen des Grundwassers

Tonige Zwischenlage

In vielen Bohrungen wird als „Zwischenschicht“ in ca. 5 bis 7 m unter Gelände ein mehrere Meter mächtiger schluffiger Ton bis toniger Schluff angetroffen, der aber hinsichtlich seiner Kornzusammensetzung und seiner Mächtigkeit variiert und der sich vor allem anhand der geophysikalischen Messungen identifizieren lässt. Einige Lagen können Schichtwasser enthalten.

Insgesamt ist die „tonige Zwischenlage“ aufgrund ihrer Kornzusammensetzung insbesondere in vertikaler Richtung als Grundwassernichtleiter zu bezeichnen.

tonige Zwischenlage = Grundwassernichtleiter

Untere (Liegende) Lintforter Schichten

Die Unteren oder Liegenden Lintforter Schichten zeichnen sich durch Wechselagerungen von tonigen und z. T. feinsandigen Schluffen aus, die überwiegend eine halbfeste bis steife Konsistenz haben. Nach Ergebnissen der geophysikalischen Messungen erreicht diese Schichtenfolge im Bereich Mühlenberg eine Mächtigkeit von bis zu 20 m. Die feinsandigen Lagen können Schichtwasser enthalten.

Innerhalb dieser Schichtenfolge wurden im Rahmen der Untersuchungen zum Mühlenberg zwei Horizonte („Schicht 1“ und „Schicht 2“) von einigen Dezimetern Mächtigkeit identifiziert, in denen bei Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werten) überwiegend im 10^{-7} m/s-Bereich eine sehr geringe horizontale Grundwasserbewegung möglich ist (siehe unten).

Schichten 1 und 2 mit potentiell geringfügiger horizontaler Grundwasserbewegung, 10^{-7}

Weiterhin ist in dieser Schichtenfolge eine ca. 0,5 m mächtige, aus stark kalkhaltigem, tonigem, sehr schwach feinsandigem Schluff bestehende „Mergelschicht“ verbreitet, die nicht zuletzt aufgrund ihrer auffälligen hellgrauen Färbung als „Leithorizont“ anzusehen ist, in der allerdings keine horizontale Grundwasserbewegung stattfindet.

Mergelschicht nicht grundwasserführend

Insgesamt ist die Schichtenfolge (abgesehen von den Schichten 1 und 2) mit k_f -Werten im Bereich von 10^{-9} bis 10^{-10} m/s als extrem geringleitend anzusprechen, in der ein laterales, hydraulisch zusammenhängendes „Grundwasserfließen“ nicht erfolgt.

Lintforter Schichten ohne nachgewiesenes laterales Grundwasserfließen, $k_f = 10^{-9}$ - 10^{-10} m/s

Lintforter Schichten – Basale Schichten

An der Basis der Lintforter Schichten wird in nahezu allen Bohrungen im Umfeld des Mühlenbergs eine Wechsellagerung aus feinsandigem und tonigem Schluff sowie schluffigen bis stark schluffigen Feinsanden angetroffen. Die Mächtigkeiten variieren im weiteren Umfeld von wenigen Dezimetern bis über 8 m. Im Bereich Mühlenberg betragen die Mächtigkeiten zwischen 1,5 und 3 m.

Diese „Basalen Schichten“ sind insgesamt als Grundwasseringeleiter zu bezeichnen. Pumpversuche haben Durchlässigkeitsbeiwerte im Bereich von $< 10^{-6}$ m/s ergeben. Sie haben somit keine wasserwirtschaftliche Bedeutung. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse lassen die Vermutung zu, dass innerhalb der Verbreitung dieser Schichtenlage ein räumlich zusammenhängender hydraulischer Druckausgleich stattfindet. Aufgrund der niedrigen k_f -Werte findet ein Grundwasserfließen nur in geringem Maße statt. Die Grundwasserfließgeschwindigkeiten sind entsprechend gering.

Basale Schichten = Grundwasseringeleiter mit geringen Fließgeschwindigkeiten, $k_f < \approx 1 - 3 \cdot 10^{-6}$ m/s

Ratinger Ton

Der dunkelgraue Rater Ton besteht aus fast reinem, aber auch schluffigem, selten schwach feinsandigem Ton. Sie weisen eine halbfeste bis feste Konsistenz auf und erreichen Mächtigkeiten von ca. 6,5 bis 9,5 m.

Der Rater Ton ist bei k_f -Werten von 10^{-10} m/s als Grundwassernichtleiter zu bezeichnen. Er bildet eine wirksame hydraulische Trennschicht zwischen dem Grundwasser der liegenden Walsumer Meeressande und dem Grundwasser der hangenden Lintforter Schichten, was sich im Grundwasser nicht zuletzt an

Rater Ton = Grundwassernichtleiter, $k_f = 10^{-10}$ m/s

den deutlichen Potentialdruckdifferenzen von z. T. mehreren Metern bemerkbar macht [31].

Walsumer Meeressande

Unter dem Ratinger Ton folgen die Walsumer Meeressande des Tertiärs. Es handelt sich um ca. 14-16 m mächtige, schwach schluffige bis schluffige, mittelsandige Feinsande. Nach den vorliegenden Untersuchungen fallen die Meeressande mit schwachem Gefälle nach Nordwesten ein.

Die Walsumer Meeressande sind mit k_f -Werten im mittleren 10^{-5} -m/s-Bereich als Grundwasserleiter mit lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung zu bezeichnen. Gemäß [5] bzw. [31] sind im weiteren Umfeld vereinzelt Brunnen für die Eigenversorgung und für Brauchwasserentnahmen (gewerblich-industriell bzw. Feldberegnung) vorhanden, die aller Wahrscheinlichkeit nach aus den Meeressanden fördern.

Walsumer Meeressande Grundwasserleiter mit lediglich lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung

Eine Übersicht über die „Standardabfolge“ der wesentlichen Schichten im Untersuchungsgebiet wird in Abb. 5 gegeben.

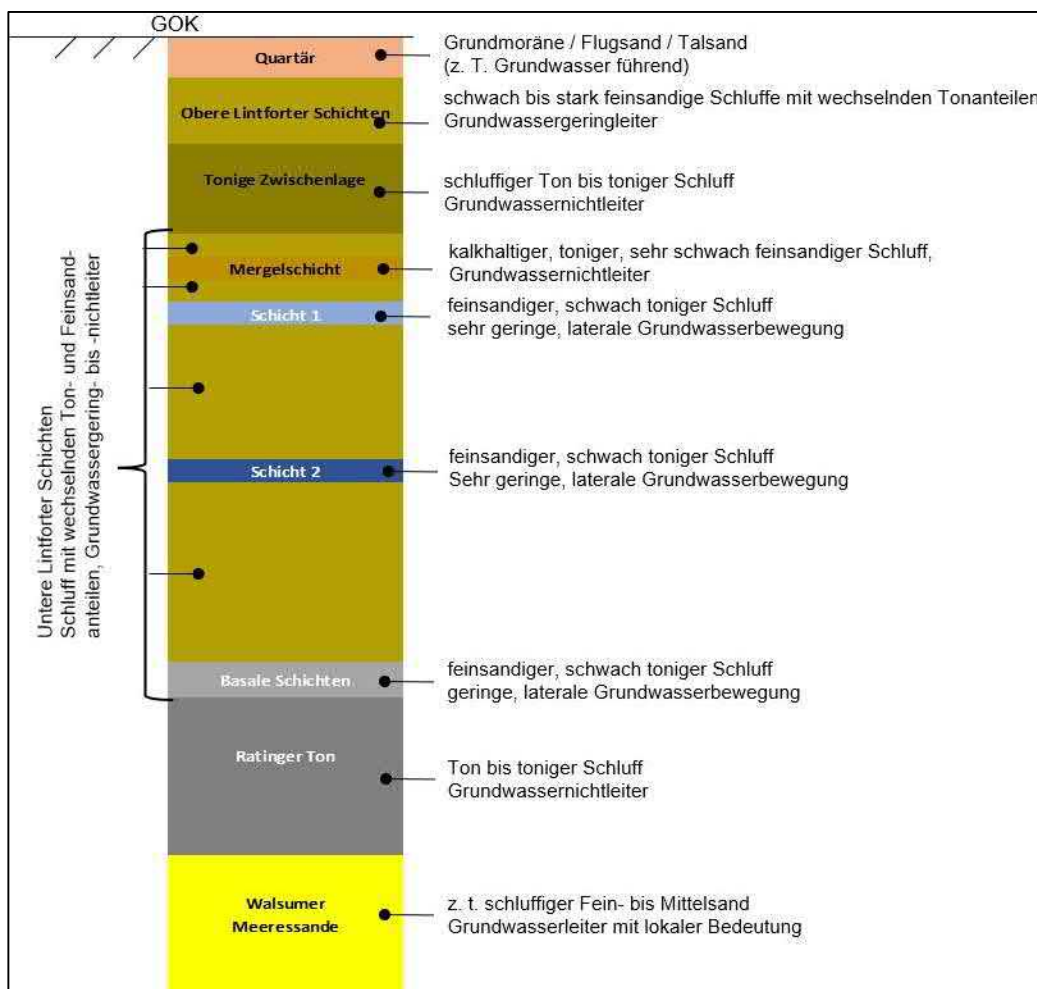


Abb. 5: Standard-Schichtenabfolge im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg, nicht maßstabsgerecht (vgl. Anl. 4)

6.3 Grundwassermessstellenbau 2021 und 2022

Im Rahmen der hydrogeologischen Untersuchungen zur Verfüllung Mühlenberg war insbesondere zu erkunden, ob innerhalb der Lintforter Schichten, insbesondere in den oberen Abschnitten, weitere Horizonte aufgrund ihrer potentiellen Klüftigkeit bzw. ihres Gefüges bzw. ihres Anteils an (Fein-)Sand für eine Grundwasserführung bzw. laterale Grundwasserbewegung und damit für eine Verfrachtung von Sickerwasser aus der Verfüllung heraus oder von Grundwasser in die Verfüllung hinein infrage kommen. Insbesondere die sogenannte Mergelschicht (vgl. [5]), die aufgrund ihres hohen Kalkgehalts und ihrer helleren Farbe sowie ihrer potentiell möglichen Grundwasserführung mehrfach in Bohrungen, Beobachtungen und Gutachten beschrieben wird und daher einen guten „Leithorizont“ darstellt, stand zunächst im Fokus der Untersuchungen.

Es wurden daher insgesamt 10 Bohrungen bzw. Bohrstandorte im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg festgelegt, die zu Grundwassermessstellen ausgebaut wurden. Im Gegensatz zu den schon vorhandenen und in den Basalen Schichten der Lintforter Schichten verfilterten Messstellen (LS¹-Messstellen) werden diese neuen Messstellen „flache Messstellen“ in den Lintforter Schichten (FLS²-Messstellen) genannt. In Abb. 6 ist der aktuelle Bestand an Grundwassermessstellen, Sickerwasserschächten und Sickerwassermessstellen dargestellt.

¹ Lintforter Schichten

² Flache Lintforter Schichten

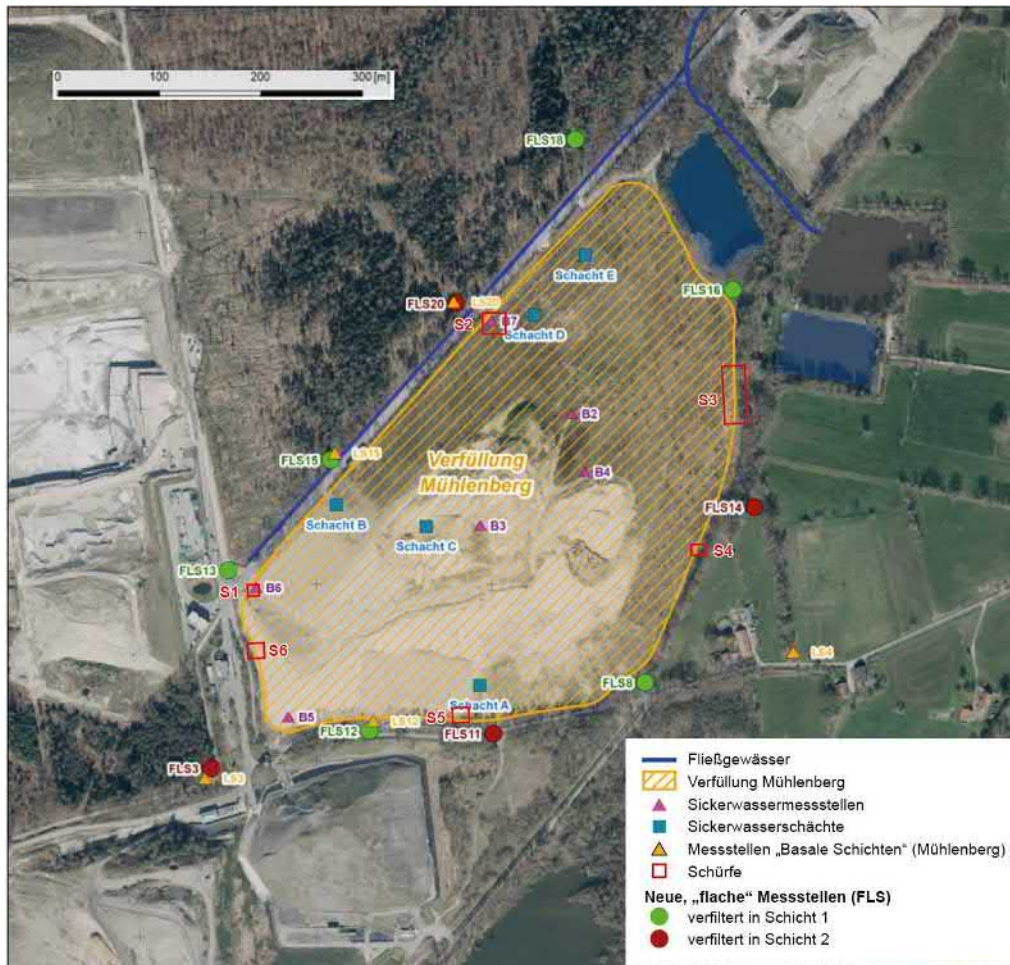


Abb. 6: Lage der Messstellen, Sickerwasserschächte und Sickerwassermessstellen im Bereich der Verfüllung Mühlenberg

Die technischen Details zur Errichtung der Grundwassermessstellen sind in [31] und im entsprechenden Abschnitt des Kapitels 7.3.4 beschrieben. Alle neuen Grundwassermessstellen wurden hinsichtlich ihrer Eignung und der Einhaltung der Vorgaben bezüglich des Ausbaus geprüft und sind technisch einwandfrei.

Ergebnisse der Bohrungen und der begleitenden Aufnahmen und Messungen

Die hellgraue „Mergelschicht“ wurde in allen Bohrungen in Teufen zwischen 5,70 und 13,45 m u. GOK angetroffen und besteht aus stark kalkhaltigem Schluff, tonig, sehr schwach fein-sandig mit Kalkkonkretionen. Die Schicht ist erdfeucht, aber nicht wasserführend. Die Mergelschicht wurde nicht verfiltert, da kein messbarer Wasserfluss anzunehmen war.

Mergelschicht
nicht wasser-
führend

Dagegen wurden zwei Horizonte (Schicht 1 und Schicht 2) anhand der Bohrkerns und der geophysikalischen Auswertungen ermittelt, die grundwasserführend sind. Die zehn neu errichteten Messstellen erschließen alternierend diese Horizonte, die im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg aufgrund der Genese – einer Sedimentationsabfolge von Schluffen und Feinsanden innerhalb toniger

Sedimente durch einen großräumigeren Vorgang wie z. B. Meeresspiegelschwankungen – immer auftreten. Sie erstrecken sich voraussichtlich lateral unterhalb des gesamten Mühlenbergs.

Die Schicht 1 wurde in allen Bohrungen angetroffen, sie liegt 9,05 bis 14,4 m u. Gelände (31,3-39,4 m NHN) und weist Mächtigkeiten zwischen 0,4 und 1,45 m auf. Da die Austonung Mühlenberg bis auf eine Höhe von 30 m NHN reicht, ist sie im Bereich der Austonung/Verfüllung ausgeräumt. Es besteht daher ein hydraulischer Kontakt zwischen den Verfüllungen im Mühlenberg und der Schicht 1. Die Messstellen FLS8, FLS12, FLS13, FLS15, FLS16 und FLS18 sind in dieser Schicht verfiltert (siehe Abb. 6).

Die Schicht 2 liegt 16,4 bis 22,5 m u. Gelände (24,3-32,03 m NHN) und weist Mächtigkeiten zwischen 0,65 und 1,3 m auf. Sie wird durch die Austonung Mühlenberg aller Wahrscheinlich nach nicht angeschnitten. Die Messstellen FLS3, FLS11, FLS14 und FLS20 sind in der Schicht 2 verfiltert (siehe Abb. 6).

Die durchgeführten hydrogeologischen und geophysikalischen Messungen sowie deren Auswertungen haben gezeigt, dass es gelungen ist, gleichzeitig sedimentierte und durch ähnliche hydraulische Eigenschaften charakterisierbare stratigrafische Abschnitte zu erfassen, sodass eine eindeutige Zuordnung der Grundwasserstandsmessungen und der Grundwasseranalysen möglich ist.

6.4 Hydrogeologische Verhältnisse der Lintforter Schichten im nahen Umfeld der Verfüllung Mühlenberg

Schichtenaufbau

Die grundsätzlichen hydrogeologischen Verhältnisse im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg lassen sich wie folgt beschreiben.

Mit den neuen FLS-Messstellen wurden die beiden – nach Auffassung von CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH regional vorkommenden – Schichten (im Folgenden Schicht 1 und Schicht 2 genannt), die für eine potentielle laterale Grundwasserbewegung infrage kommen, erschlossen. Die Basalen Schichten werden durch die LS-Messstellen aufgeschlossen, die bis zur Basis der Lintforter Schichten reichen. Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung werden die Basalen Sande auch als durchgehender Horizont eingestuft, obwohl die Untersuchungsdichte hier nicht ausreicht und die Fließrichtungen nicht abschließend geklärt werden können.

Tab. 6: Charakterisierung der hydrogeologischen Einheiten

Einheit	Höhenlage [m NHN]	Mächtigkeit [m]	Durchlässigkeit [m/s]	hydraulischer Kontakt zum Verfüllkörper	Bemerkung
Schicht 1	ca. 31 bis 39	0,4 bis 1,45	10^{-7}	ja	angeschnitten an der Ostflanke der Austonung Eichenallee; dunkle Verfärbung (leichte Durchfeuchtung, keine Wasseraustritte)
Schicht 2	ca. 24 bis 32	0,65 bis 1,3	10^{-7}	wahrscheinlich nein	Schichtverlauf parallel zu Schicht 1, Abstand 6-8 m
Basale Schichten	ca. 15,4 bis 18,1	> 2 m	$< 10^{-6}$	nein	Schichtverlauf parallel zu Schicht 2, Abstand 10-13 m

Der Schichtaufbau der Lintforter Schichten im Bereich der Verfüllung Mühlenberg wird anhand des folgenden maßstäblichen Profilschnitts West-Ost durch die Verfüllung zusammenfassend und schematisch dargestellt.

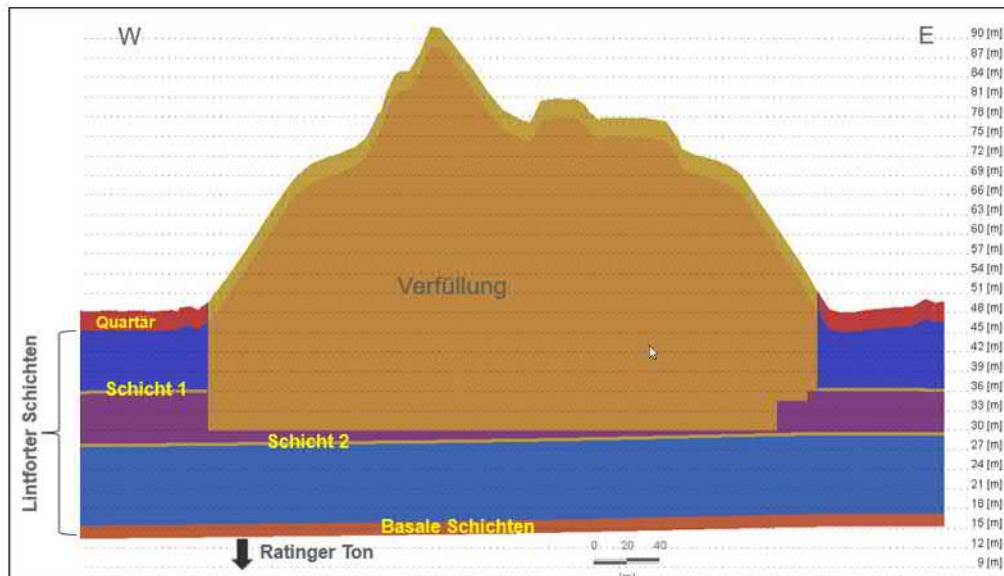


Abb. 7: Profilschnitt West-Ost durch die Verfüllung (Angaben in m NHN)

Standrohrspiegelhöhen und Potentialverhältnisse

Die seit Mitte Dezember 2021 durchgeführten Messungen der Grundwasserstände in den neuen FLS-Messstellen ergaben, dass alle Ganglinien sehr ausgeglichen, gleichsinnig und ohne kurzzeitige Schwankungen verlaufen. Alle zeigen einen jahreszeitlichen bzw. an die klimatische Wasserbilanz gekoppelten Verlauf.

jahreszeitlicher
 Gang in den
 FLS-Mess-
 stellen

Der Vergleich zwischen den Druckniveaus der drei potentiell wasserführenden Schichten ergibt abwärts gerichtete Potentiale (Schicht 1: 40 bis 46 m NN, Schicht 2: 37 bis 40 m NN, Basale Schichten (36 bis 39 m NN). Die Unterschiede liegen bei mehreren Metern zwischen Schicht 1 und 2 und bei 1 bis 2 m zwischen Schicht 2 und den Basalen Schichten.

Die deutlichen, dauerhaften Unterschiede sind ein Beleg dafür, dass es zwischen diesen „wasserführenden Schichten“ sehr gering durchlässige Schichten gibt, die eine vertikale Druckangleichung und damit einen vertikalen Wasseraustausch sehr stark „behindern“ bzw. nahezu unterbinden.

vertikaler Was-
 seraustausch
 zwischen den
 hydraulisch
 relevanten
 Schichten
 nahezu
 unterbunden

Hydrogeologische Verhältnisse und Grundwasserbewegung

Die Messungen der Standrohrspiegelhöhen der Schicht 1 vom März 2022 ergeben ein Grundwasserpotentialgefälle im Bereich des Verfüllungsrandes von Südwesten nach Nordosten. Es gibt aber keinen direkten Grundwasser-Fließweg von Südwesten nach Nordosten, da die Schicht 1 im Bereich der Austonung ausgeräumt ist.

Schicht 1
 Potentialgefälle
 nach Nordosten

In der Schicht 2 ergibt sich eine entgegengesetzte Richtung des Potentialgefälles von Nordosten nach Südwesten. Da nach den bisher vorliegenden Informationen die Schicht 2 durch die Austonung nicht ausgeräumt wurde, ist eine zusammenhängende, wenn auch sehr geringe Grundwasserbewegung in Richtung des Potentialgefälles innerhalb der Schicht 2 möglich. Die Potentialdiffe-

Schicht 2
 Potentialgefälle
 nach
 Südwesten

renz zwischen den beiden Schichten 1 und 2 nimmt von Nordosten (ca. < 1 - 2 m) nach Südwesten (ca. 7-9 m) zu. Auch die unterschiedlichen Grundwasserbewegungsrichtungen belegen, dass die schluffig-tonigen Ablagerungen zwischen den Schichten 1 und 2 eine deutlich geringere hydraulische Durchlässigkeit aufweisen als die beiden Schichten selbst.

Die Basalen Schichten sind im Bereich des Mühlenbergs wahrscheinlich durchgehend vorhanden. In den bisherigen Bohrungen wurden sie in den Messstellen in einer Mächtigkeit von 1,5 bis 3,0 m angetroffen. Die Grundwasserbewegung erfolgt, nach den bisherigen Erkenntnissen, analog zur Schicht 2, von Norden in Richtung der Verfüllung Mühlenberg. Die Basalen Schichten liegen deutlich mehr als 10 m unterhalb der Verfüllung und sind von der Verfüllung durch geringdurchlässige schluffige Tone getrennt. Die Standrohrspiegelhöhen sind allerdings nur im Westen und Süden der Verfüllung durch Messungen belegt. Im Nordosten existieren keine Grundwassermessstellen in den Basalen Schichten.

Basale Schichten Potentialgefälle nach Süden mit Wasserscheide unterhalb Verfüllung

Unterhalb der Verfüllung existiert vermutlich eine etwa Nord-Süd verlaufende Grundwasserscheide, von der aus eine Grundwasserbewegung einerseits in südwestliche und andererseits in südöstliche Richtung erfolgt. Sehr wahrscheinlich spielt eine östlich der Verfüllung anzunehmende Störung bei der südöstlichen Grundwasserbewegung eine Rolle. Die hydraulischen Eigenschaften, der Einfluss auf das Strömungsgeschehen sowie der genaue Verlauf der Störung sind derzeit noch nicht bekannt und werden weiter untersucht.

In Tab. 7 sind die wesentlichen Stammdaten und Verfilterungen der Grundwassermessstellen im Bereich Mühlenberg zusammengefasst.

Tab. 7: Zusammenstellung der Schichtteufen in Bohrungen und Aufschlüssen sowie von Angaben zur Verfilterung der Messstellen

Messstelle	Rechts	Hoch	GOK	Mergelschicht [m NHN]		Schicht 1 [m NHN]		Schicht 2 [m NHN]		Basale Schichten [m NHN]		Filterlage [m NHN]		verfiltert in
				OK	UK	OK	UK	OK	UK	OK	UK	OK	UK	
FLS3	32350680,90	5724990,90	47,40	35,85	35,65	34,00	32,80	25,80	24,80	--	--	25,80	24,80	Schicht 2
LS3	32350673,30	5724979,60	47,20	35,85	35,65	34,00	32,80	25,80	24,80	15,40	13,40	15,40	13,40	Basale Sch.
FLS8	32351174,40	5725088,40	48,70	43,00	42,50	39,40	39,00	32,03		--	--	39,40	38,90	Schicht 1
FLS11	32351001,80	5725029,90	49,05	41,15	40,60	38,75	37,55	29,85	28,85	--	--	29,85	28,85	Schicht 2
FLS12	32350861,10	5725033,60	48,82	38,62	38,42	37,62	36,97	29,03		--	--	37,57	37,07	Schicht 1
LS12	32350865,10	5725044,90	49,10	38,62	38,42	37,62	36,97	29,03		18,10	15,40	17,60	15,60	Basale Sch.
FLS13	32350700,30	5725215,60	50,00	36,55	36,00	35,60	34,80	27,50		--	--	35,60	34,60	Schicht 1
FLS14	32351298,70	5725287,60	46,70	35,65	35,10	32,60	31,25	27,70	26,40	--	--	27,50	26,50	Schicht 1
FLS15	32350816,70	5725341,00	48,70	37,60	37,20	36,70	35,85	27,40		--	--	36,40	35,90	Schicht 2
LS15	32350820,90	5725349,20	48,60	37,60	37,20	36,70	35,85	27,40		17,10	15,60	17,60	15,60	Basale Sch.
FLS16	32351274,10	5725534,40	43,30	34,00	33,60	31,30	30,55	24,30		--	--	31,10	30,60	Schicht 1
FLS18	32351095,20	5725704,60	43,80	37,60	37,20	34,75	34,10	27,40		--	--	34,70	34,20	Schicht 1
FLS20	32350959,70	5725518,90	47,70	38,45	37,90	35,70	34,25	28,55	27,90	--	--	28,45	27,95	Schicht 2
LS20	32350956,50	5725520,80	47,70	38,45	37,90	35,70	34,25	28,55	27,90	17,90	14,90	16,70	14,70	Basale Sch.
Kernb. B2	32350528,40	5725058,40	47,00	33,50	32,65	31,30	30,10	27,50	27,30	--	--	--	--	--
Kernb. B3	32350265,80	5725155,00	45,15	29,65	28,95	27,75	27,45	25,45	--	--	--	--	--	--
SW-Wand	32350234,30	5725172,50	44,53	29,23	28,33	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ost-Wand	ca. 32350625	ca. 5725480	ca. 48,7	ca. 35		ca. 33,7		--	--	--	--	--	--	--

= Schichthöhe aus geophysikalischen Vermessungen abgeleitet, bzw. interpoliert
 SW-Wand = Schichtaufnahme Abbauwand Eichenallee im Südwesten
 Ost-Wand = Schichtaufnahme Abbauwand Eichenallee im Osten

Die sogenannte Mergelschicht innerhalb der Lintforter Schichten stellt hinsichtlich Konsistenz, Farbe und Kalkgehalt einen markanten (Leit-)Horizont dar. Sie wurde mit einer Mächtigkeit zwischen 0,2 und 0,9 m in allen Bohrungen und Aufschlüssen in Teufen zwischen 5,7 und 13,45 m u. Gelände (ca. 34 bis 43 m NHN) angetroffen.

Nach den Bohrbefunden, insbesondere der vorliegenden Bohrkerne, findet innerhalb der Mergelschicht keine laterale Grundwasserbewegung statt.

Anhand der außerhalb des Bereichs Mühlenberg in den Aufnahmen der Abbauwand der Austonung Eichenallee und in zwei weiteren Erkundungsbohrungen erschlossenen Teufen der Mergelschicht lässt sich feststellen, dass die Lintforter Schichten nach Westen mit ca. 1,3 % einfallen. Damit werden die Ergebnisse, die sich aus dem Bohr- und Messstellenprogramm Gartroper Mühlenbach [31] anhand des Höhenverlaufs der Grenze zwischen Lintforter Schichten (Basale Schichten) und Ratinger Ton ergeben, bestätigt (vgl. Kap. 7.3.3).

Im Liegenden der Lintforter Schichten begrenzt der ca. 8 m mächtige Ratinger Ton eine vertikale Grundwasserbewegung wirkungsvoll. Zwischen den Walsumer Meeressanden im Liegenden des Ratinger Tons und den Basalen Schichten im Hangenden des Ratinger Tons existiert ein sehr starker vertikaler Druck-Gradient, der sich nur bei einer sehr wirkungsvollen Trennung von Grundwasserhorizonten ausbilden kann. So beträgt der Druck-Gradient im Bereich der Messstelle LS15 (Basale Schichten)/WMS15 (Walsumer Meeressande) ca. – 7 m.

Aufgrund der Konsistenz und der abdichtenden Wirkung des Ratinger Tons ist es äußerst unwahrscheinlich, dass im Bereich der Verfüllung Mühlenberg Grundwasser aus den Basalen Schichten den Ratinger Ton durchsickert und in die Walsumer Meeressande eindringt. Daher ist der Ratinger Ton als Liegend-Grenze für die Untersuchungen des Grundwassersystems im Bereich Mühlenberg anzusehen.

Ratinger Ton
Liegend-
Grenze für Un-
tersuchungen

Die Verfüllung der Austonung ist hinsichtlich des Materials, der Dichte und der hydraulischen Eigenschaften sehr heterogen zusammengesetzt, so dass sich lokal unterschiedliche Druckniveaus des Sickerwassers ergeben. Bezogen auf den Maßstab des gesamten Verfüllkörpers kann aber von einer hydraulischen „Vernetzung“ der Sickerwasservorkommen ausgegangen werden.

Aus den vorliegenden Untersuchungen und Messungen lässt sich eine Systemvorstellung zum (hydro-)geologischen Aufbau des Untergrundes im Bereich der Verfüllung Mühlenberg herleiten, die in zwei vertikalen, schematisierten Profilschnitten dargestellt wird (Süd-Nord-Profilschnitt: Abb. 8, West-Ost-Schnitt: Abb. 9).

plausible
System-
vorstellung
ableitbar

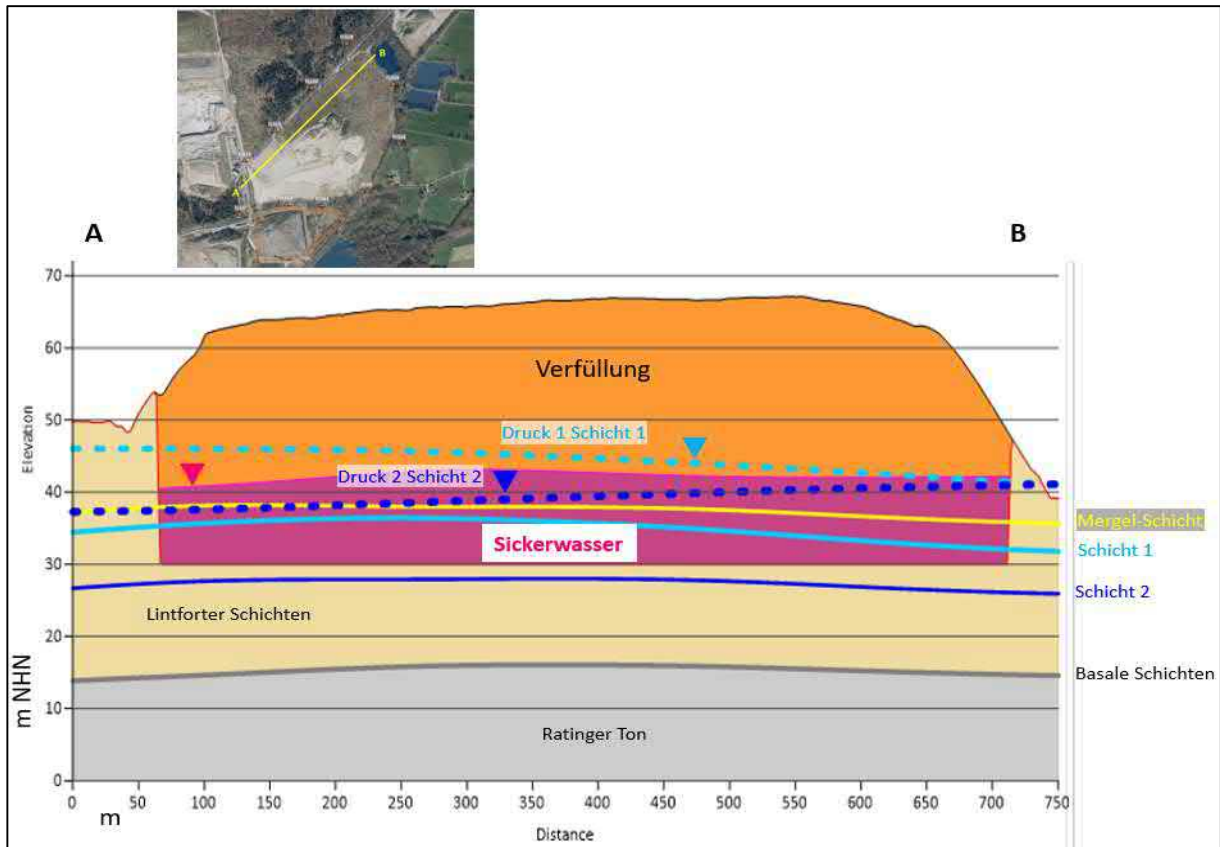


Abb. 8: Schematischer Süd-Nord-Profilschnitt

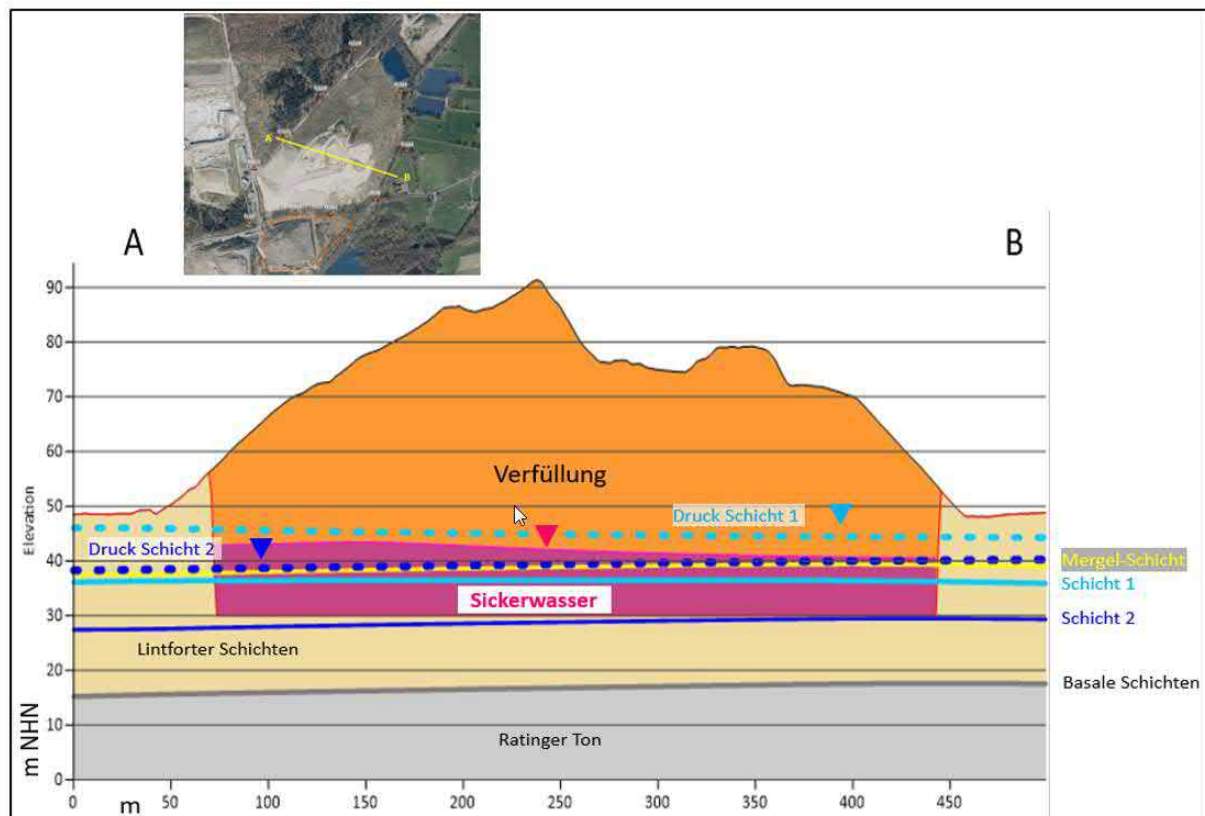


Abb. 9: Schematischer West-Ost-Profilschnitt

In den maßstäblichen Profilen sind die Schichtverläufe und Lagerungsverhältnisse der Mergelschicht (gelb), der Schicht 1 (hellblau), der Schicht 2 (dunkelblau), der Basalen Schichten (grau) sowie die Standrohrspiegelhöhen (Druckhöhen) der Schicht 1 (hellblau gestrichelt) und der Schicht 2 (dunkelblau gestrichelt) dargestellt. Zusätzlich wird eine angenommene Höhe des Sickerwasserspiegels (ca. 40 bis 43 m NHN, violett) in der Verfüllung (orange) eingetragen. Zur besseren Darstellung der Höhenverhältnisse werden die Linien des Schichtverlaufs der Schicht 1 sowie der Druckhöhe innerhalb der Verfüllung interpoliert und „durchgezogen“. In der Realität ist die Schicht 1 im Bereich der Verfüllung ausgeräumt und damit auch die Druckhöhe der Schicht 1 hier nicht existent.

In den Profilschnitten werden die bereits getätigten Aussagen nochmals visualisiert:

- Die Schicht 1 ist im Bereich der Verfüllung bei einer angesetzten Austo-
nungstiefe von 30 m NHN (im Südosten 35 m NHN) ausgeräumt.
- Die hydraulische Druckhöhe der Schicht 1 liegt verbreitet über dem ange-
setzten Sickerwasserstand in der Verfüllung. Damit kann potentiell Grund-
wasser in die Verfüllung eindringen. Lediglich im Norden liegt die Druckhöhe
unter dem Sickerwasser-Niveau. Hier kann potentiell Sickerwasser lateral
in die Schicht 1 eindringen.
- Die Schicht 2 liegt unterhalb der Verfüllung und wird durch diese nicht an-
geschnitten.
- Die hydraulische Druckhöhe der Schicht 2 liegt verbreitet unter dem ange-
setzten Sickerwasserstand in der Verfüllung. Damit kann potentiell Sicker-
wasser in die Schicht 2 eindringen, muss dazu aber die Basis der Verfüllung
sowie Abschnitte der sehr geringleitenden Lintforter Schichten durchsi-
ckern.
- Die hydraulische Potentialdifferenz zwischen den Schichten 1 und 2 ist im
Süden am größten (über -8 m) und nimmt nach Norden hin bis auf weniger
als -1 m ab. Eine hydraulische Verbindung der beiden Schichten ist im Nor-
den aber nicht vorhanden, sie verlaufen auch hier mit einem Abstand von
ca. 6 m nahezu parallel.
- Die Basalen Schichten liegen ca. 10 bis 13 m tiefer als die Schicht 2. Wie
beschrieben besteht zwischen der Schicht 2 und den Basalen Schichten
eine hydraulische Potentialdifferenz von -0,5 bis -0,7 m. Potentiell kann
Grundwasser von der Schicht 2 in die Basalen Schichten sickern, muss da-
bei allerdings ca. 10 m mächtige tonige, schluffige und sehr gering leitenden
Lagen der Lintforter Schichten überwinden.

7 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN GEMÄß ARBEITSPLAN

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Arbeitsplanes werden in den folgenden Unterkapiteln mit den einzelnen Untersuchungsschritten gem. Tab. 3 dargestellt. Die jeweils genannten Nummern der einzelnen Schritte beziehen sich dabei zur besseren Nachvollziehbarkeit auf die Nummerierungen des Arbeitsplanes und der hier definierten Arbeitspakete.

7.1 Überprüfung/Nachweis eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben (AP 1)

Zur Überprüfung bzw. zum Nachweis eines Sickerwasseraustritts in die Randgräben aus der Verfüllung heraus wurden Untersuchungen durchgeführt, die im Folgenden genannt und hinsichtlich der Ergebnisse bewertet werden.

Die Teilaufgaben

- „Profil des Randgrabens vermessen“ und „digitales Höhenmodell erstellen“ (AP 1.1) und
- Herstellung einer geplanten Gefällesituation (AP 1.2)

wurden vollständig ausgeführt. Eine Bestandsvermessung wird derzeit noch erstellt. Die Auswertung der vorgelegten Dokumentationen und der abschließenden Bewertung sind nicht Gegenstand der Gefährdungsabschätzung. Die Prüfung der Dokumentation erfolgt in einem separaten Arbeitsschritt. Die Prüfung ist nicht Gegenstand der Gefährdungsabschätzung.

Die Teilaufgaben

- Errichtung und Einmessung von Abflusswehren (AP 1.3) und
- alternativer Einsatz einer Wasserbeprobung und Untersuchung (AP 1.6) sowie
- Beprobung des Sediments (quartalsweise), hinter den Wehren (AP 1.7)

wurden im Rahmen der Bearbeitung des Arbeitsplanes und auf der Grundlage der Ergebnisse der Aufgaben AP 1.4 und AP 1.5 einvernehmlich in der Koordinierungsgruppe als nicht notwendig erachtet, da im Rahmen der Untersuchungen der AP 1.4 und AP 1.5 keine Sickerwasserübertritte in den Randgräben festgestellt wurden und der Randgraben für eine fachgerechte Probenahme nicht ausreichend wasserführend war. Die Wehre wurden nicht errichtet, Beprobungen des Sediments wurden nicht durchgeführt.

Die Teilaufgaben

- systematische Begehung bei Trockenwetter mit Bestimmung der Vor-Ort-Parameter (AP 1.4) und
- systematische Begehung bei Dauerfrost (AP 1.5)

wurden ausgeführt, die Ergebnisse sind in den Berichten/Aktenvermerken (vgl. Dok. 1) dokumentiert.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass bei den Begehungen keine Auffälligkeiten und Nachweise für einen Sickerwasserübertritt in die Randgräben festgestellt worden sind.

Dieses wird durch die Ergebnisse der weiteren Arbeitsschritte (AP 2.2.1 (Schürfe), AP 2.2.2 (Sickerwassermessstellen) und N1 (Ermittlung der Ruhewasserspiegel an den Sickerwasserfassungselementen) bestätigt, bei denen sowohl hydraulisch als auch unter der Berücksichtigung der Vor-Ort-Messungen im Randgraben keine Übertritte von Sickerwasser aus der Verfüllung festgestellt wurden.

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.1

Hinweise auf Sickerwasseraustritte aus der Verfüllung in den umlaufenden Randgräben wurden in den aktuellen Untersuchungen nicht festgestellt und sind nach aktuellem Kenntnisstand zukünftig auch nicht zu erwarten; das gilt unter der Voraussetzung, dass der Sickerwasserspiegel durch eine ausreichende Entnahme aus den Sickerwasserfassungsbauwerken auf einem Niveau unterhalb der Randgräben gehalten werden kann und die Abdichtungssysteme ordnungsgemäß funktionieren.

keine Sickerwasseraustritte in den Randgräben

Die in den Sickerwassermessstellen B5 bis B7 nachgewiesenen schwebenden Sickerwasserhorizonte sind kleinräumig begrenzt und haben ein geringes Nachlieferungspotential (vgl. Kap. 7.7.1.3).

Die Auffälligkeiten in dem südlichen Randgraben (Eisenhäutchen und Rotverfärbung, Leitfähigkeiten) in dem Randgraben stammen voraussichtlich von den für den Wegebau verwendeten Materialien (eisenschüssige Materialien, u. a. Wegebau-schlacke) im Bereich zwischen Oberflächenabdichtung und Randgräben sowie von dem zur Abdichtung verwendeten geogenen Ton. Die Wegebau-schlacken wurden nach Aussagen der Betreiberin bereits oder werden noch vollständig zurückgebaut und durch natürliches Material ersetzt.

7.2 Untersuchungen zur hydraulischen Wirkung der Zwischenabdichtung (AP 2)

Die Untersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, unterirdische Strukturen wie die vermutete Zwischenabdichtung oder die Randabdichtung nachweisen zu können. Weiterhin bestand die Vermutung, dass die Einbindung der Randabdichtung an die Oberflächenabdichtung sowie in das anstehende Gestein nicht gegeben ist. (vgl. AP 5).

Die Teilaufgabe

- Geoelektrische Messungen am Fuß der Verfüllung (AP 2.1)

wurde vollständig ausgeführt. Zusätzlich wurden geoelektrische Messungen über den gesamten Verfüllkörper und Messungen mittels Georadar³ durchgeführt.

Die Messungen wurden mit einem RTK-DGPS⁴ verortet.

Insgesamt wurden sieben Profillinien vermessen. Entlang von fünf kürzeren Profilen am Fuß des Mühlenbergs sollte geprüft werden, ob sich mit Geoelektrik oder Georadar Abdichtungselemente am Rand der Verfüllung ausfindig machen lassen. Dazu wurden Geoelektrik-Profile mit einem Sondenabstand von 1 m und parallel dazu Georadar-Profile aufgenommen. Die parallel zu den geoelektrischen Messungen aufgenommenen Georadarprofile waren stark geländeabhängig und variieren daher in Länge und Anzahl.

Zusätzlich wurden zwei lange Geoelektrik-Profile über den gesamten Mühlenberg gelegt.

Die Ergebnisse sind in [20] dokumentiert. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die genutzten geophysikalischen Methoden nicht geeignet sind, in genügend großer Detailliertheit für die Aussage relevante Strukturen mit ausreichend großer Sicherheit zu detektieren. Die bei der Auswertung auftretenden Artefakte und die interpretatorischen Unsicherheiten sind erheblich.

Die Profile zeigen zwar unter der Geländeoberfläche eine etwa 1 bis 2 m mächtige Schicht (vermutlich Ton) an, in größerer Tiefe sind jedoch keine auswertbaren und plausibel zuordenbaren Strukturen erkennbar. Der nieder-ohmige Bereich unterhalb der Deckschichten könnte den ungesättigten Bereich der Verfüllung anzeigen, allerdings sind die Ergebnisse insgesamt mit den bekannten Daten der Verfüllung (Tiefenlage und Erstreckung) nicht plausibel in Einklang zu bringen.

Die Teilaufgabe „Erkundung der Zwischenabdichtung und Errichtung von Sickerwassermessstellen“ (AP 2.1) ist in die folgenden Teilbearbeitungsschritte gegliedert, deren Ergebnisse jeweils im Folgenden beschrieben werden:

- Durchführung von Baggerschürfen (Querprofile) (AP 2.2.1)

Zwischen 14.04.2021 und 26.08.2021 wurden insgesamt 6 Baggerschürfe errichtet, aufgenommen, vermessen und wieder verfüllt. Der zusätzliche Schurf (Schurf 6) im Südwesten wurde wegen der Ergebnisse aus Schurf 1 und Schurf 5 für notwendig erachtet. Die Ergebnisse sind in den in der Koordinierungsgruppe abgestimmten Aktenvermerken ([13], [14], [15], [17], [21], [22], vgl. Dok. 5) dokumentiert. Zusammenfassend sind für die angelegten Schürfe die folgenden Ergebnisse festzustellen (vgl. Tab. 8).

³ Ein Georadar, engl. Ground Penetrating Radar (GPR) oder Radio Echo Sounding (RES), erlaubt die zerstörungsfreie Charakterisierung des Untergrundes mit hochfrequenten elektromagnetischen Wellen.

⁴ Die Echtzeitkinematik (englisch **R**eal **T**ime **K**inematic, RTK) ist ein Verfahren in der Geodäsie zur präzisen Bestimmung von Positionskoordinaten mit Methoden der Satellitennavigation (DGPS **D**ifferential **G**lobal **P**ositioning **S**ystem). Es wird zum Aufmessen oder Abstecken von Punkten mit Hilfe satellitengestützter Navigationssysteme verwendet.

Tab. 8: Ergebnisse der Schurfuntersuchungen

Bezeichnung	Lage	Tonkeil vorhanden	Tonkeil eingebunden in den Untergrund	Fuge zwischen Tonkeil und Oberflächenabdichtung	Sickerwassermessstelle errichtet	alte Oberflächenabdichtung (Zwischenabdichtung)	Sickerwasseraustritt Randgraben	
							nachgewiesen	Niveau des Sickerwasserspiegels oberhalb des Niveaus der Randgrabensohle
Schurf 1	SW	ja	ja	nein	B6	Nein Sickerwasseraustritte auf Stauern beobachtet, Nachlauf gering	nein	ja
Schurf 2	NW	ja	ja	nein	B7	nein	nein	nein
Schurf 3	NE	ja	ja	nein	trocken, nein	nein	kein Randgraben	entfällt
Schurf 4	E	ja, Breite teilweise gering, mit Schlackennest	Endteufe nicht erreicht	bereichsweise nicht ordnungsgemäß angebunden	sehr geringer Nachlauf	ggf. alte Lehmschicht, unsicher	nein	ja, aber kein Sickerwasser angetroffen
Schurf 5	S	ja	Endteufe nicht erreicht	keine ordnungsgemäße Anbindung	nein	nein	nein	ja, aber kein Sickerwasser angetroffen
Schurf 6	SW	ja	Endteufe nicht erreicht	nein	nein	nein	nein	nein kein Sickerwasser angetroffen
Suchschurf Leitungsdefekt	S	entfällt	entfällt	entfällt	B5	entfällt	entfällt	entfällt

Die Untersuchungsschritte

- Errichtung von zwei Messstellen auf der Zwischenabdichtung (AP 2.2.2),
- Einmessung der Sickerwassermessstellen (AP 2.2.3),
- Kontrollmessungen des sich einstellenden Sickerwasserspiegels (Einbau Datenlogger (AP 2.2.4),
- Probenahme und Analytik (AP 2.2.5)

sind entfallen, da mit Ausnahme des Bereichs Schurf 4 keine als Zwischenabdichtung ansprechbare Schicht aufgefunden wurde. Der Nachlauf im Bereich Schurf 4 war so gering, dass auf die Errichtung einer Sickerwassermessstelle in diesem Bereich verzichtet worden ist.

In den Schürfen, in denen Sickerwasser angetroffen wurde, sind entsprechende Sickerwassermessstellen (vgl. Tab. 8) eingerichtet und eingemessen worden. Sie erfassen „schwebendes“ Sickerwasser.

Arbeitshypothese ist, dass der tiefe Teil der Verfüllung komplett mit Sickerwasser eingestaut ist und sich hier ein durchgehender Sickerwasserspiegel einstellt. Dieses Sickerwasser würde von den Schächten A bis E erfasst werden.

Unter schwebendem Sickerwasser wird im Unterschied hierzu verstanden, dass in höheren Lagen der Verfüllung einzelne, mehr oder weniger isolierte Sickerwasservorkommen existieren, aus denen nur sehr langsam das Sickerwasser nach unten absickert.

Im Südwesten der Verfüllung wurde bei einer Aufgrabung aufgrund eines Leitungsschadens am 26.02.2021 eine weitere Sickerwassermessstelle DN125 (B5) errichtet. Eine Aufnahme des Grabungsprofils erfolgte aufgrund der kurzfristigen Reparatur nicht.

In den Sickerwassermessstellen wurden Datenlogger zur Erfassung der Sickerwasserspiegel eingerichtet. Im Anschluss wurden Beprobungen und Untersuchungen an den Sickerwassermessstellen durchgeführt.

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.2

Falls eine Zwischenabdichtung eingebaut worden ist, ist sie nur noch lokal nachweisbar (Schurf 4). Eine relevante hydraulische Wirksamkeit im Hinblick auf sich ansammelndes und dann potentiell in den Randgraben austretendes Sickerwasser wurde nicht beobachtet und ist auch nicht zu erwarten, da der in den Schürfen beobachtete Nachlauf gering war und innerhalb kurzer Zeit deutlich nachließ.

keine Hinweise auf flächen-deckende Zwischenabdichtung

Der Tonkeil wies an einer Stelle (Schurf 4) Mängel in Form von nachgefallenem Auffüllungsmaterial in einem Teilbereich des Tonkeils auf. Die Dichtigkeit war aber wegen einer ausreichend großen Restdicke des Keils (größer 0,5 m) nicht beeinträchtigt.

Tonkeil geringfügig beeinträchtigt

Der Anschluss der Oberflächenabdichtung an den Tonkeil ist im Süden/Südosten (Schurf 4 und 5) nicht vollständig ausgeführt. Da dort jedoch kein Sickerwasser angetroffen wurde, besteht hier bei der angetroffenen Situation zwar keine Gefährdung durch austretendes Sickerwasser. Trotzdem ist dieser Bereich bautechnisch zu sanieren. Der Anschluss der mineralischen Dichtung des Oberflächenabdichtungssystems an den Tonkeil ist durch Baumaßnahmen nachweislich herzustellen.

Oberflächen-
anschluss
nicht ordnungs-
gemäß
in 2 Bereichen

Die Ergebnisse der Sickerwasserstandsbeobachtungen (Auftreten von schwebenden Sickerwasserhorizonten mit nur wenig variierenden Sickerwasserspiegeln) lassen sich wie folgt bewerten:

Die geringen Schwankungen der Sickerwasserganglinien und das gleichbleibende Niveau zeigen, dass in den mittels der Schürfe temporär aufgeschlossenen Bereichen lokale Sickerwasserhorizonte auftreten können, die lediglich geringe Ergiebigkeiten (Pumpversuch an B5) bzw. einen geringen Nachlauf haben (vgl. Kap. 0).

7.3 Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten (AP 3)

Die wesentlichen Erkenntnisse der Untersuchungen des Arbeitspaketes 3 hinsichtlich der Geologie und Hydrogeologie des Untergrundes sind bereits in Kapitel 6.2 sowie in [29] (vgl. Anl. 4) beschrieben und dargestellt.

Alle Untersuchungen inkl. der ggf. erforderlichen Modellierung gemäß Arbeitsplan wurden vollständig umgesetzt und ausgewertet. Zusätzlich wurden Untersuchungen zur Klärung der Auffälligkeiten in der FLS16 sowie bezüglich des Adsorptionsvermögens der Lintforter Schichten durchgeführt (N1).

Die Kernaussagen im Hinblick auf die Gefährdungsabschätzung zu den im Arbeitsplan genannten Teilaufgaben sind wie folgt:

7.3.1 Literaturrecherche zu Feinsandlagen und Mergelschicht (AP 3.1)

Die Teilaufgabe (AP 3.1) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen.

Die gesichtete Diplomarbeit von SCHENK, N. (1998 [1]) enthält detaillierte Beschreibungen der Fazies und der Genese der Lintforter Schichten. Das Untersuchungsgebiet liegt allerdings östlich und südlich des Standorts Mühlenberg. Zusätzliche wesentliche Erkenntnisse für den Standort Mühlenberg, insbesondere zur „Mergelschicht“ und zur lokalen Wasserführung in einzelnen Schichtabschnitten, lassen sich aus der Diplomarbeit jedoch nicht ableiten.

Diplomarbeit
ergibt keine
neuen
Erkenntnisse
zur Mergel-
schicht und
Wasserführung

7.3.2 Feinstratigrafische Aufnahme der Tongrube Eichenallee und Bewertung (AP 3.2)

Die Teilaufgabe (AP 3.2) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen.

Die Profilaufnahme erfolgte am 20.05.2021. Das aufgenommene Schichtenprofil ist in [29] dokumentiert. Die gemäß [5] detaillierter zu betrachtende „Mergelschicht“ wurde angetroffen und in Augenschein genommen. Sie trat als fester, trockener Ton oder toniger Schluff auf. Offenliegend bildeten sich schmale Trockenrisse und die Restfeuchte wurde langsam abgeführt. Im frischen Anschnitt war das Material sehr dicht gelagert und zeigte nur sehr geringe Feuchtigkeit. Es lag keine nennenswerte Plastizität vor, das Material war eher bröckelig. In einigen Aufschlüssen war der Übergang zum Verfestigen/Festgestein schon sichtbar.

An wenigen Stellen traten feuchte und nasse Stellen innerhalb der Schluffe und Tone der Lintforter Schichten auf. Teilweise rannen geringe Mengen Schichtenwasser aus der frisch angeschnittenen Wand, die aber anschließend sehr rasch versiegen. In der Grube waren an den anderen Wänden immer wieder feuchte oder leicht vernässte Zonen zu erkennen. Sie zeigten jedoch keine ausgeprägten Zusammenhänge oder parallelisierbaren Schichten, sondern sind eher als lokale Vorkommen (Linsen) zu interpretieren.

Die im Rahmen der weiteren Bearbeitung relevanten Schichtglieder der FLS1 und FLS2 waren an der Südwestwand der Eichenallee nicht aufgeschlossen, da sie von der Tiefenlage her unterhalb der Abbausohle der Tongrube Eichenallee liegen.

In Abb. 10 ist das Schichtenprofil der Abbauwand Südwest (Eichenallee) dargestellt. Das Profil erstreckt sich über eine Höhe von insgesamt 16,2 m und endet in einem Schurf etwa 0,8 m unter der Grubensohle.

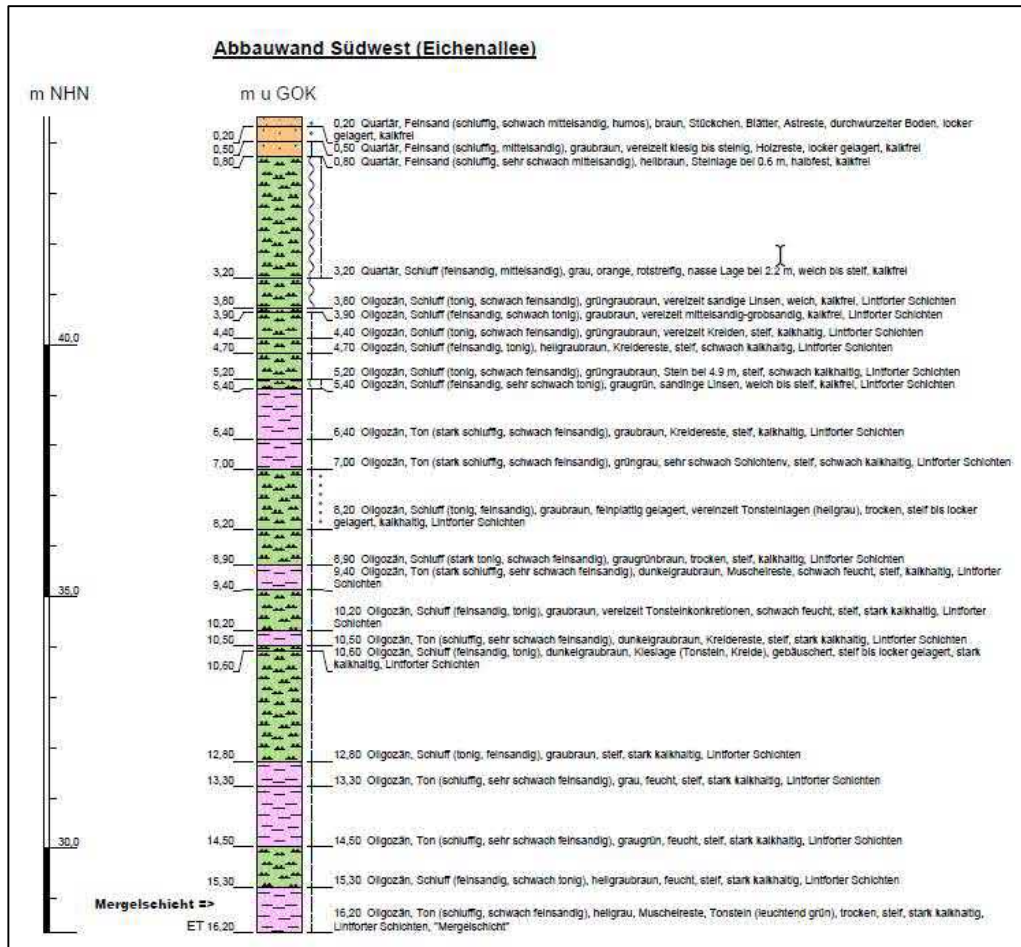


Abb. 10: Schichtenprofil der Abbauwand Südwest (Eichenallee) (vgl. Anl. 4, siehe hier Anl. 3.1 [29])

Eine weitere Profilaufnahme an der östlichen, der Verfüllung Mühlenberg zugewandten Grubenwand kam aus Gründen der Arbeitssicherheit zum Zeitpunkt der Geländeaufnahmen nicht infrage. Hier sind die Mergelschicht und Schicht 1 in der Ostflanke der Austonung Eichenallee angeschnitten worden (vgl. Abb. 11). Im Anschnitt war die Schicht 1 als dauerhaft leicht feucht ohne erkennbare Wasseraustritte im engeren Sinne und mit Pflanzenwuchs erkennbar.

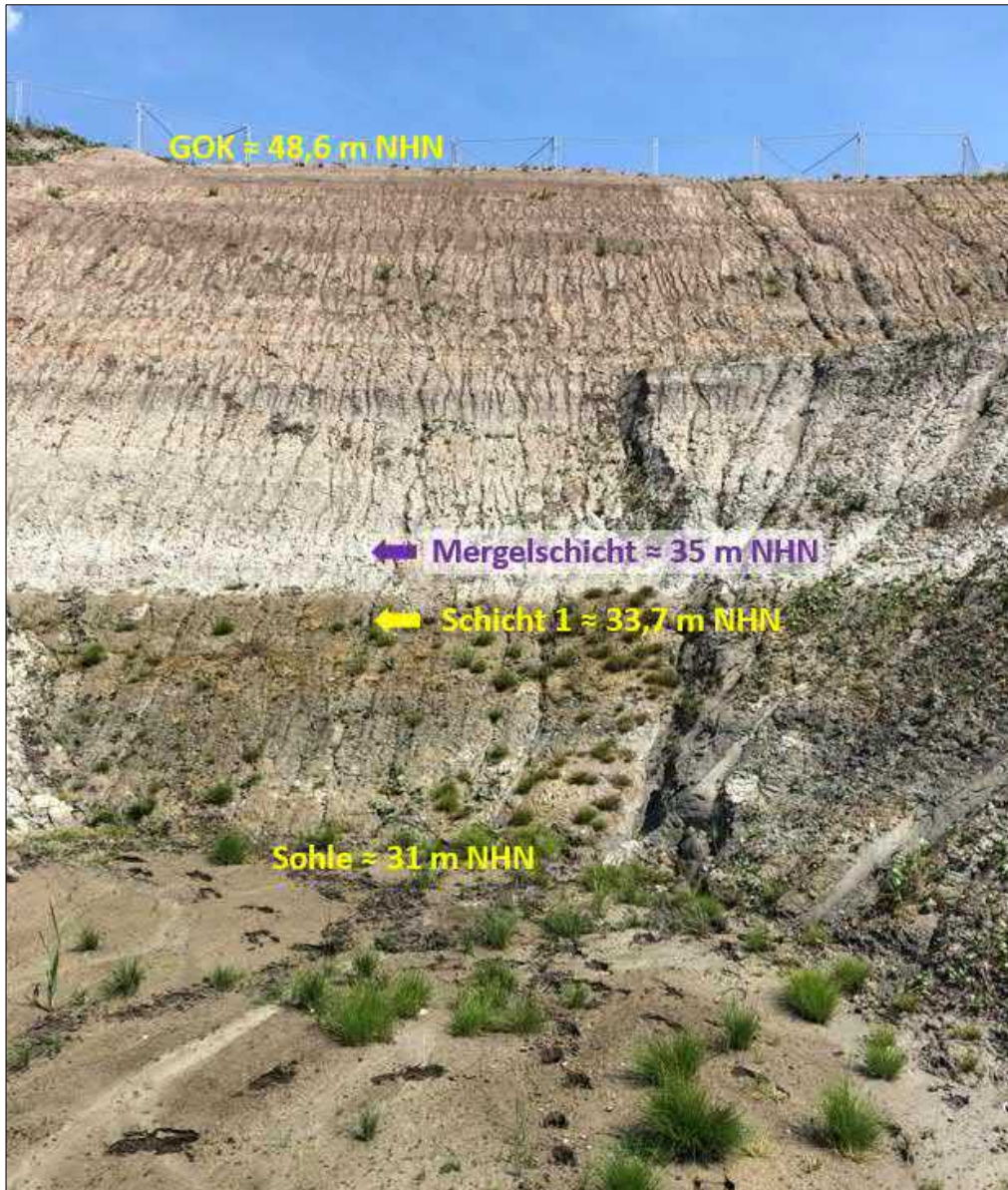


Abb. 11: Aufnahme der östlichen Grubenwand des Tonabbaus Eichenallee vom 18.05.2022, Blick nach Osten

7.3.3 Weitergehende geologische Untersuchungen (Kernbohrungen) (AP 3.3)

Die Teilaufgabe (AP 3.3) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen.

Die vorhandenen Bohrkern von zwei Erkundungsbohrungen (Eichenallee) wurden am 10.03.2021 aufgenommen. Sowohl die Mergellage als auch die Schichten 1 und 2 wurden identifiziert. Anhand der Teufenvergleiche lässt sich ein Einfallen der Lintforter Schichten mit 1,3 % nach Westen ableiten. Weitere Erkenntnisse wurden nicht gewonnen.

7.3.4 Neue GW-Messstellen mit einer Verfilterung in den Feinsandlagen und der Mergelschicht (AP 3.4)

Die Teilaufgabe (AP 3.4) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen.

Es wurden insgesamt 10 neue Grundwassermessstellen in den Schichten 1 und 2 errichtet. Die Bohr- und Ausbauarbeiten zur Errichtung der neuen Grundwassermessstellen wurden in der 50. KW 2021 abgeschlossen. Nach Fertigstellung der Messstellen erfolgte das Klarpumpen/Reinigen.

In den Bohrungen wurden sowohl die Mergelschicht als auch die Schichten 1 und 2 sicher angetroffen und nachgewiesen. Die Mergelschicht wurde nicht ausgebaut, da keine Wasserführung festzustellen war. Im Rahmen der Abstimmung des Gutachterworkshops am 09.07.2021 wurde festgelegt, dass die Grundwassermessstellen alternierend in den Schichten 1 und 2 ausgebaut werden und für weitere Tests genutzt werden sollen.

Die Bohrungen wurden im Liner-Verfahren gekernt und zusätzlich geophysikalisch im offenen Bohrloch vermessen. Nach Aufweitung des Bohrlochs auf 244 mm Durchmesser wurden die Bohrungen mit Voll- und Filterrohren DN65 (ABDI) ausgebaut. Die Filterrohrlänge beträgt für eine schichtgenaue Verfilterung 0,5 bis 1,0 m.

Der Messstellen-Ausbau wurde anhand von geophysikalischen Kontroll-Vermessungen überprüft. Alle Messstellen wurden entsprechend den Vorgaben ausgebaut und sind somit für die weiteren Untersuchungen geeignet.

Ausbau von
10 Grundwas-
sermessstellen
alternierend in
den Schichten
1 und 2

7.3.5 Hydraulische Tests (AP 3.5)

Die Teilaufgabe (AP 3.5) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen.

Es wurden sowohl Auffüllversuche (November/Dezember 2021) als auch Slug-Bail-Tests (März 2022) durchgeführt und ausgewertet.

Bei den Auffüllversuchen ergaben sich k_f -Werte überwiegend im mittleren 10^{-7} m/s-Bereich, die anhand der Bohrbefunde als plausibel eingestuft wurden.

Die ermittelten Werte der Slug-Bail-Tests schwanken zwischen $2 \cdot 10^{-6}$ m/s und $3 \cdot 10^{-7}$ m/s. Sie liegen in der nach Bohrergebnissen zu erwartenden und damit plausiblen Größenordnung.

Eine raum- oder schichtbezogene Gliederung der Größenordnungen der Durchlässigkeiten ergibt sich nicht.

7.3.6 Untersuchung des Grundwassers auf Tritium zur Altersbestimmung (AP 3.6) sowie weitere hydrochemische Untersuchungen optional

Die optionale Teilaufgabe (AP 3.6) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen. Die ergänzend durchgeführten hydrochemischen Untersuchungen an den neu errichteten FLS-Messstellen werden hier ebenfalls beschrieben.

Das Grundwasser an den zehn neu errichteten FLS-Messstellen wurde am 08.03.2022 bzw. 09.03.2022 sowie am 12.05.2022 bzw. 13.05.2022 beprobt. Ergänzend hierzu wurde in den Messstellen FLS13 und FLS16 sowie in den Sickerwasserschächten A, C und D am 12.08.2022 eine weitere Beprobung durchgeführt.

Hauptparameter

In der Grundwasserbeschaffenheit gibt es bei den Hauptparametern (Chlorid, Sulfat etc.) des Grundwassers zwischen der Schicht 1 und der Schicht 2 keine wesentlichen Unterschiede. Anhand der Ergebnisse der zwei vorliegenden Probenahmen im März und Mai 2022 sind aufgrund von teilweise sprunghaften Konzentrationsänderungen keine Entwicklungen oder Trends abzulesen. In der FLS16 wurden erhöhte Sulfatkonzentrationen festgestellt (vgl. Kap. 7.3.8).

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zu den Hauptparametern ergeben sich keine eindeutigen Hinweise auf einen Einfluss durch das Sickerwasser der Verfüllung auf die Grundwasserbeschaffenheit.

Organische Inhaltsstoffe

Die Summe der BTEX (aromatische Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole) wurde außer im Grundwasser der FLS20 im März 2022 (300 µg/l)⁵ nicht nachgewiesen (n.n.). Auch die Einzelparameter liegen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Im Sickerwasser beträgt dagegen die mittlere Summe der BTEX im Zeitraum 2015 bis 2021 5,2 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 0,25 mg/l (Sickerwasserschächte).

Die Einzelsubstanzen und die Summe der PAKs wurde im Grundwasser keiner Messstelle nachgewiesen. Im Sickerwasser liegt dagegen die mittlere Summe der PAKs im Zeitraum 2015 bis 2021 bei 0,79 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 0,25 µg/l (Sickerwasserschächte).

Die Analysenwerte der Parameter Kohlenwasserstoffe und der Phenolindex lagen im Grundwasser unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen bzw. wurden nicht nachgewiesen.

Die Analytik der organischen Inhaltsstoffe gibt keine Hinweise auf eine Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung.

Schwermetalle

Wie bei den Hauptparametern treten auch bei den Schwermetallkonzentrationen sprunghafte Konzentrationsänderungen zwischen den beiden Probenahmekampagnen auf. Nach nur zwei Probenahmen sind erwartungsgemäß keine eindeutigen Entwicklungen oder Trends abzulesen. Weiterhin sind keine deutlichen Unterschiede in der Grundwasserbeschaffenheit zwischen der Schicht 1 und der Schicht 2 erkennbar.

⁵ Wahrscheinlich Querkontamination/Verschleppung bei der Probenahme.

Die jeweiligen GFS-Werte der LAWA der Parameter Arsen, Blei, Cadmium, Chrom ges., Kupfer, Nickel und Zink werden an einigen Messstellen überschritten. Weiterhin fällt auf, dass am südlichen Rand der Verfüllung in der **Schicht 1** (FLS12) und der Schicht 2 (FLS11) einige Schwermetalle erhöhte Konzentrationen aufweisen.

Im Grundwasser der FLS12 (Schicht 1) wurden erhöhte Konzentrationen der Parameter Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Nickel ermittelt. Eine Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung ist aber aufgrund der hydraulischen Situation an dieser Messstelle nicht zu erwarten, da die FLS12 als Anstrommessstelle einzuordnen ist.

Zudem liegen die mittleren Schwermetallkonzentrationen des Zeitraums 2015 bis 2021 im Sickerwasser zumeist unterhalb der Werte, die im Grundwasser der FLS12 gemessen wurden. Somit ergeben sich keine Hinweise auf eine Sickerwasserbeeinflussung.

Insgesamt ist ein Einfluss des Sickerwassers auf das Grundwasser der Schicht 1 anhand der Ergebnisse der Schwermetallanalysen nicht abzuleiten.

kein Einfluss
des Sickerwas-
sers auf das
Grundwasser
in Schicht 1

In der Schicht 2 fällt das Grundwasser der FLS11 durch erhöhte Konzentrationen der Parameter Arsen, Blei, Cadmium und Kupfer auf.

Anhand der hydraulischen Verhältnisse in der 2. Schicht liegt die FLS11 im Abstrombereich (vgl. Anl. 4), was auf eine mögliche Beeinflussung hindeuten könnte.

Dagegen spricht, dass die Schwermetallkonzentrationen im Sickerwasser des Zeitraums 2015 bis 2021 vermehrt unter den Schwermetallkonzentrationen in der Messstelle FLS11 liegen und sich zudem die z. T. sehr hohen Chloridgehalte des Sickerwassers (mittlere Chloridkonzentrationen von 4.961 mg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 1.215 mg/l (Sickerwasser-Schächte) nicht in der Messstelle FLS11 (26-31 mg/l) wiederfinden.

In der Schicht 2 wurden außerdem an der östlich der Verfüllung gelegenen FLS14 erhöhte Zinkkonzentrationen ermittelt. Die für die FLS11 getroffenen Aussagen hinsichtlich der Vergleiche der Schwermetall- und Chloridkonzentrationen zwischen Sickerwasser und Grundwasser treffen auch hier zu. Außerdem liegt die FLS14 im Anstrombereich. Eine Beeinflussung durch Sickerwasser aus der Verfüllung ist auch hier sehr unwahrscheinlich.

Eine durch das Sickerwasser der Verfüllung auftretende Beeinflussung ist anhand der Schwermetall- und Chloridgehalte in der Schicht 2 nicht abzuleiten.

kein Einfluss
des Sickerwas-
sers auf das
Grundwasser
in Schicht 2

Die erhöhten Schwermetall-Konzentrationen im Grundwasser der FLS12, FLS11 und FLS14 wurden überwiegend bei der Probenahme im März 2022 nachgewiesen. Sie haben sich bei der Probenahme im Mai 2022 überwiegend nicht bestätigt (außer FLS12: Arsen, Kupfer und Nickel; FLS14: Zink). Möglicherweise liegt die Ursache für erhöhte Konzentrationen bei den Schwermetallen an lokalen Effekten, ggf. in Zusammenhang mit dem Bohrvorgang. Dies ist durch die Fortführung des hydrochemischen Monitorings zu prüfen.

Tritium

Im Rahmen der beiden Probenahmekampagnen wurde das Grundwasser zusätzlich auf das Isotop Tritium (H^3) untersucht, um dessen Alter eingrenzen zu können und um zu prüfen, ob ein Sickerwassereinfluss in den Grundwassermessstellen nachweisbar ist. Die Probenahmen im Grundwasser zur Altersbestimmung erfolgten in den Monaten März und Mai des Jahres 2022.

Im Grundwasser der Schichten 1 und 2 wurden, wenn überhaupt, nur sehr geringe Tritiumkonzentrationen festgestellt. Die Konzentrationen im Sickerwasser liegen deutlich höher. Somit ist kein Sickerwassereinfluss im Grundwasser nachweisbar.

Zudem handelt es sich in den Messstellen um „altes“ Wasser (aus der Zeit vor den Kernwaffenversuchen), was entsprechend den Fließzeit-Ergebnissen des Boxmodells (vgl. Ausführungen des Kap. 7.3.7.12) auch zu erwarten war. Und letztlich ist auch eine Differenzierung des Grundwassers zwischen Schicht 1 und Schicht 2 anhand des Parameters Tritium nicht möglich.

kein Sickerwassereinfluss mittels Tritium-Untersuchungen nachweisbar

7.3.7 GW-Modellierung (AP 3.7) optional

Die optionale Teilaufgabe (AP 3.7) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse sind im Folgenden beschrieben.

7.3.7.1 Modellansatz

Zur Prüfung und Plausibilisierung der bisher erarbeiteten Systemvorstellungen über Hydrogeologie, Hydraulik und Wirkzusammenhänge sowie zur überschlägigen Quantifizierung der Grundwasserströmungsverhältnisse wurde unter Berücksichtigung der neuen Ergebnisse ein sogenanntes „Boxmodell“ aufgebaut (Numerisches Grundwassermodell nach DVGW Arbeitsblatt W107, Kategorie "Prinzipmodell"). Es setzt dabei die bisherigen und neuen Daten über den Untergrundaufbau und die Hydrodynamik in z. T. stark generalisierter Form modelltechnisch um.

Die Modellberechnungen erfolgten im stationären Modus, d. h. ohne zeitliche Abhängigkeit von Änderungen der Rahmenbedingungen. Daher ergibt sich immer ein Grundwassersystem im Gleichgewicht bzw. eine ausgeglichene Wasserbilanz.

Die Vorgehensweise und die Annahmen zur Modellierung sind in [29] detailliert beschrieben. Die Kalibrierung des Modells war erfolgreich.

Das Boxmodell wurde an den Messungen (Werte vom März 2022) aus den Grundwassermessstellen im Umfeld des Mühlenbergs kalibriert und einer Sensitivitätsanalyse der Eingangsparameter unterzogen. Insofern übertrifft es die Vorgaben des DVGW Arbeitsblatts W107 für die Erstellung eines Prinzipmodells.

Modellkalibrierung erfolgreich

Neben der Prüfung der Systemvorstellungen ist ein wesentlicher Vorteil eines Boxmodells die Möglichkeit, die Größenordnung der Fließzeiten des Grund- und Sickerwassers berechnen und bewerten sowie Prognosen aufstellen zu können, wie sich der Grundwasserhaushalt und die Fließrichtungen/-zeiten durch Sicherungsmaßnahmen verändern.

7.3.7.2 Modellgebiet

Das Gebiet für das Boxmodell ist in Abb. 12 dargestellt (orange umrandete Fläche). Es umfasst insgesamt ca. 38 ha, davon ca. 22 ha Verfüllung.



Abb. 12: Lage des Modellgebietes (orange Linie)

Innerhalb des Gebietes liegen die neu errichteten Messstellen FLS8, 12, 13, 15, 16 und 18 (Schicht 1), FLS3, 11, 14 und 20 (Schicht 2) sowie die im Jahr 2020 errichteten Messstellen LS2, 12, 15 und 20 (Basale Schicht⁶).

Im Norden des Gebietes werden teilweise die vorhandenen Seen mit einbezogen sowie der parallel zur Eichenallee verlaufende Entwässerungsgraben. Weiterhin mit einbezogen sind innerhalb der Verfüllung die Sickerwasser-Schächte A bis E sowie die Sickerwasser-Messstellen B2 bis B7.

Im Süden grenzt das Modellgebiet unmittelbar an die Dichtwand der Sonderabfalldeponie Hünxe-Schermbeck der AGR mbH an. Der Dichtwandverlauf ist in Abb. 12 als gestrichelte braune Linie eingetragen.

7.3.7.3 Strukturmodell

Die erkundete und in Kapitel 6.2 beschriebene Schichtenfolge wurde weitgehend lagertreu in das Boxmodell übernommen.

Den in das Boxmodell übernommenen Schichtaufbau im Bereich der Verfüllung zeigt der 3D-Schnitt mit Blick von Süden in das Boxmodell (siehe Abb. 13).

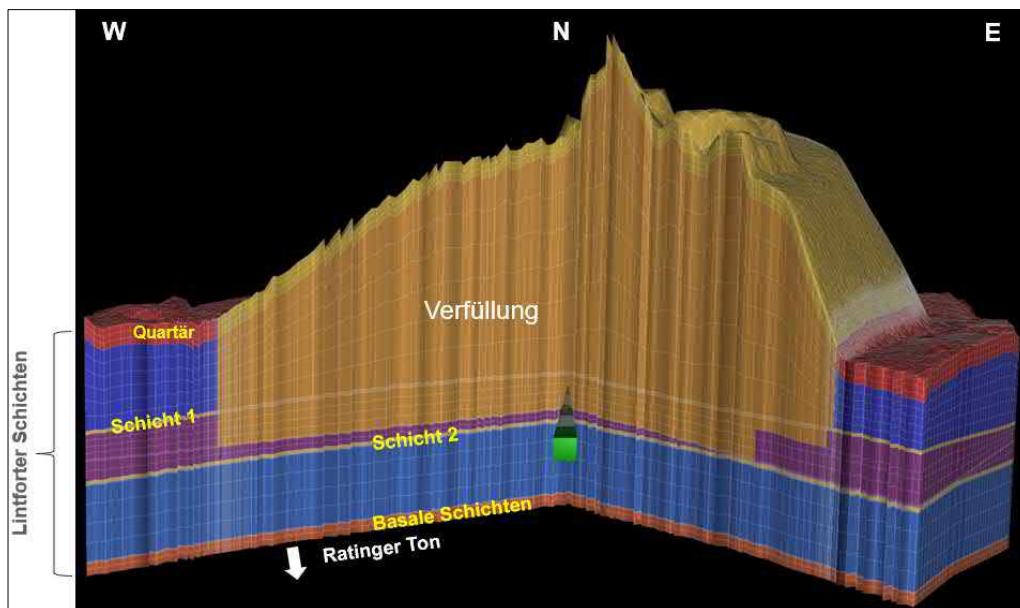


Abb. 13: 3D-Blick in den Modellkörper von Süden

⁶ Im Südosten der Verfüllung liegt in ca. 150 m Entfernung die Messstelle LS4, die nominell ebenfalls die Basalen Schichten erreicht hat. Sie liegt allerdings vermutlich in einer östlich der Verfüllung verlaufenden Störungszone, weshalb sowohl die Standrohrspiegelhöhen als auch die hydrochemischen Parameter dieser Messstelle für die Basalen Schichten im Bereich der Verfüllung Mühlenberg nicht repräsentativ sind. Sie wird daher in den Auswertungen nicht weiter berücksichtigt und ist auch hinsichtlich der Gefährdungsabschätzung Mühlenberg nicht relevant.

Die Verfüllung wird als einheitlicher „Körper“ ohne weitere strukturelle Differenzierung in das Modell übernommen.

7.3.7.4 Diskretisierung

Das Finite-Elemente-Netz des Boxmodells besteht aus 36 Modellebenen (Slices) bzw. 35 Modellschichten (Layer) mit insgesamt 2.255.225 Netz-Elementen (Prismen). Das Netz ist im Bereich des Übergangs zwischen den anstehenden Schichten und der Verfüllung sowie im Bereich der Sickerschächte hochgradig verdichtet (sehr kleine Elementgrößen).

7.3.7.5 Randbedingungen und Modell-Parameter

Die Randbedingungen für die Grundwasserbewegung über die Ränder des Boxmodellgebietes wurden entsprechend den Standrohrspiegelmessungen bzw. den ausgewerteten Grundwasser-Potentialgefällen (Fließrichtungen) im Quartär und in den Schichten 1 und 2 sowie in den Basalen Schichten festgelegt. Sie werden in Anl. 4 im Detail beschrieben. Auf zwei wesentliche Parameter zur Berechnung des Wasserhaushalts soll hier näher eingegangen werden:

Sickerwasserentnahmen

Aus den Sickerwasserschächten A bis E wurde und wird Sickerwasser arbeitsmäßig und nach Anfall abgepumpt. Der sich infolge des Abpumpens in den Schächten einstellende Wasserstand wird in den Entnahmebauwerken mittels Datenloggern kontinuierlich aufgezeichnet. Die Messwerte wurden über zweieinhalb Jahre gemittelt und in das Modell eingegeben.

Ermittlung mittlerer Wasserstände in den Schächten

Hieraus errechnet sich je Schacht eine mittlere Abpumprate (siehe Wasserbilanzen).

Verwendete Wasserstände in den Schächten

Schacht A: 35,0 m NHN
Schacht B: 46,7 m NHN
Schacht C: 39,9 m NHN
Schacht D: 40,6 m NHN
Schacht E: 40,4 m NHN

7.3.7.6 Grundwasserneubildung

Als Grundwasserneubildung wird in diesem Zusammenhang diejenige Wassermenge verstanden, die aus dem Niederschlag nach Abzug der Verdunstung (Evapotranspiration), des oberirdischen Abflusses, des Zwischenabflusses, des Abflusses über Gewässer sowie der Speicherung im ungesättigten Boden letztendlich in das Grundwasser (gesättigte Zone) übergeht. Dieses gilt sinngemäß auch für das Sickerwasservorkommen innerhalb der Verfüllung. Das Sickerwasser wird im Boxmodell erst bei zusammenhängender und vollständiger Ausfüllung (Sättigung) des Porenraums berücksichtigt.

Die im Modell angesetzte Grund- bzw. Sickerwasserneubildung gilt also für die Oberfläche des zu 100 % mit Wasser gesättigten Raumes der Verfüllung, im Folgenden vereinfacht „Sickerwasser-Oberfläche“ genannt.

Seit dem Jahr 2011 wurde auf der Verfüllung schrittweise eine Oberflächenabdichtung aufgebracht [U17], um die Wassermengen, die aus Niederschlag in die Verfüllung einsickern können, wirksam zu reduzieren. Durch die Fertigstellung der mineralischen Dichtung und der Drainmatte im Juli 2020 ist die Verfüllung abgedichtet (die Aufbringung der Rekultivierungsschicht ist derzeit noch nicht ganz abgeschlossen). Es gibt zwar bereits erste Anzeichen von Reaktionen in den Sickerwasserständen, die auf diese Reduzierung hinweisen, aber die Wirksamkeit der Abdichtung ist noch nicht vollumfänglich an der Sickerwasser-Oberfläche angekommen. Das ist verständlich, denn bis das Wasser von der Oberfläche der Verfüllung bis zur Sickerwasser-Oberfläche gelangt, bzw. bis eine entsprechende Weitergabe des hydraulischen Potentials erfolgt, können je nach Durchlässigkeit und Porosität des Verfüllmaterials mehrere Monate bis mehrere Jahre vergehen, zumal davon auszugehen ist, dass in bestimmten Abschnitten der Sickerstrecke das Wasser wiederum abhängig vom verfüllten Material zwischengespeichert und – nur verzögert – wieder abgegeben wird⁷. Der derzeit festgestellte Sickerwasserstand ist also nicht ein Resultat der Wassermenge, die aktuell von der Oberfläche in die Verfüllung einsickert, sondern spiegelt die integralen Versickerungsvorgänge der Vergangenheit wider.

Im Modell wird dementsprechend diejenige Wassermenge bestimmt, die zu den bisher gemessenen Sicker- bzw. Grundwasserständen geführt hat. Somit lässt sich wiederum anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen bzw. Sickerwasserstände prüfen, ob die mit den Modellberechnungen ermittelten Grundwasserneubildungsraten in der Größenordnung richtig bestimmt wurden. Letzten Endes ist die Höhe der Grundwasserneubildung ein Resultat der Kalibrierung des Modells.

Für die Berechnung der Grund- und Sickerwasserverhältnisse im März 2022 (= Ist-Situation) wurde dementsprechend für die Verfüllung die Neubildungshöhe von 40 mm/a (entsprechend 0,04 m³ pro Jahr und Quadratmeter Fläche) angesetzt. Für das übrige Gebiet hat sich im Rahmen der Kalibrierung eine Grundwasserneubildung zwischen 0 mm/a (Versiegelung/See) und 15 mm/a (Anstehendes)⁸ ergeben.

Neubildung
Ist-Situation
40 mm/a

Es ist davon auszugehen, dass sich die Wirksamkeit der Abdichtung der Verfüllung in den nächsten Jahren zunehmend reduzierend auf die Sickerwasser-Rate auswirkt, was im Rahmen der Prognosen auch berücksichtigt wird (vgl. Kap. 7.3.7.8).

⁷ Aus dieser „Zwischenspeicherung“ resultieren auch die Sickerwasserstände in den Sickerwassermessstellen B5 bis B7, die z. T. über dem angesetzten Sickerwasserspiegel-Niveau liegen.

⁸ Die Annahme entspricht in etwa der Größenordnung der Annahme der durchgeführten Modellierung mittels HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance, Modell zur Simulation des Wasserhaushalts von Deponieabdichtungssystemen) (ahu 2015), die für den Verfüllkörper durchgeführt wurde, in der 17,3 mm/a Grundwasserneubildung für die Berechnungen angenommen worden sind.

7.3.7.7 Kalibrierung

Das Boxmodell wurde anhand der im März 2022 gemessenen Standrohrspiegelhöhen der im Modellgebiet befindlichen Grundwassermessstellen kalibriert.

Ziel der Kalibrierung ist es, durch iterative Variation der Modellparameter (k_f -Werte, Grund- bzw. Sickerwasserneubildung) und der Randbedingungen innerhalb hydrogeologisch plausibler Grenzen die gemessenen Werte (Zielfunktion) mit dem Modell und damit die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden hydraulischen Verhältnisse gut abbilden zu können (Abbildungstreue).

Sämtliche Prüfkriterien werden eingehalten bzw. übertroffen.

Fazit: Die Kalibrierung des Boxmodells ist mit Erfolg durchgeführt worden.

7.3.7.8 Durchgeführte Berechnungen

Ziel der Berechnungen mit dem Boxmodell ist einerseits, die hydrogeologischen Gegebenheiten, wie sie sich im Frühjahr 2022 darstellen, abzubilden und zu bilanzieren und andererseits beispielhaft zu prognostizieren, mit welchen Maßnahmen und in welchen Größenordnungen sich die Interaktion zwischen Sickerwasser der Verfüllung und dem Grundwasser verändern lässt. Die Tab. 9 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Berechnungsläufe.

Die „Ausgangs-Variante“ entspricht den hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnissen und Rahmenbedingungen, die Gegenstand der Kalibrierung sind und sich im März 2022 dargestellt haben. Alle weiteren Varianten bauen auf dieser Variante auf.

4 Berechnungsvarianten

Tab. 9: Übersicht über die durchgeführten Berechnungsläufe

Parameter / Variante	Ausgangs-Variante	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
"integrale" Neubildung Verfüllung [mm/a]	40,0	15,0	15,0	15,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht A [m NHN]	35,0	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht B [m NHN]	46,7	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht C [m NHN]	39,9	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht D [m NHN]	40,7	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht E [m NHN]	40,4	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) B4 [m NHN]	--	--	--	35,0
Randbedingungen (1. Art, Randzustrom / Abstrom)	Kalibrierung	Kalibrierung	Kalibrierung - 1,0 m	Kalibrierung - 1,0 m

In der Variante 1 wird der Wirkung der Oberflächenabdichtung Rechnung getragen und langfristig eine „Rest-Neubildung“ von nur noch 15 mm/a ($0,015 \text{ m}^3/\text{a}$ pro m^2 Fläche) zugelassen.

Neubildung
 15 mm/a für die
 Varianten
 1.1, 2.1 und 2.2

Zudem wurde angenommen, dass der Wasserstand in den Sickerschächten durch die Sickerwasserentnahme auf ein Niveau von 33 m NHN (im Schacht A auf 35 m NHN) abgesenkt wird.⁹

In der Variante 2.1 werden die Zu- bzw. Abfluss-Randbedingungen (Fixed-Head-Randbedingung) um einen Meter abgesenkt. Aus den Ergebnissen der Variante 1 lässt sich ablesen (s. u.), dass bedingt durch den niedrigeren Sickerwasserstand in der Verfüllung auch die Standrohrspiegelhöhen im anstehenden Gestein absinken. Es ist zu erwarten, dass diese Beeinflussungen der Standrohrspiegelhöhen bis an die Modellgrenzen reichen und damit die Randbedingungen beeinflussen. Um diesen Wirkungen gerecht zu werden, wurden die an den Modellrändern definierten Standrohrspiegelhöhen (Fixed-Head-Randbedingung) um 1 m abgesenkt.

Variante 2.1
mit geänderten
Randbedingungen

Die Variante 2.2 unterscheidet sich von der Variante 2.1 nur in einer zusätzlichen Sickerwasserentnahme im Ost-Teil der Verfüllung (Bereich um Sickerwassermessstelle B4); hier wurde in der Modellierung das Sickerwasser bis auf ein Niveau von 35 m NHN abgesenkt.

Variante 2.2
mit zusätzlicher
Sickerwasser-
Entnahme im
Ost-Teil der
Verfüllung

7.3.7.9 Resultierende Standrohrspiegelhöhen und Grundwasserbewegungen¹⁰

Im Folgenden werden die aus den Modellberechnungen resultierenden Standrohrspiegelhöhen in Isohypsenplänen (Linien gleicher Standrohrspiegelhöhen) für Schicht 1, Schicht 2 und die Basalen Schichten dargestellt. In den übrigen Abschnitten des anstehenden Gesteins finden keine wesentlichen horizontalen Grundwasserbewegungen statt.

Um die Auswirkungen der Oberflächenabdichtung und einer Sickerwasserhaltung mit Sickerwasserentnahmen in den Bereichen der aktuellen Schachtstandorte und im östlichen Bereich der Verfüllung um B4 herum gegenüber dem Zustand März 2022 darzustellen, werden im Folgenden die Ausgangssituation und die Variante 2 beispielhaft gegenübergestellt.¹¹

Zu beachten ist: Bei den Darstellungen der aus den hydraulischen Druckverhältnissen resultierenden Grund- und Sickerwasserbewegungen handelt es sich um Richtungsangaben. Sich bewegende und quantifizierbare Grund- und Sickerwassermengen zwischen den verschiedenen Kompartimenten lassen sich hieraus nicht ableiten. Hierfür folgen Angaben in Kapitel 7.3.7.10.

⁹ Die technischen Voraussetzungen zur Umsetzung dieser Maßnahme sind allerdings nicht Gegenstand der Modellberechnungen, sondern Gegenstand einer nachgelagerten Machbarkeitsstudie. Hier ist in erster Linie der Effekt relevant, der von einer solchen Maßnahme erwartet werden kann.

¹⁰ In diesem Kapitel sind hier die beiden Varianten (Ausgangszustand und optimaler Zustand, Variante 2.2) dargestellt, in der Anlage 4 der Gefährdungsabschätzung sind die weiteren Varianten ausführlich beschrieben.

¹¹ Der Isohypsenplan der Ausgangssituation ist dabei durch Messungen an den verwendeten Grundwassermessstellen belegt, bei den resultierenden Isohypsenplänen der Varianten handelt es sich um modellberechnete Prognosen.

Ausgangssituation (Abb. 14)

In Schicht 1 (A) erfolgt eine Grundwasserbewegung von Westen (Druckhöhe 47-48 m NHN am Modellrand) auf die Verfüllung zu, im Norden von der Verfüllung weg mit nördlicher Richtung (Druckhöhe 39-40 m NHN am Modellrand) und im Osten etwa parallel zur Verfüllung mit ebenfalls nördlicher Richtung. In der Verfüllung hat sich ein Sickerwasserstand von 42-44 m NHN eingestellt, die höchsten Sickerwasserstände treten im Osten der Verfüllung auf.

Die lokale, durch die Förderung in den Sickerwasserschächten verursachte Absenkung der Sickerwasserstände ist anhand der Isohypsenverläufe (z. T. geschlossene Linien) gut zu erkennen. An der Grenze zur Verfüllung beim Übergang vom Anstehenden in den Verfüllkörper ist ein deutlicher Sprung der Isohypsenverläufe vorhanden. Anhand der Druckdifferenzen am Rand der Verfüllung lässt sich ablesen, dass im Westen und sehr untergeordnet im Süden ein Übertritt von Grundwasser in die Verfüllung erfolgt. Hier ist der hydraulische Druck im Anstehenden deutlich höher als der Sickerwasserdruck in der Verfüllung. Im Osten dagegen sind die Druckunterschiede zunächst gering, nehmen aber Richtung Norden sukzessive dergestalt zu, dass innerhalb der Verfüllung ein höherer Druck als im Anstehenden herrscht.

Folglich ist hier ein Sickerwasseraustritt nach Norden möglich.

Sickerwasser-
austritt nach
Norden möglich

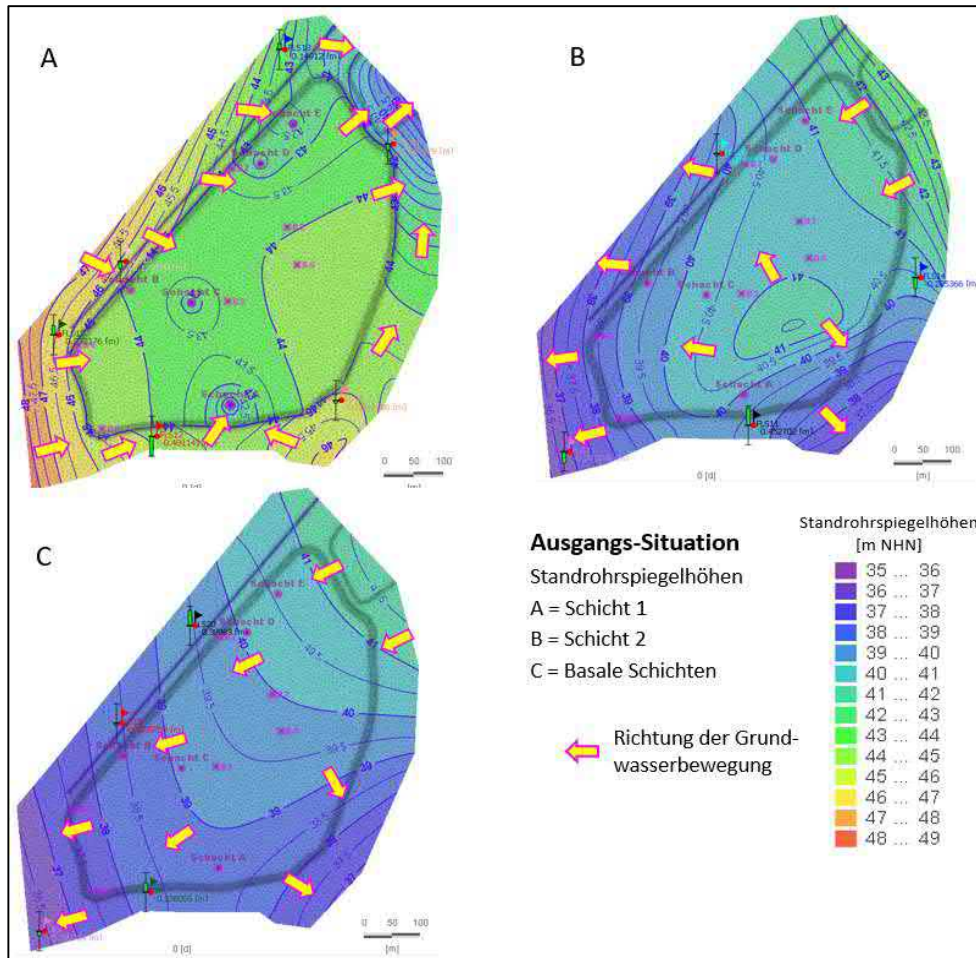


Abb. 14: Ausgangssituation: Isohypsenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung

In Schicht 2 (B) erfolgt eine Grundwasserbewegung von Norden (ca. 43 m NHN Druckhöhe am Modellrand), nach Westen und Südwesten (ca. 37 m NHN Druckhöhe am Modellrand) bzw. sehr untergeordnet nach Südosten (ca. 37,5 m NHN Druckhöhe am Modellrand). In vertikaler Richtung weist Schicht 2 im Anstehenden gegenüber Schicht 1, lokal stark differierend, einen deutlich geringeren hydraulischen Druckunterschied von bis zu 10 m auf, was potentiell auch eine Grundwasserbewegung von Schicht 1 in Schicht 2 ermöglicht.

Unterhalb der Verfüllung befindet sich in Schicht 2 ein hydraulisches Druck-Hochgebiet, das u. a. durch die umlaufende 41-m-Isohypse gekennzeichnet ist. Da der hydraulische Druck des Sickerwassers in der Verfüllung deutlich höher ist als derjenige in der Schicht 2, erfolgt ein flächenhafter Sickerwasseraustritt über die Basis der Verfüllung in Schicht 2. Dieses Hochgebiet ist somit Resultat einer vertikalen Zusickerung von Sickerwasser aus der Verfüllung.

Grundwasserbewegung von Schicht 1 nach Schicht 2 möglich

In den Basalen Schichten (C) erfolgt, ähnlich wie in Schicht 2, eine Grundwasserbewegung von Norden (ca. 41,5 m NHN Druckhöhe am Modellrand) nach Südwesten (ca. 36,6 m NHN Druckhöhe am Modellrand) bzw. nach Südosten (ca. 37 m NHN Druckhöhe am Modellrand). Unterhalb der Verfüllung ist somit

eine Grundwasserscheide vorhanden, die die Bewegungsrichtungen nach Südwesten und Südosten trennt.

In vertikaler Richtung weisen die Basalen Schichten gegenüber Schicht 2, lokal stark differierend, einen um 0,5 bis 2 m geringeren hydraulischen Druck auf, was potentiell auch eine Grundwasserbewegung von Schicht 2 in die Basalen Schichten ermöglicht.

Grundwasserbewegung
in die Basalen
Schichten
möglich

Die starke Ausprägung der Grundwasserscheide unterhalb der Verfüllung wird u. a. durch Sickerwasser aus der Verfüllung (bzw. aus der Schicht 2) und der damit verbundenen Aufhöhung des hydraulischen Drucks unterhalb der Verfüllung verursacht.

In Abb. 15 (Profilschnitt) werden die vertikalen hydraulischen Druckhöhen (Standrohrspiegelhöhen) durch die gelben Isohypsen [m NHN] und die Richtung der Grundwasserbewegung durch die weißen Pfeile angegeben.

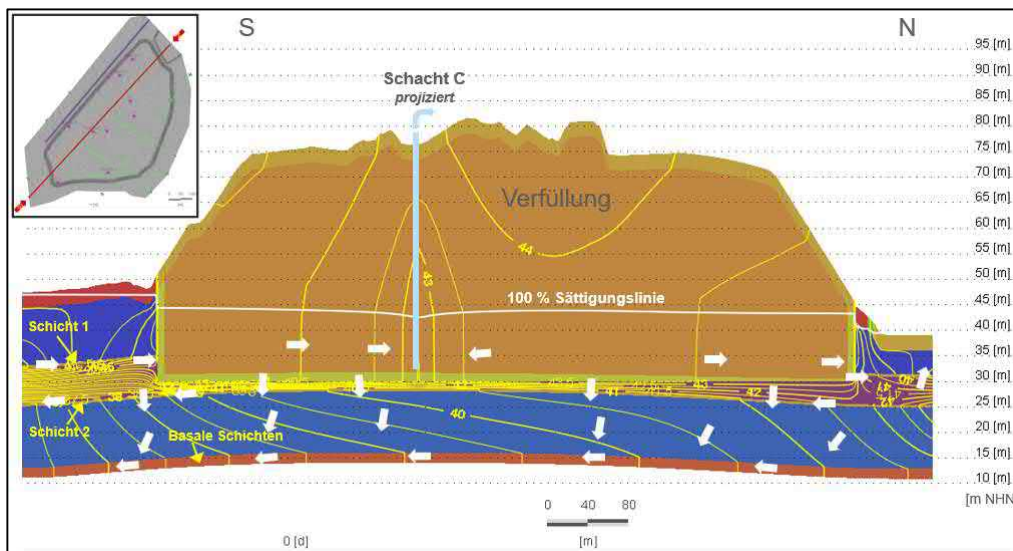


Abb. 15: Süd-Nord-Schnitt durch das Boxmodell mit vertikaler Grundwasserbewegung bei der Ausgangssituation

Die Isohypsen entsprechen den horizontalen Darstellungen der Standrohrspiegelhöhen in Abb. 14.

Die weiße 100 %-Sättigungslinie gibt die Höhe der Grund- bzw. Sickerwasser-oberfläche an. Die Sickerwasser-oberfläche liegt in diesem Profil in einer Höhe von ca. 42 bis 44 m NHN.

Innerhalb der Verfüllung erfolgt einerseits eine horizontale Sickerwasserbewegung auf den Schacht C, an dem Sickerwasser abgepumpt wird, beidseitig zu, andererseits ist eine Bewegung nach Norden zu erkennen. In der Schicht 1 bewegt sich das Grundwasser von Süden auf die Verfüllung zu und dringt in die Verfüllung ein. Im Norden besteht die Möglichkeit, dass das Sickerwasser aus der Verfüllung austritt und überwiegend über die Schicht 1 abfließt.

Zwischen den Schichten 1 und 2 besteht besonders im Süden ein hoher Druckgradient nach unten. Das ist sehr deutlich an dem engen Verlauf der Isohypsen abzulesen. In der Schicht 2 erfolgt eine Grundwasserbewegung von Norden nach Süden, entgegen der Bewegungsrichtung in Schicht 1 (siehe oben).

Zwischen der Basis und der Verfüllung und der Schicht 2 besteht ebenfalls ein hoher, nach unten gerichteter Druckgradient (enger Verlauf der Isohypsen).

Durch diese Druckverhältnisse erfolgt von der Basis der Verfüllung im gesamten Profilverlauf eine Sickerwasserbewegung nach unten in Richtung Schicht 2 bzw. Basale Schichten, d. h., über die Basis tritt potentiell Sickerwasser aus der Verfüllung aus.

Ein – allerdings geringer – Teil des Sickerwassers wird von der Schicht 2 aufgenommen und bewegt sich mit dem Grundwasser in Richtung Süden.

Von der Schicht 2 aus setzt sich der nach unten gerichtete Druckgradient bis zu den Basalen Schichten fort. Damit ist eine Grund- und unterhalb der Verfüllung auch Sickerwasserbewegung in Richtung Basale Schichten möglich. Dieses Wasser wird in den Basalen Schichten aufgenommen und fließt mit dem Grundwasser nach Süden ab.

Fazit: Zur Sickerwasserbewegung in der simulierten Ausgangssituation lässt sich feststellen:

Über die Schicht 1 tritt Grundwasser in den Verfüllkörper ein und reichert gemeinsam mit der Neubildung über die Oberfläche der Verfüllung das Sickerwasser an. Ein Teil des Sickerwassers wird über die Schächte (hier Schacht C) abgepumpt. Im Norden besteht hydraulisch die Möglichkeit eines Sickerwasseraustritts über die Schicht 1.

Grundwasser-
eintritt in den
Verfüllkörper

An der Verfüllbasis tritt Sickerwasser in das Anstehende aus, wird zum einen von der Schicht 2 aufgenommen, zum anderen bewegt es sich weiter in Richtung Basale Schichten und wird von diesen aufgenommen.

Austritt von
Sickerwasser
in die Schicht 2
und weiter in
die Basalen
Schichten

Variante 2.2 (Abb. 16)

Durch die Wirkung der Oberflächenabdichtung und die tiefere Absenkung des Wasserstands in den Schächten sowie die zusätzliche Entnahme im Bereich der Sickerwasser-Messtelle B4 nimmt die Sickerwasserdruckhöhe in der Verfüllung um ca. 6-7 m gegenüber der Ausgangssituation ab. Sie liegt jetzt bei ca. 37 m NHN, im Osten etwas höher, im Nahbereich der Schächte niedriger. Aufgrund des hydraulischen Kontakts zur Verfüllung führt dies u. a. auch in Schicht 1 (A) in der Nähe der Verfüllung zu einem Absinken der Standrohrspiegelhöhen, so dass sich das Grundwasser mit einem deutlich steileren Fließgradienten auf die Verfüllung zubewegt. Das ist besonders im Westen an den im Vergleich zur Ausgangssituation deutlich verdichteten Isohypsenverläufen zu erkennen. Mit dem steileren Gradienten ist auch ein erhöhter Grundwasseranstrom in Richtung Verfüllung verbunden. Im Norden wird eine Umkehr der Fließbewegung erzeugt, was anstatt eines Austritts von Sickerwasser zu einem Eintritt von Grundwasser in die Verfüllung führt.

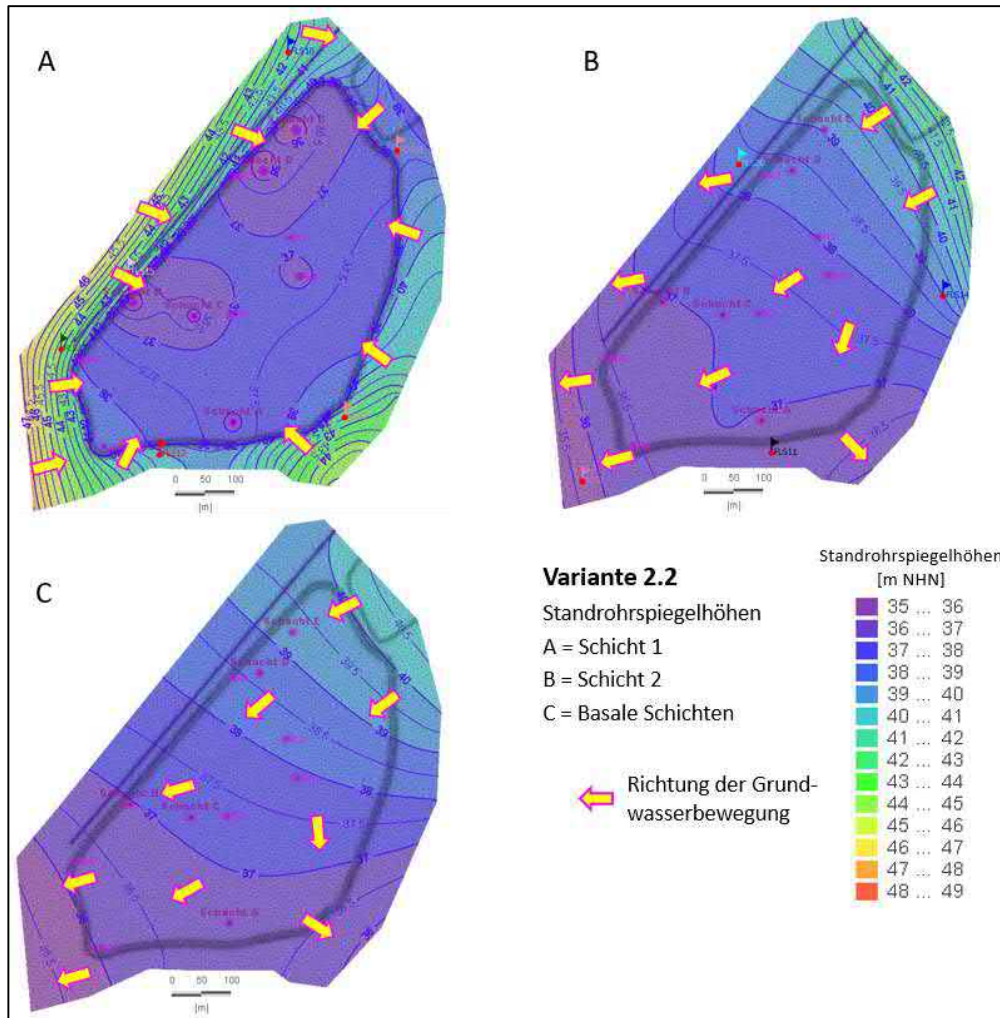


Abb. 16: Variante 2.2: Isohypsenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung

Ein Austritt von Sickerwasser aus der Verfüllung über die Schicht 1 ist bei diesen Druckverhältnissen de facto nicht mehr möglich, auch nicht im Norden.

In der Schicht 2 (B) ist die auffällige Aufhöhung des hydraulischen Drucks unterhalb der Verfüllung nicht mehr vorhanden. Dies ist ein Indiz dafür, dass über die Basis der Verfüllung nahezu kein Sickerwasseraustrag mehr stattfindet.

In den Basalen Schichten (C) hat die Ausprägung der Grundwasserscheide abgenommen, was auch hier ein Indiz für eine deutlich geringere Zusickerung aus den überlagernden Schichten ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich Veränderungen des Sickerwasserdrucks in der Verfüllung abgemindert auch in Veränderungen des hydraulischen Drucks im Anstehenden widerspiegeln.

Diese Veränderungen sind auch in der Darstellung der vertikalen Druckverhältnisse erkennbar (Abb. 17).

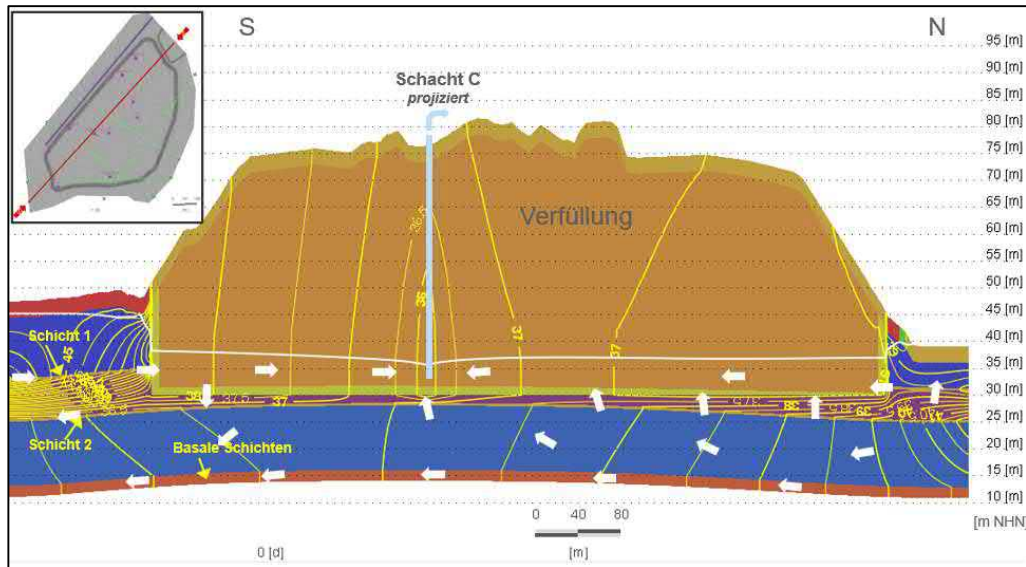


Abb. 17: Süd-Nord-Schnitt durch das Boxmodell mit vertikaler Grundwasserbewegung der Variante 2.2

Gegenüber der Ausgangssituation hat sich das vertikale Strömungsbild grundlegend geändert:

- Die Sickerwasseroberfläche liegt, bedingt durch die geringere Neubildung über die Oberfläche und die tiefere Absenkung der Wasserstände in den Schächten ca. 6-7 m niedriger und damit in einer Höhe von nur noch ca. 35 bis 37 m NHN.
- Innerhalb der Verfüllung bewegt sich das Sickerwasser auf die Schächte (hier Schacht C), aus denen gepumpt wird, zu.
- Aus der Schicht 1 bewegt sich das Grundwasser von allen Seiten in Richtung Verfüllung, ein Sickerwasseraustritt aus der Verfüllung in die Schicht 1 ist nicht mehr möglich.
- Die Druckgradienten und damit Bewegungsrichtungen haben sich unterhalb der Verfüllung in weiten Bereichen umgekehrt, d. h. potentiell kann aus dem Anstehenden eine Grundwasserbewegung in die Verfüllung erfolgen. Damit ist in diesem Bereich eine Sickerwasserbewegung aus der Verfüllung heraus nicht mehr möglich.
- Lediglich im Süden der Verfüllung ist weiterhin eine Sickerwasserbewegung aus der Verfüllung in Richtung Schicht 2 und Basale Schichten möglich, allerdings mit deutlich geringerem Druckgradienten.
- Unterhalb der Verfüllung besteht kaum noch ein Druckgradient zwischen Schicht 2 und Basalen Schichten.

Änderung des Strömungsbildes gegenüber der Ausgangssituation in Variante 2.2

Die Gegenüberstellung der vertikalen Druckgradienten der Ausgangssituation und der Variante 2.2 zeigt, dass sich Änderungen der Sickerwasserhöhe in der Verfüllung auch in den Druckhöhen im Anstehenden deutlich bemerkbar machen und dadurch bei der Umsetzung von Maßnahmen messbar sein werden.

Änderungen
der Sicker-
wasserhöhe
wirken im
Anstehenden

7.3.7.10 Bilanzen der Grundwasserbewegung

In diesem Kapitel werden die Grund-/Sickerwasserbilanzen der durchgeführten Berechnungen für alle Szenarien aufgelistet und diskutiert.

Tab. 10: Bilanzen der Grundwasserbewegung

Bilanzglied	Einheit	"Ausgangs-Situation" März 2022	Variante 1 Langzeitwirkung der Oberflächenab- dichtung und Absenkung der Wasserstände in den Sickerwasserschächten	Variante 2.1 wie Variante 1, jedoch zusätzlich Anpassung der Zu- und Ab- flussrandbedingungen	Variante 2.2 wie Variante 2.1 jedoch zusätzlich Sickerwasserförderung aus Messstelle B4
Neubildung Verfüllung	[m³/a]	8 219	3 116	3 116	3 116
Neubildung Verfüllung	[mm/a]	40	15	15	15
Sickerwasserentnahmen aus der Verfüllung (Modell) **	[m³/a]	-7 093	-5 270	-4 893	-5 094
Laterale Zuflüsse in die Verfüllung (Schicht 1)	[m³/a]	614	1 984	1 806	1 882
Laterale Abflüsse aus der Verfüllung (Schicht 1)	[m³/a]	- 313	- 1	- 2	- 1
Zutritt über die Basis in die Verfüllung	[m³/a]	0	228	130	191
Austritt über die Basis der Verfüllung	[m³/a]	-1 488	- 82	- 190	- 125
Gesamtzutritt in die Verfüllung (ohne Neubildung)	[m³/a]	614	2 212	1 936	2 073
Gesamtaustritt aus der Verfüllung (ohne Sickerwassernetnahmen)	[m³/a]	-1 801	- 83	- 192	- 127
Lateraler Abfluss aus der Verfüllung innerhalb Schicht 2 (unter der Basis der Verfüllung)	[m³/a]	- 239	0	- 39	0
Versickerung über die Basis der Schicht 2 in Richtung Basale Schichten (unter der Basis der Verfüllung)	[m³/a]	-1 249	- 91	- 151	- 128

positive Werte: Wasser sickert in das betrachtete System

negative Werte: Wasser verlässt das betrachtete System

** Anmerkung: Hier handelt es sich um eine modellberechnete Mengenangabe unter Gleichgewichtsbedingungen (Modellvoraussetzung konstante Zu- und Abflüsse sowie Wasserstände). Die realen derzeitigen Entnahmemengen liegen höher, da einerseits noch Wasser aus der Zeit ohne Oberflächenwasserabsenkung abgepumpt wird und andererseits die Entnahme bereits tendenziell zu einem sinkenden Sickerwasserspiegel bezogen auf die Entwicklung der Ruhewasserstände führt. Dieser Effekt kann mit dem Modell nicht nachgebildet werden.

In Abb. 18 sind die Ergebnisse der Modellierung grafisch dargestellt und den Bilanzgliedern nochmals zugeordnet.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in Tab. 10 angegebenen „konkreten“ Werte Ergebnisse der modellbasierten Berechnungen sind. Angesichts der dem Boxmodell zugrundeliegenden Vereinfachungen sind die Bilanzerggebnisse aber als Größenordnungen zu verstehen. Von wesentlichem Interesse sind vor allem die Relationen zwischen den Ergebnissen der berechneten Varianten.

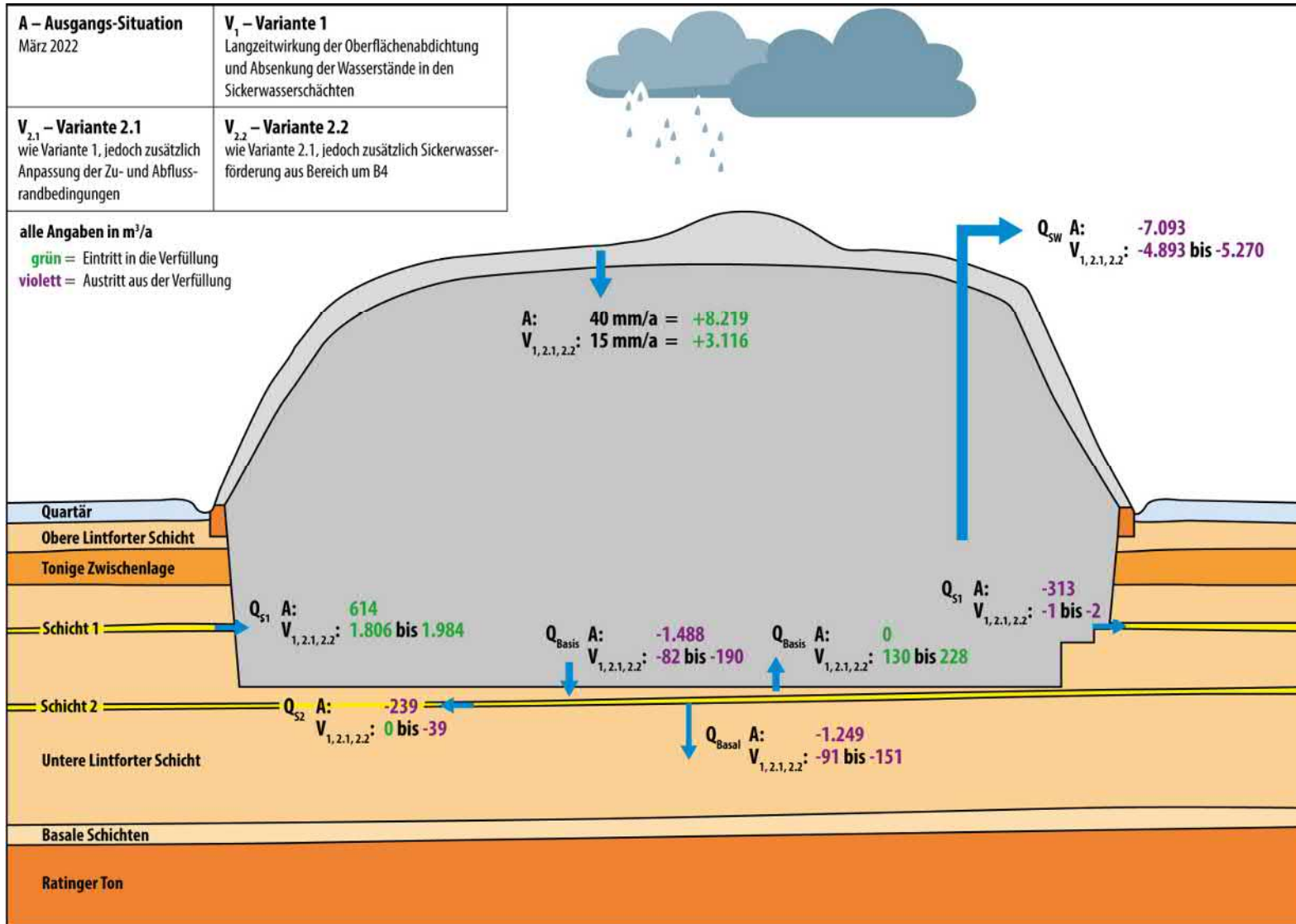


Abb. 18: Ergebnisse der Modellierung mit Darstellung der Bilanzglieder

Im Einzelnen lassen sich die in Abb. 18 aufgeführten Bilanzglieder folgendermaßen bewerten:

- **Neubildung:** Die Neubildung in der Verfüllung wurde von 40 mm/a in der Ausgangssituation (entsprechend ca. 8.200 m³/a) in den Variantenberechnungen auf 15 mm/a (entsprechend ca. 3.100 m³/a) reduziert (Berücksichtigung der Wirkung der Oberflächenabdichtung). Es ist nicht anzunehmen, dass die Oberflächenabdichtung zu 100 % dicht ist und kein Niederschlagswasser in die Verfüllung gelangen kann. Imperfektionen der Abdichtung (Schrumpfungsrisse, Setzungen in geringfügigem Umfang) und die Bodeneigenschaften des verwendeten Materials werden eine geringe Restdurchsickerung zur Folge haben.
- **Sickerwasserentnahmen aus der Verfüllung:** Die Pumprate, die zur Erzeugung eines hydraulischen Gleichgewichts (konstante Grund- und Sickerwasserhöhe) notwendig ist, nimmt in den Variantenberechnungen gegenüber der Ausgangssituation ab, obwohl der über die Förderung zu erzielende Wasserstand in den Schächten z. T. deutlich abgesenkt wurde. Der wesentliche Grund hierfür ist die durch die Oberflächenabdichtung reduzierte Neubildung in der Verfüllung.
- **Zu- und Abflüsse über die Schicht 1 am Rand der Verfüllung:** Mit niedrigerem Sickerwasserstand in den Variantenberechnungen verdreifachen sich die Zutritte aus der Schicht 1 in die Verfüllung. Im Gegenzug wird ein Austritt von Sickerwasser, der in der Ausgangssituation am Nordrand der Verfüllung möglich war, unterbunden und findet nicht mehr statt.
- **Austritt/Zutritt über die Basis der Verfüllung:** Durch die Oberflächenabdichtung und die Maßnahmen in den Pumpschächten lässt sich die Versickerung über die Basis um ca. 90 % (Variante 2.2) reduzieren. Im Gegenzug hierzu ist eine Einsickerung aus dem Grundwasser über die Basis möglich, die in der Ausgangssituation nicht stattfindet.
- **Lateraler Abfluss aus der Verfüllung innerhalb der Schicht 2 und Versickerung über die Basis der Schicht 2 in Richtung Basale Schichten:** Diese beiden Bilanzglieder wurden eingeführt, um zu untersuchen, wie sich das über die Basis austretende Sickerwasser im Untergrund weiter verteilt. Die Bilanzen zeigen, dass das Sickerwasser nur zu einem geringen Teil lateral über die Schicht 2 abfließt und stattdessen hauptsächlich in die Basalen Schichten sickert.

Fazit: Bei einer Umsetzung der Variante 2.2 erfolgt eine nahezu vollständige hydraulische Erfassung aller Austragspfade der Verfüllung Mühlenberg.

7.3.7.11 Potentielles Herkunftsgebiet des Wassers in den FLS Messstellen

Mit dem Boxmodell wurde auf Basis der Ausgangssituation untersucht, woher das Wasser potentiell stammen kann (Herkunftsgebiet), das in den FLS Messstellen zur hydrochemischen Analyse entnommen wird. Diese Untersuchung führt somit zu einer Zusatzinformation für die Bewertung der Analyseergebnisse. Hinsichtlich der Überwachung der Verfüllung ist interessant, ob das Herkunftsgebiet innerhalb der Verfüllung liegt und das Wasser dementsprechend aus der Verfüllung stammt.

Schicht 1: Die Herkunftsgebiete des Wassers der Messstellen FLS12, FLS13 und FLS18 liegen eindeutig außerhalb der Verfüllung, da hier eine Grundwasserbewegung auf die Verfüllung zu erfolgt. Das Herkunftsgebiet des Wassers der Messstelle FLS8 befindet sich in etwa parallel zum Verfüllungsrand.

Herkunftsgebiet des Wassers der Messstellen FLS12, FLS13 und FLS18 größtenteils außerhalb der Verfüllung

Das Herkunftsgebiet des Wassers der Messstelle FLS16 liegt am Rand, aber innerhalb der Verfüllung. Es ist hydraulisch möglich, dass das Wasser dieser Messstelle durch Sickerwasser beeinflusst ist. Zum Teil betragen die berechneten Fließzeiten vom Endpunkt der Spuren bis zum Erreichen der Messstellen dabei aber einige Jahrzehnte.

In der **Schicht 2** liegen die Herkunftsgebiete des Wassers der Messstellen FLS3, FLS11 und FLS14 am Rand der Verfüllung. Lediglich das Herkunftsgebiet der Messstelle FLS20 liegt eindeutig im Bereich der Verfüllung. Ist nach diesen hydraulischen Berechnungen in den drei erstgenannten Messstellen eine Beeinflussung durch Sickerwasser aus der Verfüllung unwahrscheinlich, so ist in der Messstelle FLS20 mit einer Sickerwasserbeeinflussung zu rechnen. Allerdings betragen die Fließzeiten zum Erreichen der Messstellen z. T. viele Jahrzehnte.

Herkunftsgebiete des Wassers der Messstellen FLS3, FLS11 und FLS14 am Rand oder innerhalb (FLS20)

7.3.7.12 Fließwege und -zeiten des Sickerwassers aus der Verfüllung

Im Folgenden wird dargestellt, welchen Weg das Verfüllungs-Sickerwasser bis zu einem Endpunkt (abgepumpter Schacht, Modellrand) nimmt und welche Fließzeiten für die Durchsickerung der Verfüllung bzw. des Anstehenden benötigt werden.

Dafür werden konservative (ohne Dispersion, Adsorption, Abbau etc.) Tracer an unterschiedlichen Punkten innerhalb der Verfüllung einerseits an der jeweiligen Oberfläche des Sickerwassers und andererseits an der Basis der Verfüllung gestartet und mit der Grundwasserbewegungsrichtung bis zum Erreichen eines Schachts bzw. dem Modellrand verfolgt. Der dreidimensional zurückgelegte Weg und die Fließzeiten, zurückgerechnet von der Messstelle aus, werden als farblich abgestufte und an die Oberfläche projizierte Spur sowie als dreidimensionaler Einblick in den Modellkörper dargestellt. Die vom Startpunkt ausgehend benötigten Fließzeiten sind anhand der Farbgebung der Tracer-Spur unter Verwendung der eingblendeten Legende an jeder Stelle ablesbar. Die Tracer-Berechnungen wurden für die **Ausgangssituation** und die **Variante 2.2** durchgeführt.

Tracerbahnenberechnung von der Oberfläche des Sickerwassers und von der Basis der Verfüllung

Ausgangssituation

Fließwege von der Oberfläche des Sickerwassers

Die Abb. 19 zeigt die Tracer-Spuren (Startpunkte = gelbe Punkte), die von der Oberfläche des Sickerwassers gestartet wurden, mit einem Blick von Süden in den Modellkörper.

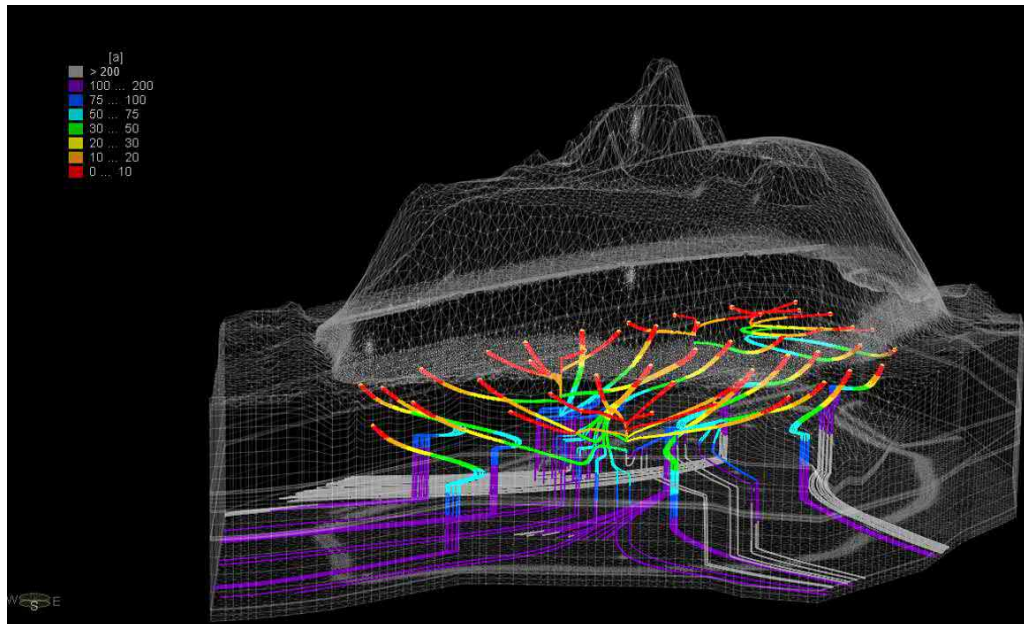


Abb. 19: Tracer-Bewegung von der Sickerwasser-oberfläche ausgehend – Ausgangssituation, 3D-Darstellung, Blick von Süden

Viele der von unterschiedlichen Stellen gestarteten Spuren vereinigen sich in Punkten, an denen aus den Schächten gepumpt wird. Andere Tracer-Spuren verlassen das Gebiet der Verfüllung und erreichen die Ränder des Boxmodells. Die Sicht in den Modellkörper zeigt, dass diejenigen Spuren, die nicht in den Schächten enden, im Anstehenden bis in die Basalen Schichten sickern und über diese das Modellgebiet verlassen.

Fließwege von der Basis der Verfüllung

Werden die Tracer an der Basis der Verfüllung gestartet, verlassen sie alle, unabhängig vom Startpunkt, den Bereich der Verfüllung (vgl. Abb. 20).

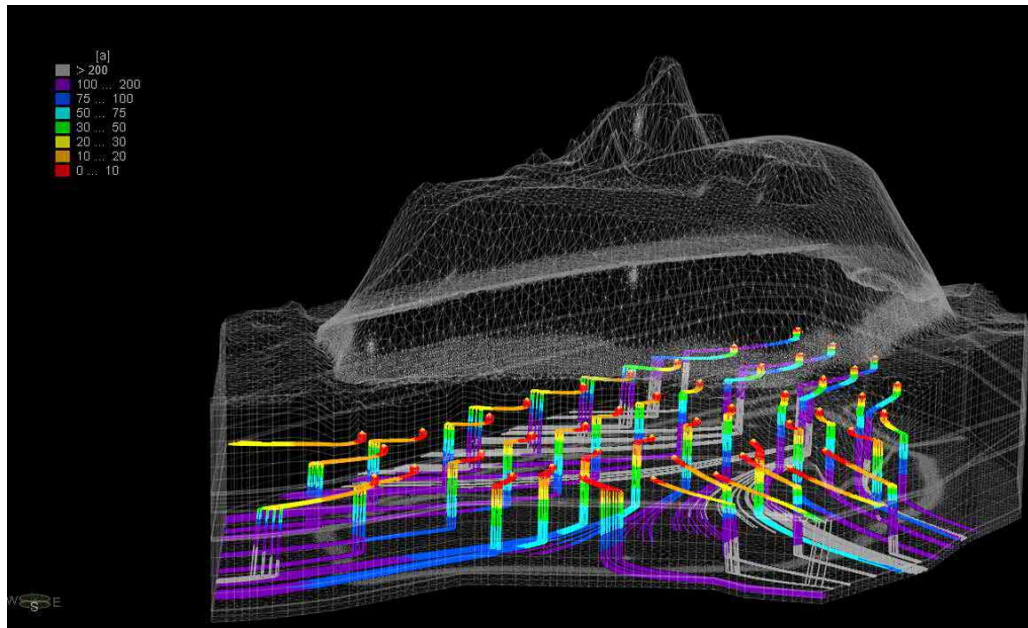


Abb. 20: Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend – Ausgangssituation, 3D-Darstellung, Blick von Süden

Das bedeutet, dass das Sickerwasser, welches sich an der Basis der Verfüllung befindet, diese auch verlässt. Von der Basis der Verfüllung sickern die Tracer zunächst nach unten bis in die Schicht 2. Nach einer unterschiedlich langen lateralen Fließstrecke in der Schicht 2 durchsickern die Tracer die liegende Schluff-Ton-Schicht, erreichen die Basalen Schichten und verlassen über diese das Modellgebiet. Lediglich von einem am westlichen Rand befindlichen Startpunkt verlassen die Tracer das Modellgebiet über die Schicht 2.

Die Sickerzeiten betragen von der Basis der Verfüllung bis zum Erreichen der Schicht 2 mehrere Jahre bis Jahrzehnte, bis zum Erreichen der Basalen Schichten vergehen überwiegend hundert Jahre und mehr.

Sickerzeiten bis zum Erreichen der Basalen Schichten betragen hundert Jahre und mehr

Variante 2.2

Fließwege von der Oberfläche des Sickerwassers

Werden in der Variante 2.2 die Tracer an der Oberfläche des Sickerwassers gestartet, vereinigen sich alle Tracer-Spuren in den Pumpstellen (Schächte und B4), keine verlässt den Körper der Verfüllung (vgl. Abb. 21). Das bedeutet, dass die simulierte Sickerwasserhaltung alles Sickerwasser aus dem Bereich der Sickerwasseroberfläche erfasst.

Bis zum Erreichen der Pumpstellen vergehen, je nach Startpunkt, Jahre bis mehrere Jahrzehnte.

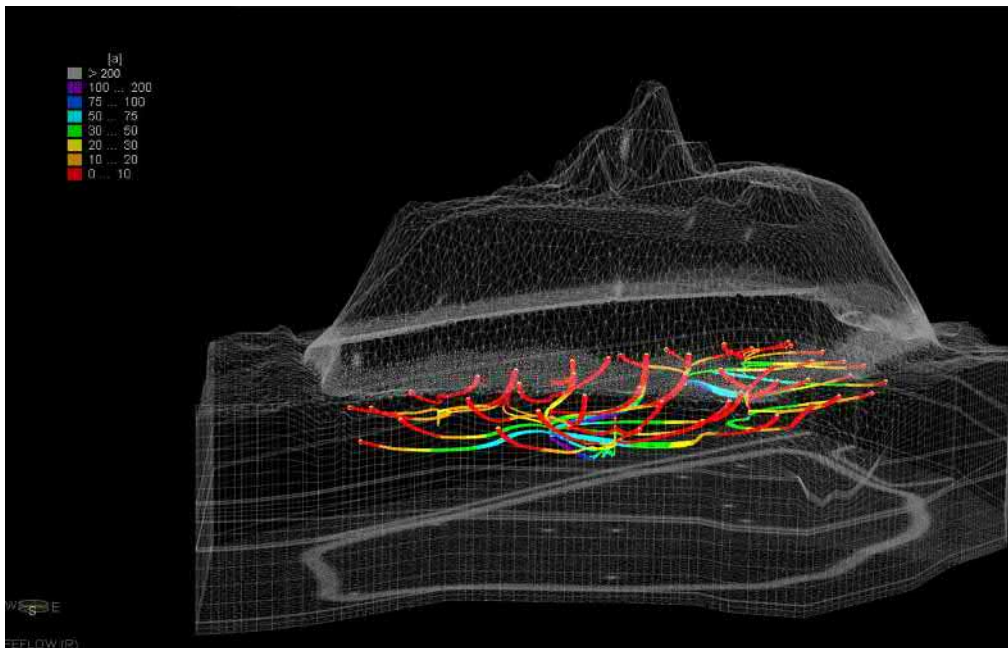


Abb. 21: Tracer-Bewegung von der Sickerwasseroberfläche ausgehend – Variante 2.2, 3D-Darstellung, Blick von Süden

Fließwege von der Basis der Verfüllung

Werden die Tracer an der Basis der Verfüllung gestartet, enden die Tracer-Spuren mit Startpunkten im Norden und in der Mitte der Verfüllung in den Pumpstellen. Lediglich von den Startpunkten im Süden der Verfüllung aus verlassen die Tracer-Spuren die Verfüllung (vgl. Abb. 22) und gelangen nach unterschiedlich langen lateralen Fließstrecken in der Schicht 2 und anschließendem Durchsickern der liegenden Schluff-Ton-Schicht schließlich in die Basalen Schichten. Über diese verlassen sie das Modellgebiet.

Bis zum Erreichen der Pumpstellen werden, je nach Startpunkt, Sickerzeiten von einigen bis mehreren Jahrzehnten benötigt. Erfolgt eine Durchsickerung bis in die Basalen Schichten, werden hierfür aufgrund des sehr geringen vertikalen Druckgradienten mehrere Jahrhunderte benötigt.

Sickerzeiten bis
in die Basalen
Schichten von
mehreren
Jahrhunderten

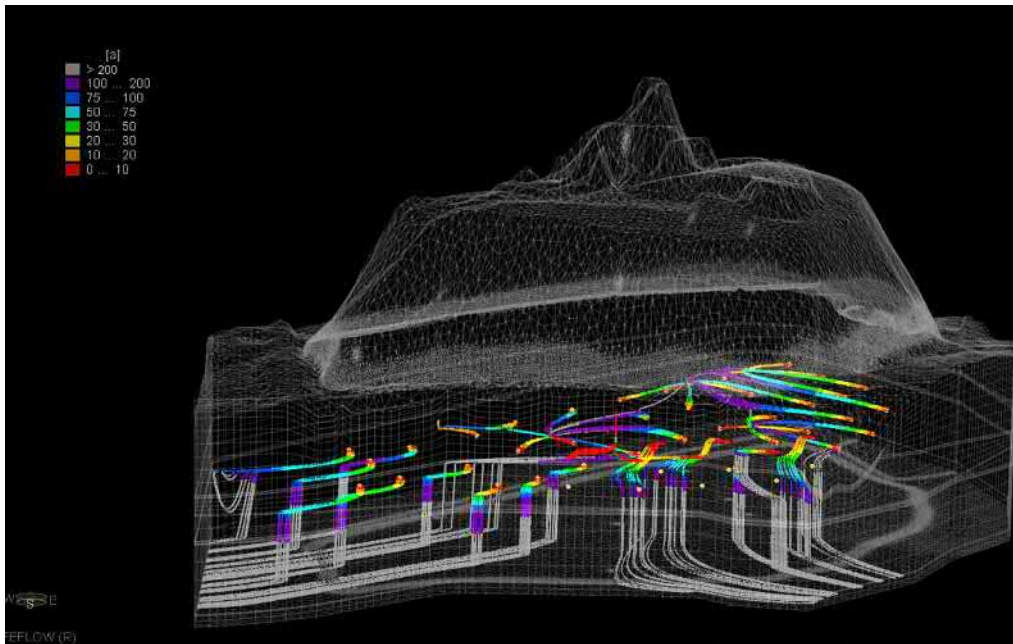


Abb. 22: Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend – Variante 2.2, 3D-Darstellung, Blick von Süden

7.3.7.13 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse des Boxmodells

Die durch den Aufbau und die Anwendung des Boxmodells gewonnenen Erkenntnisse lassen sich folgendermaßen bewerten:

- Die durchgeführten Variantenberechnungen liefern plausible Größenordnungen der durch unterschiedliche Maßnahmen erzielbaren Veränderungen im Grund- und Sickerwassersystem.
- Aus der Modellierung ergibt sich ein plausibles Bild des Wasserhaushalts der Verfüllung und der anstehenden geologischen Schichten. Quantitativ sind die sich bewegenden Wassermengen als klein zu bezeichnen. Bei der Ausgangssituation ergibt sich für den gegenwärtigen Zustand, dass dieser am besten durch eine aktuelle Sickerwasserneubildung und einen Wasserzutritt aus der Schicht 1 in der Größenordnung von ca. 9.000 m³/a erklärt werden kann. Circa 80 % dieses Wassers wird durch die Schächte abgepumpt. Circa 20 % sickert aus der Verfüllung aus (Größenordnung unter 2.000 m³/a), davon ein sehr kleiner Teil via Schicht 1 nach Norden, der weit-aus größte Teil via Basis der Verfüllung nach unten, bis in die Schicht 2 und ggf. weiter bis zu den Basalen Schichten.
- In der Ausgangssituation liegen die Sickerzeiten für den Austrag über die Basis bis zum Erreichen der Schicht 2 in der Größenordnung von einigen Jahrzehnten, bis zu den Basalen Schichten in der Größenordnung von Jahrhunderten.

- Aus den durchgeführten Variantenberechnungen wird ersichtlich, dass sich durch eine Kombination von Oberflächenabdichtung und stärkerer Absenkung des Sickerwasserspiegels der Wasserumsatz in der Verfüllung deutlich reduzieren lässt sowie der Austrag aus der Verfüllung nach Norden unterbunden und der über die Basis um 90 % gemindert werden kann. Die bereits fertiggestellte Oberflächenabdichtung bildet dabei die Haupt-Komponente. Die technischen Maßnahmen an der Sickerwasserfassung zur entsprechenden Absenkung der Wasserstände werden in einer nachgeschalteten Machbarkeitsstudie näher untersucht.
- Ein Austrag von Sickerwasser (in Variante 2.2 insgesamt nur noch 10 % oder weniger gegenüber der Ausgangssituation) kann im Süden der Verfüllung mit der heutigen Anordnung der Sickerwasserentnahmestellen zwar nicht vollständig verhindert werden, die Sickerzeiten nehmen aber deutlich zu und liegen jetzt bei mehreren Jahrzehnten bis zum Erreichen der Schicht 2 und bei mehreren bis vielen Jahrhunderten bis zum Erreichen der Basalen Schichten.
- Für die Lintforter Schichten gehen je nach Richtung k_f -Werte im Bereich von 10^{-8} bis 10^{-10} m/s ein. Es ist nicht gesichert, ob bei so kleinen Werten überhaupt noch eine Wasserbewegung im Sinne des Darcy-Gesetzes, das dem Modell zugrunde liegt, erfolgt oder ob die Bindungskräfte des Wassers an die Feinkornstruktur so groß sind, dass ein freies Fließen nicht mehr möglich ist. In jedem Fall ist davon auszugehen, dass die Bewegung des Sickerwassers mengenmäßig eher noch geringer und zugleich noch langsamer ist als mit dem Modell berechnet. Das Modell überschätzt somit tendenziell die Wasserbewegung (Mengen) und unterschätzt die Fließzeiten.
- Hinsichtlich des hydrochemischen Adsorptionsverhaltens der Schichten unterhalb der Verfüllung liefert das Modell keine Informationen. Hierzu wurden separate Untersuchungen durchgeführt (siehe Kap. 7.3.9).

Bei einer dauerhaften Absenkung des Sickerwasserspiegels in der Verfüllung ist ein Austrag nicht möglich.

7.3.8 Zusätzliche Untersuchungen FLS16 (N1)

Die Teilaufgabe (N1) wurde vollständig abgeschlossen.

Das Grundwasser in der Messstelle FLS16 weist im Vergleich zu den übrigen Grundwassermessstellen der Schicht 1 deutlich erhöhte Konzentrationen an Sulfat sowie Calcium, Magnesium und Hydrogencarbonat auf (vgl. Anl. 4). Als Hypothesen für die möglichen Ursachen kommen an diesem Standort maßgeblich die folgenden Prozesse infrage:

Auffällige Konzentrationen in FLS16

- Eine natürliche Oxidation von Eisendisulfiden (Pyrit, Markasit) im Grundwasserleiter durch Nitrat oder organische Substanz, welche aufgrund einer heterogenen Verteilung in den marinen Sedimenten lokal variieren kann. Diese kann durch Säurefreisetzung zu einer zusätzlichen Lösung von Carbonatmineralen führen.
- Eine Beeinflussung des Grundwassers durch höherkonzentrierte Sickerwässer aus dem Bereich der Verfüllung Mühlenberg.

Um die genetische Herkunft des Sulfats zu klären und daraus Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Ursache der erhöhten Stoffkonzentrationen in der Grundwassermessstelle FLS16 ziehen zu können, wurden an den Grundwassermessstellen FLS13 und FLS16 sowie in Sickerschächten innerhalb der Verfüllung (Schächte A, C und D) Wasserproben genommen und auf ihre Schwefel- und Sauerstoffisotopensignaturen untersucht.

Fazit: Das Sickerwasser, wie es in den Schächten A, C und D analysiert wurde, kann auf Grundlage der Auswertungs-Ergebnisse als Ursache für die erhöhten Sulfatkonzentrationen im Grundwasser der Messstelle FLS16 ausgeschlossen werden.

Sickerwasser ist nicht Ursache für auffällige Befunde in FLS16

7.3.9 Stofftransport und Rückhaltevermögen der Lintforter Schichten (N2)

Die Teilaufgabe (N2) wurde durchgeführt und vollständig abgeschlossen.

Die Sickerwässer der Verfüllung sind durch hohe Konzentrationen an Schwermetallen und Spurenelementen gekennzeichnet, die teils deutlich die zur Beurteilung herangezogenen Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA [28] überschreiten. So treten neben Arsen, Blei und Cadmium vor allem Chrom (hier auch in seiner sechswertigen Form als Chromat), Nickel, Molybdän, Vanadium sowie Kupfer und Zink teils in deutlich erhöhten Konzentrationen auf.

Organische Schadstoffe sind von untergeordneter Relevanz. So liegen die Mediankonzentrationen der polyzyklischen organischen Kohlenwasserstoffe (Summe PAK nach U.S. EPA ohne Naphthalin) im Bereich des GFS-Werts, sowie für Naphthalin, die monoaromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX) und die leichten halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) deutlich unterhalb der jeweiligen GFS-Werte. Ein 2019 durchgeführtes GC-MS-Screening der mittel- und schwerflüchtigen organischen Verbindungen (z. B. alkylierte Aromate, heterosubstituierte PAK, Kohlenwasserstoffe ab C9, PCB, PCB-Ersatzstoffe, Chlorparaffine, Organochlorpestizide und höher chlorierte Aromaten und Phthalate) erbrachte keine Hinweise auf das Vorhandensein solcher Verbindungen in den Sickerwässern.

Aufgrund der erhöhten Gehalte an organischem Kohlenstoff (TOC) von durchschnittlich 0,7 Gew.-% weisen die Lintforter Schichten für unpolare organische Stoffe ein erhöhtes Sorptionsvermögen auf. Darüber hinaus unterstützen die sehr geringen Fließgeschwindigkeiten und die entsprechend langen Verweilzeiten den Abbau organischer Stoffe.

Das Gefährdungspotential der Sickerwässer aus der Auffüllung resultiert demnach in erster Linie aus den anorganischen Wasserinhaltsstoffen, der erhöhten Salinität sowie den erhöhten Konzentrationen an Schwermetallen und Spurenelementen. Salinität, Schwermetalle und Spurenelemente unterliegen keinerlei Abbauprozessen. Konzentrationsabnahmen können nur durch Verdünnungs- und Demobilisationsprozesse erfolgen. Diese sind von den Eigenschaften der durchströmten Schicht abhängig.

Die Mobilität der im Sickerwasser gelösten Wasserinhaltsstoffe wurde unter Berücksichtigung des stoffspezifischen Rückhaltevermögens der durchströmten Lintforter Schichten und der langen Fließzeiten bis zur Basalen Schicht

Modellierung Stofftransport mittels PHREEQC

oberhalb des Ratinger Tons mit einem reaktiven Stofftransportmodell berechnet. Für die hydrochemische Stofftransportmodellierung wurde das Programm PHREEQC (Vers. 3.5; Datensatz: Minteq.v4) des U.S. Geological Survey verwendet.

Mit dem Modell wird das Zusammenwirken geohydraulischer und hydrogeochemischer Prozesse auf der 13 m langen Fließstrecke durch die Lintforter Schichten bis zum Erreichen der Basalen Schichten abgebildet. Die Durchströmung der Lintforter Schichten unterhalb der Basis der Verfüllung erfolgt maßgeblich vertikal (siehe auch Kap. 7.3.7).

Die geohydraulischen Prozesse umfassen die advective Strömung unter Berücksichtigung von Dispersion und Diffusion sowie die diffusive Mischung zwischen dem advektiv verlagerten Wasser und dem immobilen Haftwasser. Der hohe Anteil an immobilem Haftwasser in den überwiegend schluffig ausgebildeten Sedimenten der Lintforter Schichten führt zu einem deutlichen Verdünnungseffekt.

Die im Modell berücksichtigten hydrogeochemischen Prozesse beinhalten die Speziesverteilung der gelösten Wasserinhaltsstoffe, Gleichgewichtsreaktionen und Mineralneubildungen (Fällungsprozesse), den Kationenaustausch sowie die auf den Abbau organischer Substanz beruhende Sulfatreduktion.

Der reaktive Stofftransport und die resultierenden Konzentrationsverteilungen entlang der Fließstrecke und die sich ergebenden Stoffausträge werden über einen Eintragszeitraum von 200 Jahren abgebildet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass auf Grundlage der durchgeführten Modellrechnungen für einen Betrachtungszeitraum von 200 Jahren infolge des Eintrags von Sickerwässern aus der Verfüllung keine Überschreitungen der GFS-Werte oder geogener Konzentrationen des in die Basalen Schichten übertretenden Grundwassers zu erwarten sind. Dies gilt sowohl für ein repräsentatives mittleres „Sickerwasser“, wie es beispielsweise im Sickerschacht „C“ angetroffen wird, als auch für ein höher mineralisiertes und stärker schwermetallbelastetes Wasser, wie es in einzelnen Messstellen innerhalb der Auffüllung auftritt.

keine GFS-Überschreitungen oder Überschreitungen der geogenen Hintergrundkonzentrationen des in die Basalen Schichten übertretenden Grundwassers

Der wesentliche, für alle Wasserinhaltsstoffe identisch wirkende Konzentrationsmindernde Prozess ist die Verdünnung des advektiv einströmenden Grundwassers mit dem immobilen Haftwasser. Dieser Prozess bewirkt eine deutliche Konzentrationsabnahme bereits auf den ersten Metern, so dass sich die eingebrachten Stoffe – auch bei idealer Mobilität – trotz der langen Zeitdauer nicht bis ans Ende der modellierten Stromröhre ausgebreitet haben.

Die Stoffeinträge erreichen somit auch nach der modellierten Eintragsdauer von 200 Jahren nicht die Basis der Lintforter Schichten.

Stoffeinträge erreichen innerhalb 200 Jahren nicht die Basis der Lintforter Schichten

Dies gilt sowohl für die mittleren, repräsentativen Stoffkonzentrationen des Sickerwassers aus den Schächten als auch für die lokal mit deutlich höheren Konzentrationen auftretenden Sickerwässer aus den Sickerwasser-Messstellen.

Neben einer Verdünnung werden eine Vielzahl von Schwermetallen durch Fällungsprozesse in ihren Konzentrationen vermindert. Zink, Kupfer, Molybdän und Nickel werden im Wesentlichen als Sulfide, Blei als Karbonat sowie Chrom-

und Titan als Oxide gefällt. Diese Fällung führt dazu, dass bereits nach einer kurzen Fließstrecke die GFS-Werte durchgängig unterschritten werden.

Darüber hinaus ist für eine Vielzahl von Schwermetallen von einer Sorption und damit einer Retardation an Tonmineralen auszugehen. In der Modellierung wurden diese Effekte für Blei, Zink, Cadmium und Kupfer berücksichtigt. Für Nickel und Vanadium liegen diesbezüglich keine chemisch-thermodynamischen Daten vor. Ein entsprechender Rückhalteeffekt ist aber ebenfalls anzunehmen. Dementsprechend sind die Modellergebnisse und die darauf basierende Bewertung eher als konservativ („Worst Case“) anzusehen.

Fazit: Die Ergebnisse der Betrachtungen zum Stofftransport und Rückhaltevermögen der Lintforter Schichten lassen aufgrund der o. a. Sachverhalte zu den Wassermengen, den Fließzeiten und zur Verdünnung, Fällung und Retardation die Bewertung zu, dass

- für den vergangenen Zeitraum bis zum heutigen Tag,
- den aktuellen Zustand im Herbst 2022 zum Zeitpunkt der Erstellung der Gefährdungsabschätzung und
- auch bei einer Fortdauer des aktuellen Zustandes der Verfüllung

ein relevanter Stoffeintrag aus dem Sickerwasser in die Basalen Schichten nicht stattgefunden hat und innerhalb des Betrachtungszeitraums von 200 Jahren nicht zu erwarten ist.

aktueller
Zustand bewirkt
keinen Schad-
stoffeintrag in
die Basalen
Schichten
innerhalb von
200 Jahren

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.3

Für die angestrebten Ziele und Aussagen der Modellierung (Bilanzierung, Aufzeigen von potentiellen Fließwegen) ist der gewählte modellierte stationäre Ansatz ausreichend und geeignet, um die heutige Situation, die sich über viele Jahre bis zum heutigen Zustand aufgebaut hat, darzustellen und um langfristige Wirkungen verschiedener Handlungsoptionen zu bewerten.

Die durchgeführten Variantenberechnungen liefern plausible Größenordnungen der durch unterschiedliche Maßnahmen erzielbaren Veränderungen im Grund- und Sickerwassersystem.

Die Boxmodellierung legt ein Sickerwasservolumen von 330.000 m³ (mdl. Mitteilung Herr Bruns, CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH) in der Verfüllung zugrunde. Diese Menge korreliert gut mit der errechneten Sickerwassermenge von ca. 260.000 bis 330.000 m³, die sich aus dem in [5] abgeschätzten Volumen der Verfüllung (6,6 Mio. m³), einem Porenvolumen von 10 % (Faktor 0,1) und einem vereinfacht berechneten wassererfüllten Volumen von ca. 40 bis 50 % ergibt (vgl. Kap. 7.7.5.)

Die Modellierung hat ergeben, dass in der Ausgangsvariante – Abbildung eines summarischen Zustandes der letzten 10 Jahre, Stand März 2022 mit Betrieb der Sickerwasserhaltung – ein Sickerwasseraustrag aus der Verfüllung stattfinden kann (Größenordnung bis ca. 1.800 m³/a), aber dass sich die aus der Verfüllung austretenden Mengen durch die Oberflächenabdichtung und die

verstärkten Entnahmen von Sickerwasser über die Basis deutlich – um ca. 90-95 % – gegenüber dem eingestellten Zustand reduzieren lassen bzw. schon reduziert haben.

Die bei Umsetzung der Maßnahmen (z. B. Variante 2.2) verbleibenden direkt lateral austretenden Mengen in die Schicht 1 sind vernachlässigbar (1-2 m³/a). Bei dieser Variante ergibt sich, dass ein Austritt von Sickerwasser aus der Verfüllung nahezu ausschließlich über die Basis der Verfüllung stattfindet.

Ein anhaltender lateraler Austrag in die Schicht 1 ist auf der Grundlage der Ergebnisse bei Umsetzung der simulierten Maßnahmen (zus. Entnahme im Bereich der B4) auszuschließen. Die modelltechnisch errechneten, aus der Verfüllung über die Basis ausgetragenen Mengen an Sickerwasser (ca. 100-200 m³/a bzw. 0,3-0,6 m³/Tag) gelangen nahezu ausschließlich über die Tone und Schluffe der Lintforter Schichten und einen Zwischentransport über die Schicht 2 unterhalb der Verfüllung in die Basalen Schichten. Die ermittelten Fließzeiten bis in die Basalen Schichten liegen bei > 200 Jahren.

Mit dem Boxmodell wird ausschließlich die advective Grundwasserbewegung betrachtet. Zusätzlich zu den ermittelten Fließzeiten bewirkt das Zusammenwirken von geohydraulischen/physikalischen (u. a. Verdünnung, Dispersion, Diffusion etc.) und hydrochemischen (u. a. Gleichgewichtsreaktionen, Mineralneubildungen, Kationenaustausch, Abbau organischer Substanzen etc.) Reaktionen innerhalb der Lintforter Schichten, dass selbst bei einem Betrachtungszeitraum von 200 Jahren im derzeitigen Zustand der Verfüllung aus dem Sickerwasser kein relevanter Stoffaustrag durch die Lintforter Schichten bis in die Basalen Schichten erfolgt.

Trotz dieser Ergebnisse werden zur weiteren Langzeitbeobachtung Grundwasserüberwachungsmaßnahmen in den vorhandenen Grundwassermessstellen der Schichten 1 und 2 sowie in den Basalen Schichten als sinnvoll und notwendig erachtet. Diese sind in das übergreifende Grundwassermonitoring des Bereichs Gartroper Mühlenbach zu integrieren.

7.4 Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Oberflächenabdichtung (AP 4)

Die Teilaufgabe

- Lieferung Unterlagen Qualitätssicherung (Eigenprüfung und Fremdprüfungen) (AP 4.1)

ist erfolgt.

Vorgelegt wurden die Eigen- und Fremdprüfungsunterlagen, zu denen die Gutachter des Kreises Wesel eine Stellungnahme zur (Langzeit-)Wirksamkeit der Oberflächenabdichtung verfassen sollen. Hierzu wurden aber noch weitere Unterlagen zu den Komponenten des Oberflächenabdichtungssystems angefordert.

Die Fremdprüfung bescheinigt für beide Bauabschnitte der Tondichtung einen anforderungskonformen Einbau der mineralischen Dichtung und empfiehlt die Abnahme durch die Behörde. Dieses beinhaltet auch die Oberflächenneigung.

Die gutachterliche Stellungnahme ist daher noch nicht fertiggestellt. Ob hinsichtlich der (Langzeit-)Wirksamkeit der Oberflächenabdichtung Bedenken bestehen oder nicht, wird sich aus der Stellungnahme ergeben. Derzeit ist dazu noch keine abschließende Aussage möglich.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass vorbehaltlich der abschließenden Prüfung (nicht Gegenstand der vorliegenden Gefährdungsabschätzung) der vorgelegten oder noch vorzulegenden Unterlagen (z. B. Bestand Oberkante mineralische Dichtung) in der Koordinierungsgruppe auf der Grundlage der vorliegenden Daten für die optionalen Arbeitsschritte

abschließende
Prüfung der
Unterlagen
steht noch aus

- geoelektrische Messungen zur Erfassung von Einstaubereichen in der Rekussschicht (AP 4.2),
- weitere Schürfe in Bereichen, wo erhöhte Durchlässigkeiten vermutet werden (AP 4.3),
- Einbau von Elektroden zur Feststellung der Bodenfeuchte unterhalb der Oberflächendichtung (AP 4.4) optional

kein weiterer Untersuchungsbedarf gesehen wurde.

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.4

Im Hinblick auf die Fragestellung der Gefährdungsabschätzung ist festzuhalten, dass die Oberflächenabdichtung grundsätzlich als wirksam im Hinblick auf eine Sickerwasserneubildung aus Niederschlägen einzustufen ist.

Infolge von zu vermutenden „Imperfektionen“ bei der Herstellung und nicht auszuschließenden „Alterungsvorgängen“ (z. B. Durchwurzelung, Rissbildung in Folge differentieller Setzung) ist heute und in der Zukunft eine begrenzte Restdurchsickerung anzunehmen.

Die im Rahmen der Boxmodellierung angesetzte Durchsickerungsmenge von 15 mm/a ist aus unserer Sicht realistisch und in der Realität dann akzeptabel, wenn eine ausreichende und technisch langfristig gesicherte Sickerwasserfassung betrieben wird. Die derzeit in Umsetzung befindliche Vervollständigung der Rekultivierungsschicht steuert dann über die Evapotranspiration den Wasserhaushalt, damit die Beaufschlagung der Dichtung und trägt zur (Langzeit-) Wirksamkeit des Oberflächenabdichtungssystems bei.

Hinsichtlich der (Langzeit-)Wirksamkeit des Oberflächenabdichtungssystems mit seinen Komponenten muss das Ergebnis der gutachterlichen Stellungnahme abgewartet werden. Die abschließende Bewertung erfolgt nach Vorlage der gutachterlichen Stellungnahme.

7.5 Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Randabdichtung („Tonkeil“) (AP 5)

Die Teilaufgabe

- nachträgliche Untersuchungen (Schürfe, Stechzylinder) (AP 5.1)

wurde im Rahmen der Errichtung der Schürfe abgearbeitet ([13], [14], [15], [17], [21], [22]). Die Ergebnisse sind in der Dok. 3 separat enthalten.

Zusammenfassend ist Folgendes festzustellen:

- Die Ergebnisse der Eigenprüfungsuntersuchungen an den Stechzylinderproben (DIN 18 125, Teil 2; Ausstechzylinder-Verfahren) durch das Büro GeoLab liegen vor. Allerdings fehlt hier noch eine abschließende gutachterliche Bewertung.
- Die Fremdprüfung durch die Limes GmbH hat ergeben, dass die beurteilungsrelevanten Parameter nach TM-TA (Tonanteil, Verdichtungsgrad und Wasserdurchlässigkeit) sicher eingehalten werden. Allerdings fehlt auch hier noch eine abschließende gutachterliche Stellungnahme.

Vorgelegt wurden von der Eigenprüfung und der Fremdprüfung ausschließlich Datenblätter der Ergebnisse ohne Bericht.

Abschließende
Prüfung der
Unterlagen
steht noch aus

Eine zusammenfassende Bewertung der Langzeitwirksamkeit der Randabdichtung wird nach Nacharbeit der bekannten Fehlstellen unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Eigen- und Fremdprüfungsunterlagen und den neuen Ergebnissen erstellt. Zum jetzigen Zeitpunkt belegen die Proben an den Schürfen, dass der Tonkeil die Anforderungen hinsichtlich der Dichtheit erfüllt und somit keine Gefahr zu besorgen ist.

Weitere Untersuchungen werden derzeit vorbehaltlich der abschließenden Stellungnahme als nicht erforderlich angesehen.

Die Teilaufgabe

- geoelektrische Messungen und Pseudosektionen (AP 5.2) optional

wurde nach Abstimmung in der Koordinierungsgruppe als nicht erforderlich für die abschließende Gefährdungsabschätzung bewertet.

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.5

Hinsichtlich der Langzeitwirksamkeit der bestehenden Randabdichtung bestehen keine grundsätzlichen Bedenken. Die dokumentierten vereinzelt Mängel des Verdichtungsgrades sind gutachterlich zu bewerten. Voraussetzung ist insbesondere, dass die festgestellten Mängel im Bereich der Schürfe 4 und 5 fachgerecht behoben werden. Die Arbeiten sind ingenieurtechnisch zu planen, zu überwachen, bautechnisch einwandfrei auszuführen und zu dokumentieren. Für die Bewertung im Hinblick auf die Gefährdungsabschätzung sind die Arbeiten nicht relevant.

7.6 Deponiegasuntersuchungen¹² (AP 6)

Ziel der seit Frühjahr 2021 bis Mitte 2022 durchgeführten Untersuchungen war es, eine Einschätzung zur stofflichen Zusammensetzung der Luft im Verfüllkörper zu ermöglichen, wobei neben der Prüfung der Gehalte an deponietypischen Gasen (Methan, Kohlendioxid, Stickstoff, Sauerstoff) auch Informationen hinsichtlich der leichtflüchtigen monoaromatischen und halogenierten Kohlenwasserstoffe gewonnen werden sollten. Es wurden insgesamt sechs Probenahmeaktionen durchgeführt.

Die zuvor bzw. begleitend von 2019 bis Ende 2021 erfolgten Untersuchungen der in bis zu sechs Lemberg-Boxen oberflächennah gesammelten Luft auf der Verfüllung dienten der Überprüfung möglicher Migrationen von flüchtigen Substanzen aus der Verfüllung über die mineralische Dichtungsschicht bis in die Außenluft. Entsprechende Untersuchungen erfolgten an insgesamt 10 Terminen zu unterschiedlichen Jahreszeiten und bei divergierenden Witterungseinflüssen.

Schließlich wurde auch die Zusammensetzung der Luft in den in der Verfüllung liegenden Sickerwasserschächten laboranalytisch überprüft.

Die Teilaufgabe

- Errichtung von Bodenluftmessstellen (AP 6.1)

wurde vollständig abgeschlossen. Die Errichtung von zunächst 22 Bodenluftmessstellen (BL) erfolgte im April 2021. Da zwei Messstellen (BL 5 und BL 21) aufgrund von Staunässe bereits von Beginn an nicht beprobt werden konnten und weil bei Auswertung der Ergebnisse der ersten beiden Untersuchungskampagnen bei einigen Bodenluftmessstellen Unsicherheiten hinsichtlich der Abdichtung und der Lage der Filterstrecken entstanden, wurden im April 2022 an vier Lokationen neue Messstellen errichtet (BL 14/1, BL 18/1, BL 19/1, BL 22/1) und auch die bis dahin nicht beprobten Messstellen wurden ersetzt (BL 5/1, BL 21/1).

Die Teilaufgabe

- Probenahme Bodenluft (AP 6.2)

wurde vollständig abgeschlossen. Die Gewinnung der Bodenluft in den zunächst errichteten 22 Bodenluftmessstellen erfolgte dabei an vier im Zeitraum 07/2021 bis 04/2022 angesetzten Terminen. Dabei konnten die BL 5 und BL 21 aufgrund von Staunässe jeweils nicht beprobt werden, so dass je Untersuchungskampagne 20 Proben in die Analytik gelangten.

¹² Im Arbeitsplan wurde definiert, dass Untersuchungen zum Deponiegas stattfinden müssen. Die durchgeführten Untersuchungen der AP 6.1 bis 6.3 umfassen die Untersuchungen der Bodenluft im Verfüllkörper auf deponietypische Parameter wie z. B. Methan, CO₂, H₂S und weitere. Im Folgenden wird daher immer von Bodenluftuntersuchungen und den Ergebnissen der Bodenluftuntersuchungen gesprochen.

Wie in AP 6.1 ausgeführt, wurden die zwei vernässten sowie vier weitere Messstellen im April 2022 neu errichtet und im gleichen Monat zusammen mit allen weiteren Messstellen beprobt (Anzahl = 26 Proben). Schließlich wurden die vier Standorte mit Doppelmessstellen und die beiden neu errichteten Messstellen im Juli 2022 ein weiteres Mal beprobt (Anzahl = 10 Proben).

Die Teilaufgaben

- Analyse Bodenluft (AP 6.3)
- Messung des Differenzdrucks zwischen Verfüllkörper und Außenluft (AP 6.4)

sowie die zusätzlich aufgenommene Teilaufgabe

- Messung der deponietypischen Bodenluftparameter in den Sickerwassersammelschächten (N3)

wurden vollständig abgeschlossen.

Die Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen sind zusammenfassend im Bericht der IFUA-Projekt-GmbH (Anl. 3) erläutert und fachlich gewürdigt.

Hinsichtlich der Durchführung und Untersuchung der in den Lemberg-Boxen gesammelten Luft liegen insgesamt 10 eigenständige Berichte vor. Die in diesem Kontext gewonnenen Erkenntnisse sollen hier als Fazit in die Betrachtung einfließen und werden nicht im Einzelnen detailliert aufgeführt.

Es ist Folgendes festzustellen:

In den Luftproben aus den Lemberg-Boxen konnten zu keinem der an 10 Terminen ermittelten Daten Gehalte ermittelt werden, die auf Ausgasungen aus der Verfüllung schließen ließen. Daher wurde das Monitoringprogramm „Lembergboxen“ mit der letzten Beprobung im Dezember 2021 beendet, zumal die Ergebnisse, die ohnehin zu keinem Zeitpunkt bewertungserhebliche Daten lieferten, über die Zeit so weit gesunken waren, dass sie weitestgehend unter bzw. im Bereich der Nachweisgrenzen lagen.

Lembergboxen
ohne relevante
Befunde

Auch die Ergebnisse der Luftproben aus den zweimalig (einmal offen, einmal provisorisch abgedichtet) untersuchten Sickerwasserschächten A bis E waren durchweg unauffällig.

Luft in den
Schächten
unauffällig

Die von 2021 bis Mitte 2022 ermittelten Gehalte in der Bodenluft lassen abschließend nicht auf ein relevantes Gasbildungspotential im Verfüllkörper schließen. Zwar wurde Methan und untergeordnet Wasserstoff in einzelnen Messstellen in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen, doch verbleibt es offensichtlich vor Ort und migriert nicht aus der Verfüllung über die Oberflächenabdichtung in die Atmosphäre. Dieser stationäre Zustand wird zudem belegt durch die geringen Druckdifferenzen, die bei der Gewinnung der Bodenluftproben ermittelt wurden. Die Quelle für die stellenweise erhöhten Methangehalte kann eingelagertes organisches Material sein, eine Herkunft aus den HMVA ist unwahrscheinlich (vgl. [30]). In diesen Untersuchungen zeigte sich, dass die mikrobiell induzierte Ausgasung in MVA-Schlacke vernachlässigbar klein ist.

kein relevantes
Gasbildungs-
potential

Weiterhin ist festzustellen, dass die Gehalte an leichtflüchtigen Monoaromaten (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole = BTEX) und leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) durchweg unter oder im Bereich der Bestimmungsgrenze ausfielen, so dass auch mit Blick auf diese Spurengase kein Gefährdungspotential besteht.

keine leicht-
flüchtigen
Monoaromaten
nachgewiesen

Abschließend werden somit keine Maßnahmen zur Vermeidung klimarelevanter oder gefährdungsrelevanter Emissionen für erforderlich erachtet.

Im Gutachten der IFUA-Projekt-GmbH (vgl. Anl. 3) wird empfohlen, nach Fertigstellung der Oberflächenabdichtung Messungen im Sinne einer Beweisführung auf der Oberfläche im Umfeld der acht BL-Messstellen, die in 2022 noch geringfügig auffällig waren, mittels eines verzögerungsfrei arbeitenden Methan-Messgerätes durchzuführen. Ziel ist es zu belegen, dass weiterhin bodennah keine Emissionen von Methan nachzuweisen sind und die Oberflächenabdichtung ein Austreten des als klimarelevant geltenden Gases sicher verhindert. Bis zum Vorliegen der Ergebnisse sollten die sechs im April 2022 neu errichteten Bodenluftmessstellen zunächst erhalten werden.

Desweiteren wird als sinnvoll erachtet, diesen Status in Form eines Monitorings – welches in Art und Umfang noch zu präzisieren wäre – auch zukünftig in angemessenen Zeiträumen zu belegen.

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.6

Ein relevantes Gasbildungspotential im Verfüllkörper kann nach den vorliegenden Erkenntnissen ausgeschlossen werden. Gleichwohl sollten vorsorglich Arbeitsschutzmaßnahmen bei Eingriffen in den Verfüllkörper geprüft und ggf. durchgeführt werden (begleitende Messungen und Maßnahmen bei auffälligen Befunden).

Langzeitbeobachtungsmaßnahmen in angemessenen Zeitabständen (z. B. alle 5 Jahre) werden als sinnvoll angesehen. Die Empfehlungen des Gutachters, der IFUA-Projekt-GmbH, sollten daher umgesetzt werden.

7.7 Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials der Verfüllung (AP 7)

7.7.1 Sickerwasseruntersuchungen

Die Teilaufgabe

- regelmäßige Probenahme Sickerwasser (AP 7.1)

wurde vollständig ausgeführt.

Die gemäß Ordnungsverfügung des Kreises Wesel vom 05.08.2019 ([4]) durchzuführenden quartalsweisen Beprobungen und Untersuchungen des Sickerwassers wurden fortgeführt und in regelmäßigen Berichten dokumentiert.

Der Parameterumfang umfasst neben den üblichen Vor-Ort-Parametern die Parameter BTEX, DOC, CSB und Schwermetalle sowie Cyanide, Molybdän und PAK (vgl. Tab. 11).

Tab. 11: Parameterumfang

Parameter	SiWa-Schächte (Schacht A-E) und SiWa-Messstellen (B2-B5)
Vor-Ort-Parameter	X
CSB	X
DOC	X
Chlorid, Natrium, Sulfat, Ammonium	X
Cyanide gesamt	X
<i>MKW</i>	
PAK	X
BTEX	X
<i>LHKW</i>	
Schwermetalle (As, Pb, Cd, Cr, CrVI, Cu, Ni, Hg, (Ti) ¹³ , V, Zn)	X
Molybdän	X

Anmerkung: Die nicht markierten Parameter wurden aus dem Untersuchungsprogramm entfernt, da sie dauerhaft nicht im Mühlenberg nachgewiesen wurden.

7.7.1.1 Bewertungsgrundlagen

Es liegen keine Grenzwerte für eine Beurteilung von Sickerwässern vor.

Analog zu den vorherigen Gutachten der ahu GmbH wird zur groben Einstufung der Analysen der Änderungsbescheid vom 13.12.1999 (Kreis Wesel) herangezogen. Hierin werden Grenzwerte für verschiedene Abfallarten unterschieden. Die Grenzwerte gelten für diverse zur Ablagerung genehmigte Abfälle, gewonnen mit einem 10:1-Eluataufschluss. Der 10:1-Aufschluss stellt nicht die realen Milieubedingungen im Verfüllkörper dar.

Da im Sickerwasser die Materialherkunft nicht mehr bekannt ist (Mischwasser), wurden aus allen Grenzwerttabellen pro Parameter jeweils die Minimal- und Maximalwerte ermittelt und in Tab. 12 zusammengestellt. Die dargestellten Werte sollen hier lediglich als Richtwerte für die Bewertung der festgestellten Schadstoffgehalte dienen.

¹³ Bei Einsatz von Loggergehäusen aus Titan sind die Messungen auf Titan so zu gestalten, dass sie interpretierbar sind.

Tab. 12: Eluat-Grenzwerte gemäß Änderungsbescheid (Kreis Wesel) vom
 13.12.1999

Parameter	Einheit	Einbauwerte (Eluat) gem. Änderungsbescheid	
		min. Einbauwerte	max. Einbauwerte
pH-Wert	-	7 bis 9	5 bis 13
El. Leitfähigkeit	µS/cm	200	12.000
Phenolindex	µg/l	10	50
Arsen	µg/l	10	100
Blei	µg/l	40	100
Cadmium	µg/l	2	10
Chrom (gesamt)	µg/l	20	350
Chlorid	mg/l	20	100
Cyanid (gesamt)	µg/l	-	-
Kupfer	µg/l	10	150
Nickel	µg/l	20	150
Quecksilber	µg/l	0,2	2
Sulfat	mg/l	100	2.000
Thallium	µg/l	3	3
Zink	µg/l	100	300
Eisen	µg/l	1.000	1.000
Molybdän	µg/l	-	-
Vanadium	µg/l	-	-
PAK	µg/l	3	3
KW	µg/l	-	-

Die wesentlichen Ergebnisse sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

7.7.1.2 Sickerwasserschächte

Salze

Die Chemie des Sickerwassers in den Schächten zeichnet sich weiterhin durch hohe elektrische **Leitfähigkeiten** (5.140 µS/cm bis 16.340 µS/cm) und hohe **Chlorid- und Sulfatgehalte** mit 310 bis 4.200 mg/l bzw. 1.000 bis 2.300 mg/l aus.

Auffällig sind in **Schacht D** temporär geringe Chloridkonzentrationen im Zeitraum Anfang 2017 bis Mitte 2018 sowie deutlich geringere elektrische Leitfähigkeiten von Mitte 2015 bis Mitte 2018 (vgl. Abb. 23). Die übrigen Schächte zeigen diese Auffälligkeiten nicht.

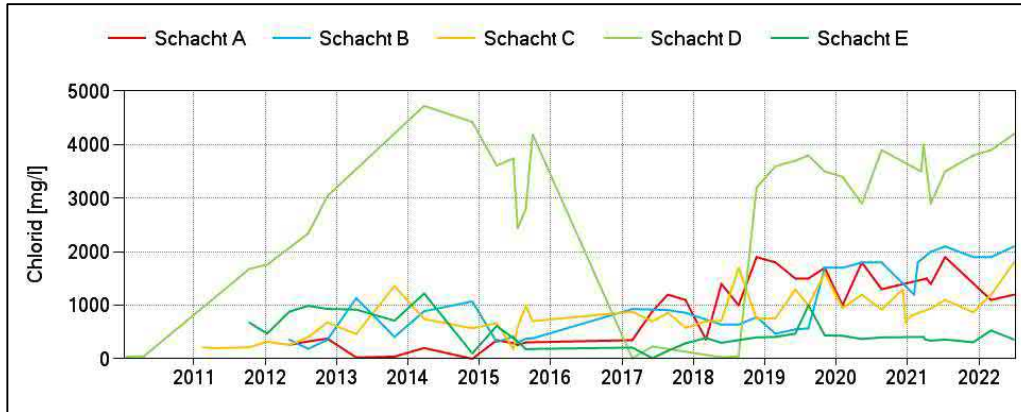


Abb. 23: Ganglinien der Chlorid-Konzentrationen in den Schächten

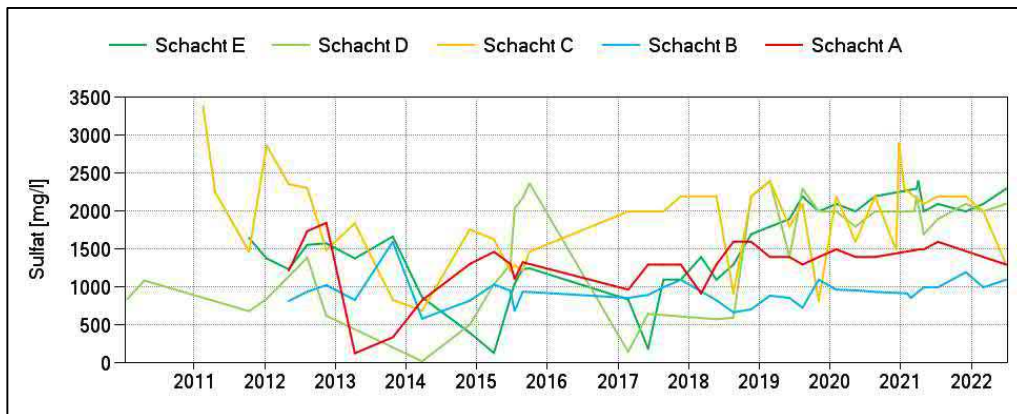


Abb. 24: Ganglinien der Sulfatkonzentrationen in den Schächten

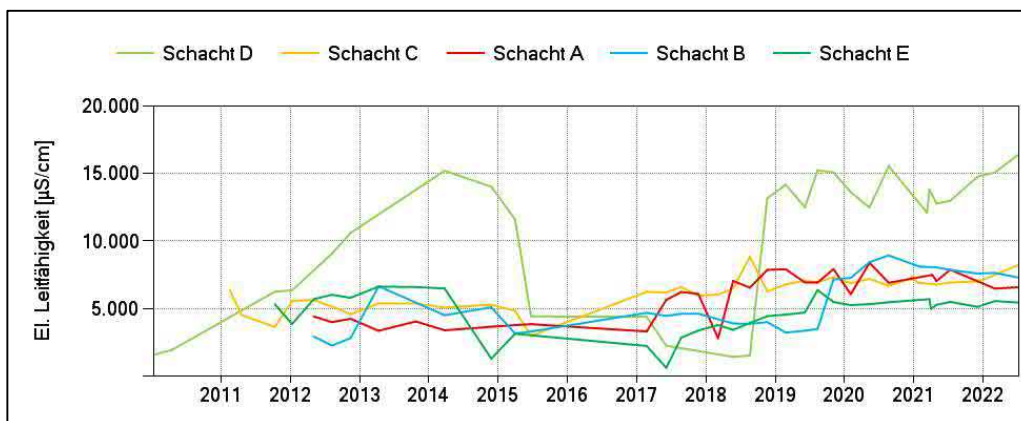


Abb. 25: Ganglinien der elektrischen Leitfähigkeit in den Schächten

In **Schacht B** zeigt sich seit Ende 2019 ein Anstieg der Chlorid- und Natriumkonzentrationen (einhergehend mit Verdopplung der elektrischen Leitfähigkeit) gegenüber den früheren Werten (Abb. 26). Anfang 2021 sinken die Werte pumpversuchsbedingt ab, steigen aber anschließend über das Ursprungsniveau an und liegen seither auf konstant hohem Niveau.

In der Vergangenheit war der **Schacht D** im Vergleich zu den anderen Schächten wegen seiner geringen Sauerstoffgehalte < 6 mg/l, seiner besonders hohen elektrischen Leitfähigkeit mit z. T. > 10.000 µS/cm und seinen sehr hohen Chloridkonzentrationen > 2.000 mg/l auffällig (vgl. [1], Tab. 1).

Dies bestätigte sich bei den Folgebeprobungen in den Jahren 2017/2018 zunächst nicht: Die Chemie in Schacht D war hier vergleichbar mit der Chemie in den übrigen Schächten.

Seit der Beprobung im November 2018 werden in **Schacht D** jedoch sowohl für Chlorid als auch für CSB, DOC und Ammonium wieder dauerhaft vergleichbar hohe Werte wie vor dem Jahr 2017 nachgewiesen (vgl. Abb. 27). Die übrigen Schächte zeigen hierbei weiterhin keine deutlichen Auffälligkeiten.

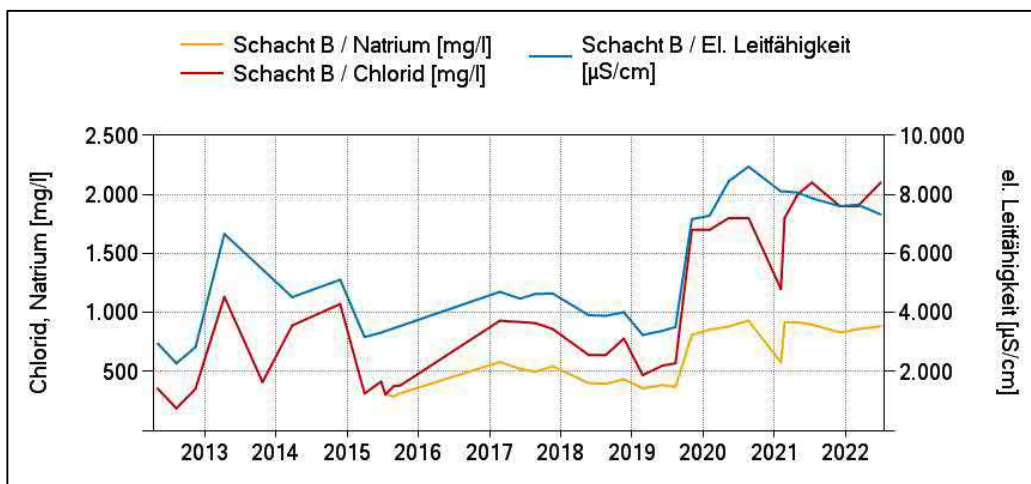


Abb. 26: Ganglinien der Salze in Schacht B

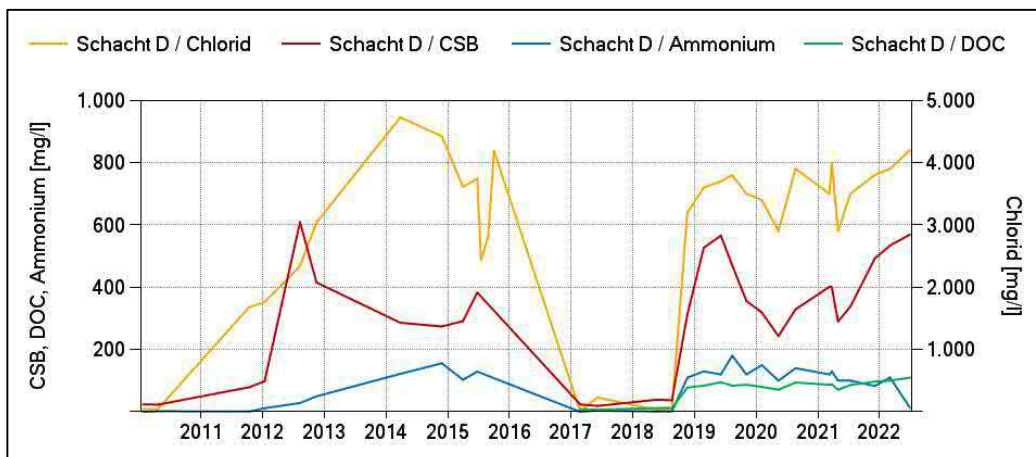


Abb. 27: Ganglinien ausgewählter Parameter in Schacht D

CSB, DOC und Ammonium

Die Parameter CSB, DOC und Ammonium stammen voraussichtlich vorwiegend aus Rostaschen der Müllverbrennung. Sie korrelieren z. T. mit den Chloridgehalten (vgl. Schacht D, Abb. 27). In den Bohrungen zu den Sickerwassermessstellen B2 bis B4 ergeben sich Hinweise, dass stellenweise und in tieferen Abschnitten z. T. auch Hausmüll, Holz, Holzfasern, Müll, Papierreste, Pappe sowie „organisches Material“ eingelagert wurde. Ob an anderer Stelle und in geringeren Verfüllungstiefen (näher an der Oberfläche der Verfüllung) nennenswerte Anteile organischen Materials eingelagert wurden, ist nicht im Einzelnen bekannt. Das ist für die Gesamt-Bewertung allerdings nicht relevant. In der Literatur [30] wird beschrieben, dass bei aufgearbeiteten MVA-Schlacken eine geringe Gasbildungsmenge modelliert wurde und dass von hier exemplarisch genannten 17.000 mg/kg TOC ca. 1 % leicht löslich sind. Bei geringen Sickerwassermengen wäre das ein möglicher Erklärungsansatz für die erhöhten DOC-Konzentrationen im Sickerwasser.

BTEX, Cyanide

Bei den aktuellen Beprobungen wurden einmalig **BTEX** in geringer Konzentration (0,6 µg/l) im Schacht D nachgewiesen. In den übrigen Schächten wurden keine BTEX festgestellt. **Cyanide** wurden in zwei Schächten mit max. 0,22 mg/l (Schacht D) festgestellt. Schacht A hatte im März 2022 im Gegensatz zu allen vorherigen Beprobungen (im Durchschnitt 0,23 mg/l) keinen Cyanid-Nachweis, bei der Juni-Beprobung 2022 wurden aber wieder Cyanide im üblichen Messbereich (0,1 mg/l) festgestellt.

Wassertemperaturen in den Schächten bei den Probenahmen

Die verschiedenen Sickerwassertemperaturen sind in [3] und [5] beschrieben. Bei den Probenahmen werden veränderte Wassertemperaturen dokumentiert, die im Folgenden erläutert werden.

Wassertemperaturen erhöht

Die **Wassertemperatur**¹⁴ in den Schächten ist mit rund 10 bis 20 °C durchschnittlich höher als die „normale“ Grundwassertemperatur (ca. 10 bis 12 °C). Im Dezember 2021 waren die Temperaturen mit ca. 6 bis 14 °C (Schächte A-D) vermutlich witterungsbedingt gesunken. Im Juni 2022 waren die Temperaturen vermutlich ebenfalls witterungsbedingt mit 18 bis 28 °C überdurchschnittlich hoch. Bis ca. März 2021 nahm Schacht D eine Sonderstellung ein, mit durchgehend den höchsten Temperaturen unter den Schächten und vereinzelt deutlich erhöhten Temperaturen um 30 °C (im Jahr 2018). Seit dem Jahr 2021 fügt sich der Schacht D in die Temperaturkurven der übrigen Schächte ein.

Im Vergleich zu den Temperaturen der Sickerwassermessstellen liegen die Temperaturen im Sickerwasser der Schächte um 5 bis 15 °C niedriger. Diese Diskrepanz lässt sich zum einen aus den Temperaturprofilen (durchgeführt im September 2020) erklären, in denen eine Abnahme der Temperatur von ca. 0,5 °C je

¹⁴ Die Sickerwassertemperaturen werden bei der Probenahme in den Schächten an der Zapfstelle (Container in Straßennähe) gemessen. Bedingt durch die großen Längen der Zuleitungen werden die Werte witterungsbedingt verändert und stellen nicht die Temperaturen im Untergrund dar, die von den Datenloggern gemessen werden.

Meter Tiefe in den einzelnen Schächten gemessen wurde. Die Beprobung der Sickerwassermessstellen erfolgt durch Schöpfbeprobungen und daher oberflächennah, während die Schächte über Pumpen in deutlich größerer Tiefe mit einer Mischung verschieden temperierter Wässer beprobt werden. Zum anderen kommt es bei den Schächten bei der Probenahme zu witterungsbedingten Beeinflussungen der Temperaturen in den Rohrleitungen.

Schwermetalle¹⁵

Titan wird aktuell nur einmalig in Schacht E (03.12.2021, 60 µg/l) nachgewiesen. Bei den bisher festgestellten Ti-Konzentrationen handelt es sich um einmalige Nachweise bis max. 90 µg/l ohne präferiertes Vorkommen in einem bestimmten Schacht.

Vanadium ist weiterhin in allen Schächten in erhöhten Konzentrationen bis max. 280 µg/l (vorwiegend Schacht E) vorhanden. In den Schächten D und E sind über den Gesamtzeitraum bis ins Jahr 2020 leichte Anstiege der Konzentration zu erkennen, aktuell sind die Werte hier aber auf einem stabilen Niveau (Abb. 28).

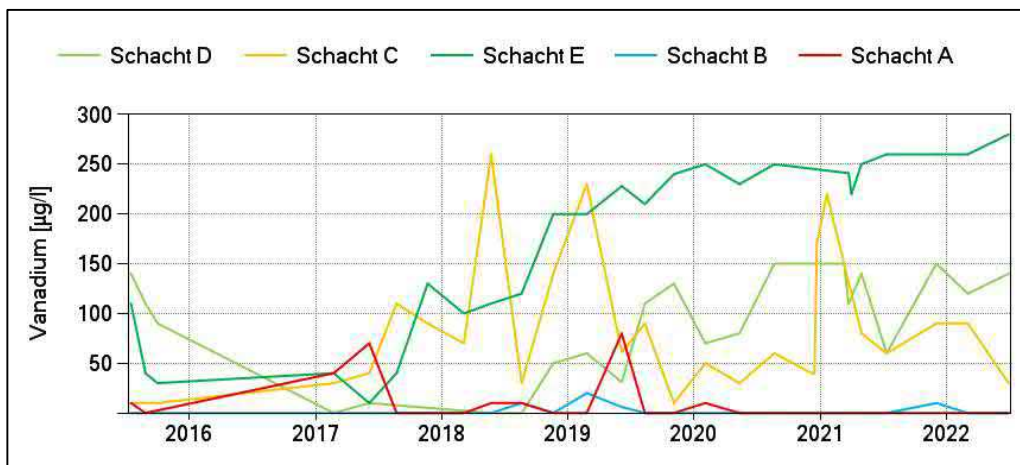


Abb. 28: Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den Schächten

Die **Molybdän**-Nachweise sind in allen Schächten, insbesondere in den Schächten C und E, mit 210 bis 12.100 µg/l hoch, wobei Schacht E auch hier einen weiter steigenden Trend aufwies. Aktuell sind die Werte stabil (vgl. Abb. 29). Zum Vergleich: Im Eluat der Pellets wurden Konzentrationen um 200 µg/l nachgewiesen. Das Molybdän rührt daher wahrscheinlich eher von den Schlacken her als von den eingelagerten Pellets.

¹⁵ Vgl. [29]: Zu den Parametern Arsen, Chrom VI, Quecksilber, Molybdän und Antimon werden vergleichsweise hohe Mobilitäten angegeben.

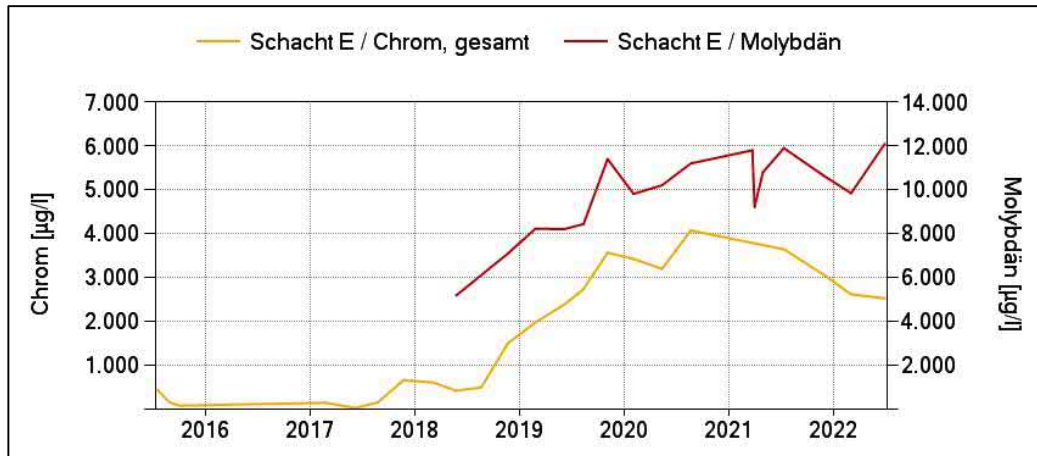


Abb. 29: Ganglinien auffälliger Schwermetalle in Schacht E

Vereinzelt wird in den Schächten A bis D **Chrom** nachgewiesen (aktuell max. 48 µg/l, Schacht D). In **Schacht E** hingegen liegt die Chromkonzentration seit November 2017 dauerhaft über dem Vergleichswert (350 µg/l gem. Änderungsbescheid vom 13.12.1999) und weist bis Ende 2020 einen stark steigenden Trend auf, mit einem Maximum von 4.070 µg/l im August 2021 (vgl. Abb. 29). Seitdem sinken die Konzentrationen leicht, sind jedoch mit aktuell 2.520 µg/l weiterhin sehr hoch. Der Anteil an **Chrom VI** beträgt aktuell 70 bis 100 %.

Für **Zink** liegen mit 540 µg/l (Schacht C, 04.03.2022) und 320 µg/l (Schacht D, 03.12.2021) bei den aktuellen Beprobungen vergleichbar zu den Vorjahren vereinzelte Überschreitungen des Vergleichswertes (Änderungsbescheid vom 13.12.1999: 300 µg/l) vor. Bei der Juni-Beprobung ist ein deutlicher Anstieg der Zinkkonzentration in allen Schächten zu verzeichnen (750 bis 2.730 µg/l). Die Ursache ist derzeit noch nicht abschließend geklärt.

Vereinzelt werden in den Schächten auch **Cadmium** (max. 2 µg/l, **Schacht E**), **Kupfer** (max. 63 µg/l), **Nickel** (max. 29 µg/l) und **Quecksilber** (0,9 µg/l, Schacht D) festgestellt. Dabei wird aktuell keiner der Vergleichswerte gem. Änderungsbescheid vom 13.12.1999 [4] überschritten.

7.7.1.3 Sickerwassermessstellen¹⁶

Das Wasser in den Sickerwassermessstellen (B2, B4) zeichnet sich weiterhin durch sehr hohe **elektrische Leitfähigkeiten** (max. 22.900 µS/cm) sowie hohe **Chlorid- und Sulfatgehalte** aus (max. 6.700 mg/l bzw. max. 1.900 mg/l). Die Werte liegen dabei im Vergleich zu den Sickerwasserschächten um etwa das Dreifache höher, für Sulfat um etwa das Sechsfache. Auch die deutlich höheren **Wassertemperaturen** bis 32,1 °C sind bemerkenswert. Die Werte zeigen die Heterogenität des Verfüllkörpers, bedingt durch die unterschiedlichen Verfüllhistorien bei B2/B4 und B3 (vgl. Kap. 7.7.4.2). Eine Ausnahme bildet dabei B3, in der mit < 1.500 mg/l Chlorid und < 100 mg/l Sulfat dauerhaft erheblich geringere

hohe
 Leitfähigkeiten
 und hohe
 Chlorid-/
 Sulfatgehalte

¹⁶ Stammdaten der Sickerwassermessstellen vgl. [3]

Werte gemessen wurden. Mit aktuell 23,6 °C ist hier auch die Wassertemperatur deutlich niedriger. Die im Jahr 2021 neu errichtete B5 liegt hinsichtlich der Salze mit max. 740 mg/l Chlorid und max. 37 mg/l Sulfat in einem zu B3 vergleichbaren Bereich.

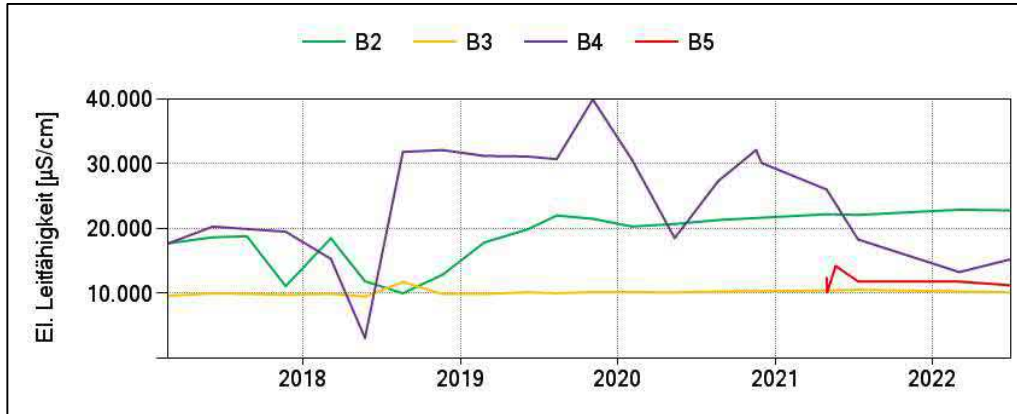


Abb. 30: Ganglinien der elektrischen Leitfähigkeit in den SiWa-Messstellen

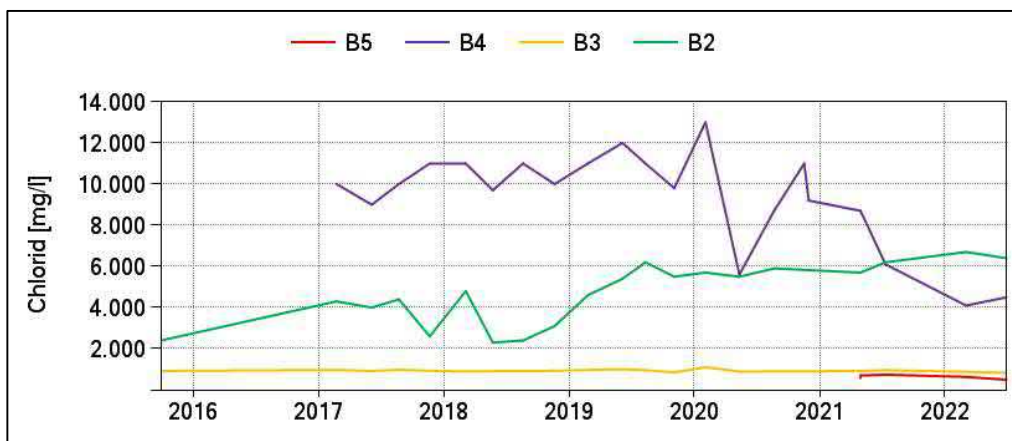


Abb. 31: Ganglinien der Chlorid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

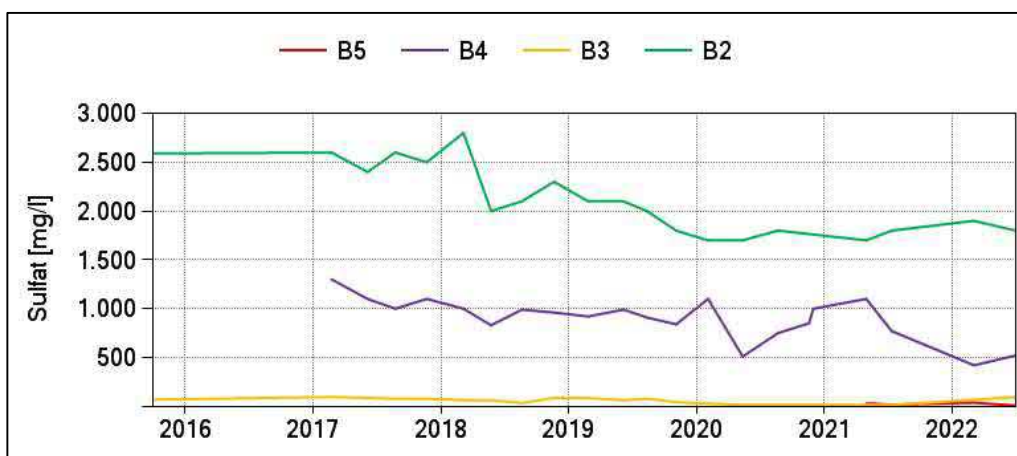


Abb. 32: Ganglinien der Sulfat-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

Die Messstellen weisen aktuell weiterhin neben einem hohen **CSB** (chemischer Sauerstoffbedarf, max. 1.840 mg/l, B2) und **DOC** (gelöster organischer Sauerstoffbedarf, aktuell bis 550 mg/l, B3) hohe **Ammonium**-Werte (aktuell bis 190 mg/l in B2), **Natrium**gehalte (max. 3.390 mg/l in B2) und **Schwermetall**gehalte (Nickel bis 300 µg/l in B3, Zink bis ca. 300 µg/l in B4) auf.

Vanadium wurde weiterhin vorwiegend in B2 (max. 80 µg/l) nachgewiesen, mit aktuell stabilem Trend. **Titan** ist aktuell in keiner der Messstellen nachweisbar.

In allen Sickerwassermessstellen liegen weiterhin **BTEX** in geringen Konzentrationen bis 9,4 µg/l vor. **Cyanide** liegen bei max. 0,07 mg/l, **Molybdän** bei max. 290 µg/l (B4). Damit überschreiten auch die Molybdän-Konzentrationen in den Sickerwassermessstellen die Eluat-Werte, wie sie in den Pellets gemessen wurden (um 200 µg/l, vgl. Gutachten Borchardt 2016¹⁷). Die Werte liegen aber deutlich unter denen der Schächte.

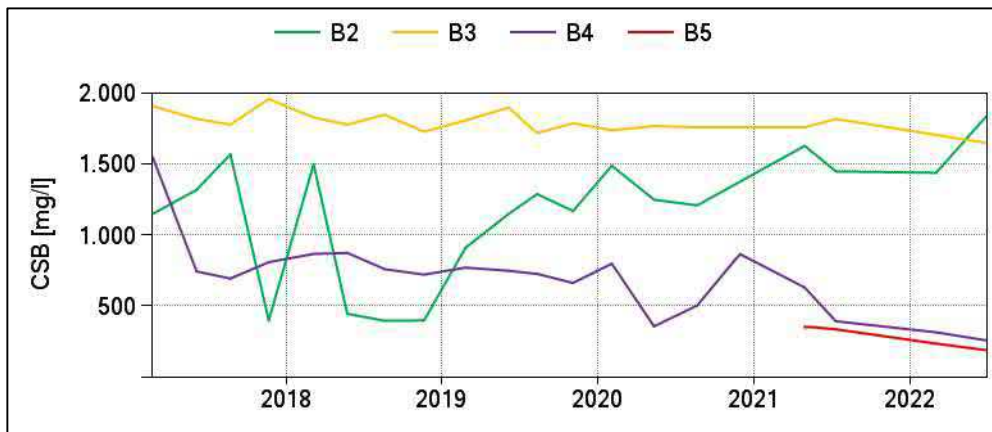


Abb. 33: Ganglinien des CSB in den SiWa-Messstellen

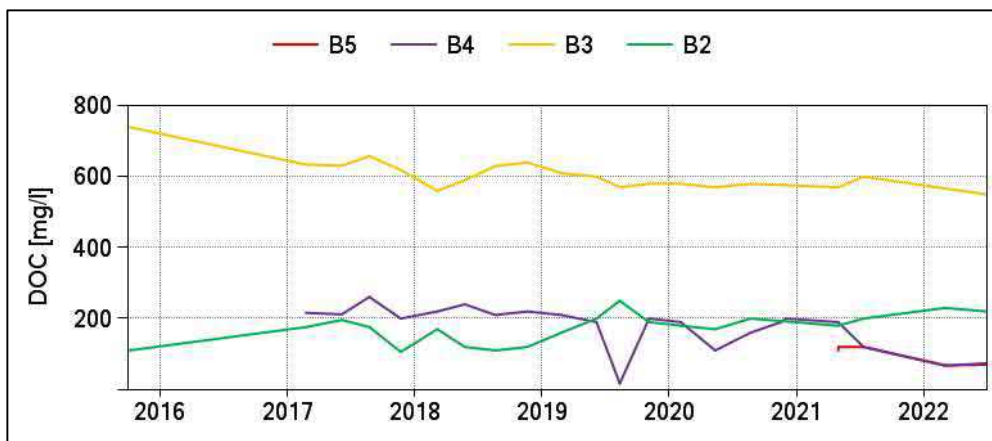


Abb. 34: Ganglinien des DOC in den SiWa-Messstellen

¹⁷ Ulrich Borchardt (2016): Beantwortung der Fragen der Staatsanwaltschaft Bochum, ausgeführt im Schreiben vom 11.12.2014 (AZ 35_Js_232/14).

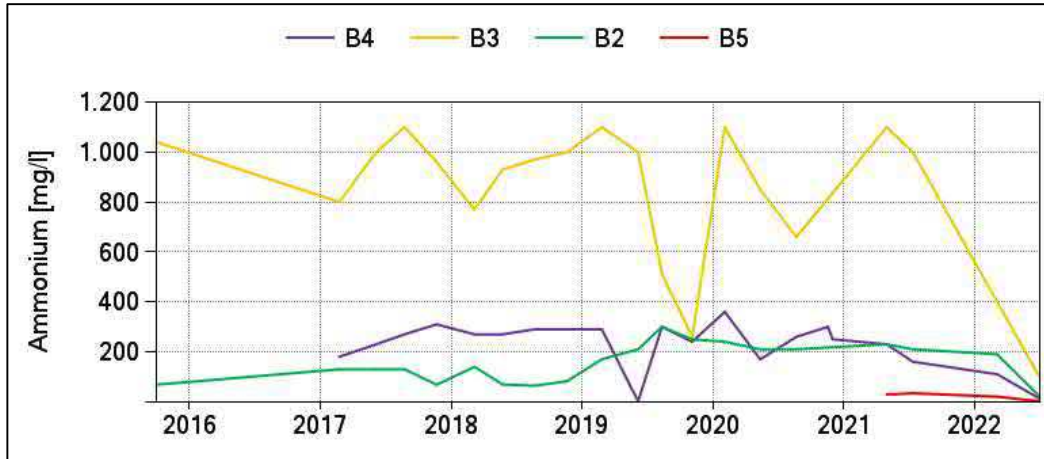


Abb. 35: Ganglinien der Ammonium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

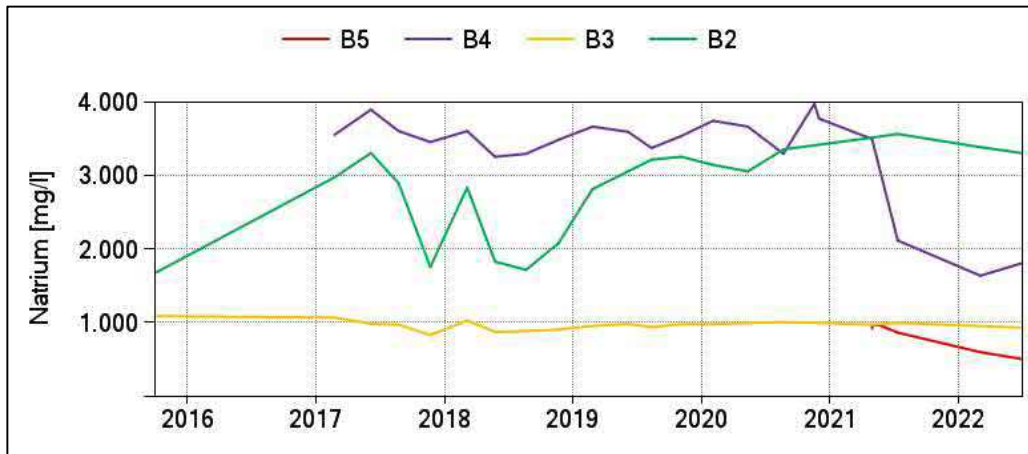


Abb. 36: Ganglinien der Natrium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

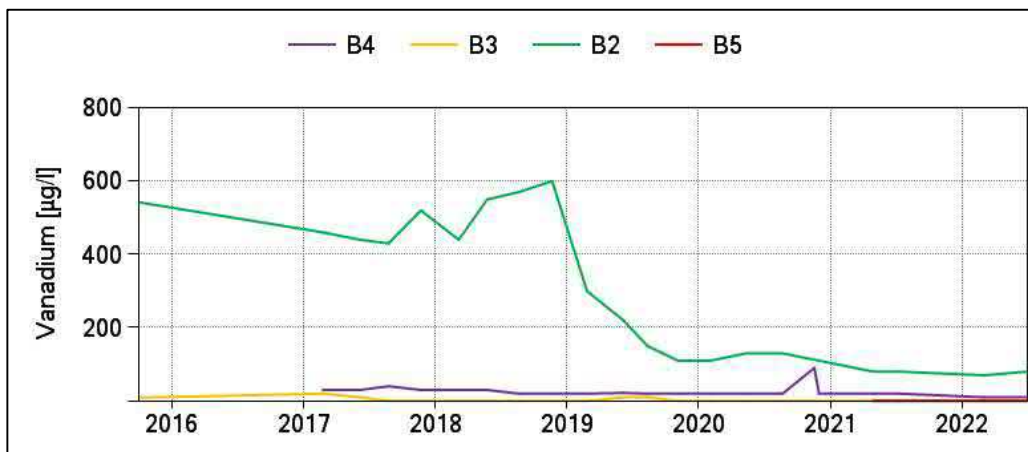


Abb. 37: Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

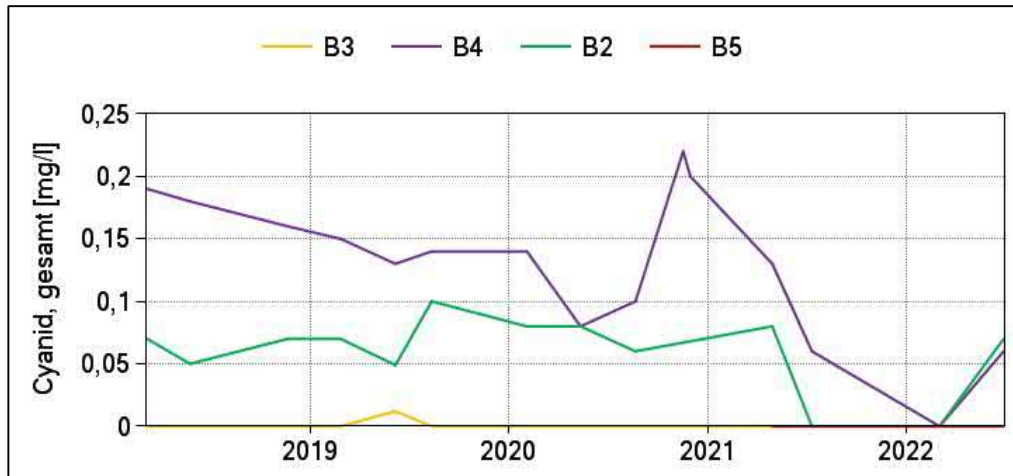


Abb. 38: Ganglinien der Cyanid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

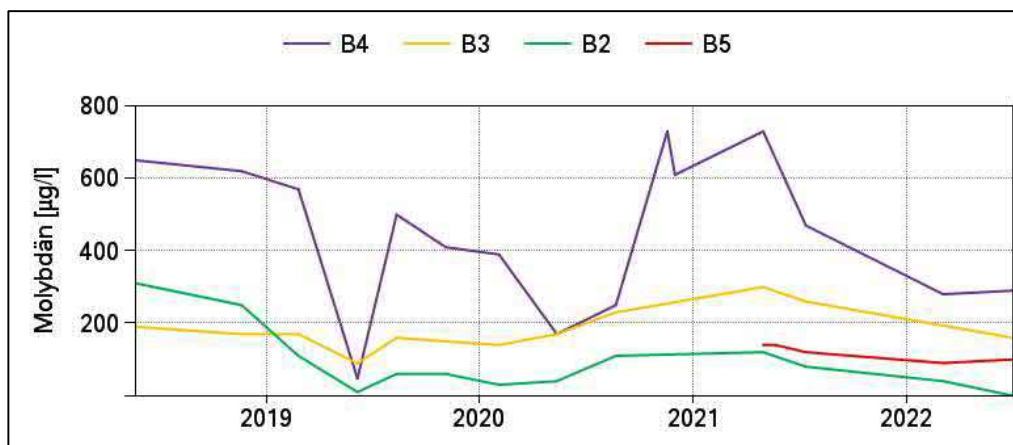


Abb. 39: Ganglinien der Molybdän-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

Die Daten der sickerwasserchemischen Untersuchungen zeigen weiterhin örtlich und im zeitlichen Verlauf ein variables Bild. Es werden – wie bisher – auch nach der Auswertung der Pumpversuchsanalytik und der regelmäßigen Sickerwasseruntersuchungen in den **Schächten** deutliche Unterschiede in den Schwermetallkonzentrationen (i. W. Chrom/Chrom VI, Nickel, Molybdän, Titan und Kupfer) festgestellt. Die Schwermetalle Chrom (i. W. als Chrom VI vorliegend) und Molybdän in Schacht E sowie Vanadium in den Schächten C, D und E steigen an.

Die Ergebnisse der Pumpversuche 2021 ([23]) und die aktuellen Folgeuntersuchungen in 2022 haben gezeigt, dass auch eine kontinuierliche Förderung an den Sickerwasserschächten den Chemismus nicht wesentlich ändert. Die Ganglinien einzelner Parameter wie z. B. Chlorid und Natrium in Schacht B zeigen zeitweise sinkende Verläufe, erreichten bzw. erreichen nach Abschluss des Pumpversuchs aber wieder dauerhaft das übliche Niveau.

Die **Sickerwassermessstellen** sind höher mit Ammonium/DOC belastet als die Schächte. Besonders auffällig sind zumeist hohe Ammonium-Werte in B3 bei

deutlich geringeren Chlorid- und Sulfatwerten in B3 im Vergleich zu B2 und B4. Der DOC in B2 bis B4 ist im Vergleich zu B3 deutlich erhöht (vgl. Kap. 7.7.4.2. Die Sickerwassermessstelle B5 zeigt vergleichsweise geringe Konzentrationen für die genannten Stoffe.

Dieses kann verursacht sein durch unterschiedliche „Entstehungsalter“ des Sickerwassers in den untersuchten Schächten bzw. Sickerwassermessstellen. Das Sickerwasser in den Schächten, gefasst an der Basis der Verfüllung, ist „älter“ als jenes in den Messstellen und hat ein größeres Einzugs- bzw. Liefergebiet. Das kann bei einem längeren Zeitraum für Abbau, Ausgasung (NH₄) oder Adsorptionsprozesse den o. a. Effekt bewirken. Weiterhin sind die Probenahmearten nicht unmittelbar vergleichbar, in den Sickerwassermessstellen werden Pump- bzw. Schöpfproben genommen, in den Schächten erfolgt die Probenahme am Auslauf des jeweiligen Rohres.

Die Ursache der hohen DOC-Konzentrationen kann nicht durch bekannte Umweltchemikalien (wie PCB, PAK, BTXE, LHKW etc.) erklärt werden. Mögliche Ursachen können organische Anteile an dem Verfüllmaterial sein.

7.7.2 Untersuchungen auf Radionuklide und PFAS

Die Teilaufgabe

- Erweiterung des Parameterumfangs (natürliche Radionuklide im Sickerwasser und PFAS¹⁸-Untersuchungen) (AP 7.2)

ist vollständig abgeschlossen.

Die radiologischen Untersuchungen wurden im Auftrag der IFUA-Projekt-GmbH von der Nuclear Control & Consulting GmbH mit Sitz in Braunschweig durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Dok. 4.2 abgelegt (Bericht NCC). Zu klären war die Frage, ob mögliche radioaktive Kontaminationen, die im Zusammenhang mit Umweltbelastungen der Tongrube Schermbeck-Hünxe untersucht werden, nachgewiesen werden können.

Untersucht wurden Proben aus den Grundwassermessstellen LS4¹⁹ und LS20 sowie Sickerwasserproben aus den Schächten A bis E. Die Probenahmen erfolgten am 16.12.2020. Die Untersuchungen erfolgten auf ausgesuchte Radionuklide (U-234, U-238, Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210, Th-232, Ra-228 und Th-228) sowie auf Tritium (H-3).

¹⁸ Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (per- and polyfluoroalkyl substances, abgekürzt PFAS) sind aliphatische organische Verbindungen, bei denen an mindestens einem Kohlenstoffatom die Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst vollständig durch Fluoratome ersetzt wurden.

¹⁹ Die Grundwassermessstelle LS4 liegt vermutlich in einer östlich der Verfüllung verlaufenden Störungszone, weshalb sowohl die Standrohrspiegelhöhen als auch die hydrochemischen Parameter dieser Messstelle für die Basalen Schichten im Bereich der Verfüllung Mühlenberg nicht repräsentativ sind.

Zusammenfassend wird Folgendes festgestellt:

- Beide untersuchten Grundwasser-Proben sind aufgrund der geringen Tritium-Konzentrationen als „alt“ und daher als anthropogen nicht oder nur gering beeinflusst einzuschätzen.
- Die Grundwasserprobe LS20 weist bei den Uranisotopen deutliche Abweichungen vom Medianwert (mehr als das 3-Fache) auf. Ursache ist vermutlich eine im Vergleich zur Probe an LS4 höhere geogene Mineralisation des Wassers.
- Die untersuchten Sickerwässer weisen hinsichtlich der Radionuklide U-238, U-234 geringere Konzentrationen als die beiden Grundwasserproben auf. Anthropogene Kontaminationen des Sickerwassers sind nicht erkennbar.
- Die Tritium-Konzentrationen sind im untersuchten Sickerwasser erhöht und zeigen damit die anthropogene Beeinflussung.
- Die im Sickerwasser fast durchweg messbaren Konzentrationen von Thoriumisotopen sind voraussichtlich auf Schwebstoffe in den Proben zurückzuführen.
- Alle Untersuchungsbefunde im Grundwasser halten die Anforderungen der TrinkwV an Radioaktivität deutlich ein.

Befunde
insgesamt
radiologisch
unauffällig

Weitere Messungen werden nach Abstimmung in der Koordinierungsgruppe nicht für erforderlich gehalten.

Die Untersuchungen auf PFAS wurden einmalig im April 2021 durchgeführt. Dabei wurden im Rahmen der quartalsmäßigen Beprobungen die Schächte A bis E sowie die Sickerwassermessstellen B2 bis B5 zusätzlich auf PFAS (10 Parameter LANUV) untersucht. Die Ergebnisse wurden den zuständigen Behörden übergeben.

Insgesamt wurden nur geringe PFAS-Konzentrationen nachgewiesen, die allerdings teilweise über den Geringfügigkeitsschwellen für Grundwasser liegen. Es zeigt sich, dass die Masse der Belastungen von dem Stoff PFBS (Perfluorbutansulfonsäure) ausgehen und die höchsten Konzentrationen von PFBS in den Messstellen B2 und B4 sowie in Schacht D liegen. Für PFBS existiert ein Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA 2016 von 6 µg/l für das Grundwasser, der bis zum vierfachen Wert überschritten ist. Weiterhin sind noch andere PFAS wie Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), Perfluorheptansäure (PFHpA), Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) sowie Perfluorooctansäure (PFOA) mit Konzentrationen über den Geringfügigkeitsschwellen relevant (nur in B2, B3, B4 sowie in Schacht D). Sehr geringe Konzentrationen an PFAS (i.d.R. unter den Bemessungsgrenzen) liegen in Schacht E vor.

lediglich
geringe PFAS-
Konzentrationen

Die Grenzwerte anderer PFAS, die deutlich geringere GFS-Werte (z. B. PFHxS, PFOS, PFOA = 0,1 µg/l) haben und mengenmäßig untergeordnet sind, sind z. T. ebenfalls (bis zum Faktor 12) überschritten.

In der Koordinierungsgruppe wurde einvernehmlich abgestimmt, dass aufgrund der vorliegenden Ergebnisse und der insgesamt vergleichbar geringen Stoffkonzentrationen bei den PFAS kein weiterer Untersuchungsbedarf im Hinblick auf die Gesamtgefährdungsabschätzung besteht. Die PFAS werden in der betriebenen Sickerwasseraufbereitung vollständig zurückgehalten. Die Dokumentation erfolgt regelmäßig bei der zuständigen Behörde.

kein weiterer
Untersuchungs-
bedarf hinsicht-
lich PFAS

7.7.3 Sickerwasserpumpversuche

Die Zielsetzung der Pumpversuche war, die Sickerwasserfassungen hinsichtlich ihrer Entnahmemengen und ihrer derzeitigen Wirksamkeit im Hinblick auf die Reduzierung der Sickerwassermengen in der Verfüllung bewerten zu können.

Die Teilaufgabe

- Sickerwasserpumpversuche (AP 7.3)

ist vollständig abgeschlossen.

Die Sickerwasserpumpversuche wurden zwischen Oktober 2021 und Mai 2022 durchgeführt.

Die durchgeführten Untersuchungen, die Ergebnisse und die Bewertung sind in dem Abschlussbericht zur Auswertung der Sickerwasserpumpversuche enthalten ([23], [21], vgl. Anl. 2). Zusammenfassend lassen sich folgende Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der hydraulischen und hydrochemischen Untersuchungen ziehen:

Die mittels der Pumpversuchsauswertung erhaltenen Werte für Durchlässigkeiten und Transmissivitäten im Umfeld der Schächte und Sickerwassermessstellen liegen im Bereich der erwarteten Größenordnungen unter Berücksichtigung der Verhältnisse im Verfüllkörper und sind damit plausibel. Eine gegenseitige Beeinflussung der Entnahmen an den Bauwerken ist auf der Grundlage der Pumpversuchsauswertung nicht feststellbar.

Die auf Grundlage der Pumpversuchsauswertung berechneten dauerhaft gewinnbaren Fördermengen liegen unter der Voraussetzung, dass ein Dauerbetrieb möglich ist, bei maximal ca. 30.000 m³/a inkl. eines Sicherheitsabschlags aufgrund nur diskontinuierlich möglicher Entnahmen aus einzelnen Bauwerken. Gemäß den Ergebnissen der Box-Modellierung ist eine Sickerwasserentnahme von ca. 5.100 m³/a ausreichend, um den Sickerwasserspiegel dauerhaft auf den dort genannten Niveaus zu halten (vgl. Kap. 7.7.5).

maximal
gewinnbare
Fördermenge
30.000 m³/a

7.7.4 Zwischenberichte Sickerwasserhydraulik/Sickerwasseruntersuchung

Die Teilaufgabe

- Zwischenbericht Sickerwasserhydraulik/Sickerwasseruntersuchung (AP 7.4)

ist ebenfalls vollständig abgeschlossen.

Die zusätzlich aufgenommene Teilaufgabe

- „Ermittlung der Ruhewasserspiegel an den Sickerwasserbrunnen“ (N4)

wurde ebenfalls vollständig abgeschlossen.

Die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen (Hydrochemie) sind unter dem Arbeitspaket 7.1 zusammengefasst und bewertet worden.

Im Folgenden werden die Entwicklungen der Sickerwasserstände an allen Sickerwasserschächten und Sickerwassermessstellen sowie die Ergebnisse der Ermittlung der Ruhewasserspiegel beschrieben.

Zur Absicherung der bisher erhobenen, z. T. nicht erklärbaren bzw. unplausiblen Daten zu den Ruhewasserspiegeln der Sickerwasserfassungselemente der Verfüllung Mühlenberg wurde im Rahmen des Gutachterworkshops im Februar 2022 vereinbart, dass verlässliche und aktuelle Daten zu den sich einstellenden Ruhewasserspiegeln bei ausgesetzter Förderung an den Sickerwasserbrunnen erhoben werden müssen, um belastbare Grundlagen für die Modellierung des Systems zu erhalten.

Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfassten Ruhewasserspiegel sind ein verlässliches Maß für die Entwicklung der langfristigen Sickerwasserstände, allerdings muss hierbei berücksichtigt werden, dass sich erst bei längeren Phasen ohne Entnahmen realistische Wasserspiegel einstellen werden. Die Darstellungen in den Diagrammen beruhen nicht auf automatisierten Berechnungen, sondern auf der Interpretation der Ganglinienverläufe.

Auf der Grundlage der bisherigen Daten zu den Sickerwasserständen und Fördermengen der Sickerwasserentnahmebauwerke wurden folgende für die Bewertung relevanten Kriterien festgelegt:

- Abstand zum Rand der Verfüllung **(A)**,
- Höhe Sickerwasser-Ruhewasserspiegel (RWSP) in Bezug zur Höhe Randgrabensohle **(B)**,
- bisherige Entwicklung von Sickerwasserständen in Phasen ohne Entnahmen (echte Beharrung) **(C)**,
- Trend (ansteigend, kein Trend, sinkend) **(D)**.

Aus den Kriterien wurden eine Priorisierung (1: vordringlich, 2: nachrangig) sowie die notwendigen Zeitspannen für ein Aussetzen der Förderung (Empfehlung für die Dauer des jeweiligen Pumpenstopps an den Entnahmebauwerken) abgeleitet, die zusammenfassend in Tab. 13 enthalten sind.

Tab. 13: Kriterien und Priorisierungen zur Ermittlung der Ruhewasserspiegel

Brunnen	bisher ermittelter RWSP [m NN]	A Entfernung Rand [m]	B Höhe Randgraben [m NN]	C Beharrung sicher erreicht	D Trend	Empfehlung Dauer ohne Förderung	Priorität
Schacht A	37,95	< 30	48,55	ja	kein Trend	-	2
Schacht B	48,77	< 15	48,62	nein	kein Trend	35 Tage	1 (keine echte Beharrung)
Schacht C	46,4/ 43,9	< 100	48,59	ja, aber verschiedene Niveaus	geringf. sinkend	-	2
Schacht D	42,2	< 50	45,85	ja	geringf. steigend	30 Tage	1 (wegen Trend)
Schacht E	42,1	< 50	44,5	ja	steigend	35 Tage	1 (wegen Trend)

Die messtechnische Überwachung wurde wie folgt umgesetzt:

- **Sickerwasser:** In die Fassungs-elemente wurden Datenlogger zur Aufzeichnung der Grundwasserstände und Temperaturen installiert. Die Daten wurden für die Dauer der Versuche in einem engen Intervall aufgezeichnet (5 Minuten). Zusätzlich erfolgten arbeitstägliche Handmessungen in Verbindung mit einer Kontrolle der Daten, die der Datenlogger erfasst. Die Daten wurden wöchentlich übermittelt, zusammengestellt und bewertet.
- **Grundwasser:** In ausgesuchten, neu errichteten Grundwassermessstellen²⁰ der Schichten „1“ und „2“ wurden ebenfalls Datenlogger installiert. Je Schicht wurden je zwei Datenlogger im Umfeld der jeweilig untersuchten Fassungs-elemente ausgerüstet. Die Messungen waren erforderlich, um ggf. auftretende Wirkungszusammenhänge zwischen Sickerwasserständen und Grundwasserständen ermitteln zu können. Die Messung des Wasserstands und der Temperatur erfolgte ebenfalls in einem 5-Minuten-Intervall und mit begleitenden Kontrollmessungen mittels Lichtlot. Die Daten wurden

²⁰ Bei der Errichtung von insgesamt zehn neuen Grundwassermessstellen im Jahr 2021 wurden in den Lintforter Schichten zwei hydraulisch ggf. wirksame Horizonte nachgewiesen (Schicht 1 und Schicht 2) und entsprechend ausgebaut. Die Bezeichnung FLS bedeutet hier Flache Lintforter Schichten.

ebenfalls wöchentlich übermittelt, zusammengestellt und bewertet. Die Datenlogger wurden in die Messstellen FLS15 und FLS18 (beide Schicht 1) sowie FLS3, FLS11 und FLS20 (beide Schicht 2) eingebaut.

- **Randgraben:** Bei der Ermittlung des Ruhewasserspiegels an Schacht B wurde aufgrund des geringen Abstands zwischen Randgrabensohle und bisher ermitteltem Ruhewasserspiegel ein begleitendes Monitoring der elektrischen Leitfähigkeit im Randgraben umgesetzt und protokolliert (tägliche Messungen oberhalb/unterhalb an den in Abb. 40 dargestellten Punkten), mit 1 Woche Vorlauf zum Versuchsbeginn.



Abb. 40: Lageplan mit Darstellung der Untersuchungspunkte im Bereich des Randgrabens während der Phase der Ermittlung der Ruhewasserspiegel (Detailausschnitt)

Kriterium zur Beendigung der jeweiligen Versuche

Die jeweiligen Versuche wurden mit einem sicheren Erreichen des Ruhewasserspiegels beendet. Es wurde einvernehmlich im Rahmen des Gutachterworkshops im Februar 2022 festgelegt, dass der Ruhewasserspiegel sicher erreicht ist, wenn über einen Zeitraum von mindestens zwei Tagen kein Absinken des Sickerwasserstands im jeweils untersuchten Schacht festgestellt wird.

Kriterien zum vorzeitigen Abbruch der jeweiligen Versuche

- Wenn der Ruhewasserspiegel in den jeweiligen Schächten das Niveau des Randgrabens in dem Bereich erreicht, werden Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt. Bei messbaren, reproduzierbaren und nicht durch äußere Einflüsse erklärten deutlichen Erhöhungen wird die Förderung von Sickerwasser unmittelbar wieder aufgenommen.
- Wenn messbare, reproduzierbare und nicht durch äußere Einflüsse erklärten deutliche Erhöhungen der Leitfähigkeiten im Randgraben (Bereich Schacht B) nachgewiesen werden, wird die Förderung wieder aufgenommen.

Zeitlicher Ablauf zur Ermittlung der Ruhewasserspiegel

Folgender zeitlicher Ablauf (siehe Tab. 14) wurde umgesetzt:

Tab. 14: Aussetzzeiten der Förderung in den Schächten aufgrund der o. a. Kriterien

Bauwerk	Start	Ende	Dauer
Schacht A	25.04.2022	27.05.2022	32 Tage
Schacht B	23.03.2022	27.05.2022	96 Tage
Schacht C	03.05.2022	08.06.2022	35 Tage
Schacht D	03.05.2022	02.06.2022	29 Tage
Schacht E	23.03.2022	08.06.2022	107 Tage

Dabei wurden in den Schächten B und E ab dem 23.03.2022 die Förderungen von Sickerwasser für mehr als 90 Tage ausgesetzt. In Schacht A wurde die Förderung ab dem 25.04.2022 für einen Zeitraum von 32 Tagen ausgesetzt. An den Schächten C und D wurde die Förderung ab dem 03.05.2022 für 35 bzw. 29 Tage ausgesetzt.

7.7.4.1 Sickerwasserschächte A, B, C, D und E

Die langjährige Entwicklung der Sickerwasserstände in den Schächten A bis E ist in Abb. 41 zusammenfassend dargestellt.

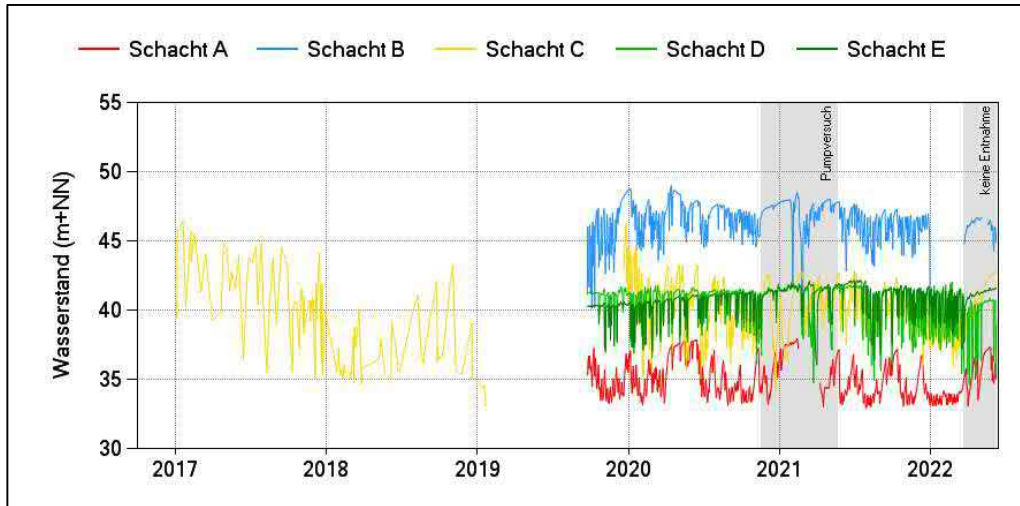


Abb. 41: Ganglinien der Wasserstände in den Sickerwasserschächten

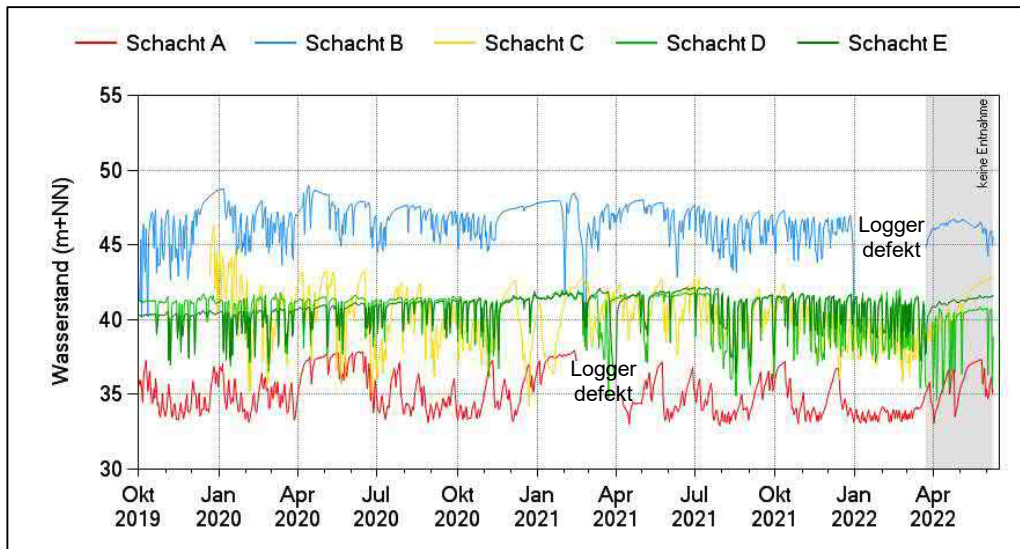


Abb. 42: Entwicklung der Wasserstände aller Schächte (Gesamtzeitraum der Loggeraufzeichnungen)

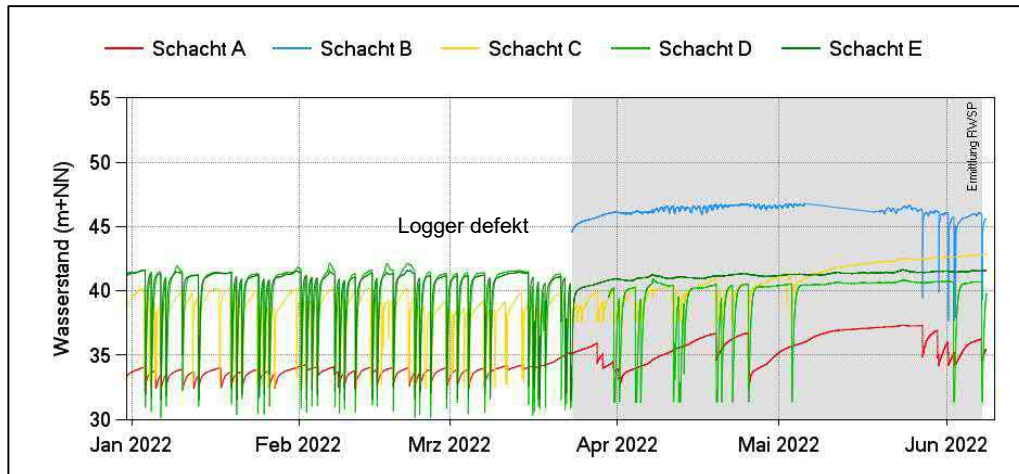


Abb. 43: Entwicklung der Wasserstände aller Schächte ab Januar 2022
(Ausschnitt)

Die Höhen der Ruhewasserstände differieren deutlich zwischen dem Schacht A (ca. 37 m NN) und den Schächten B bis E (um 40,5 bis 42 m NN).

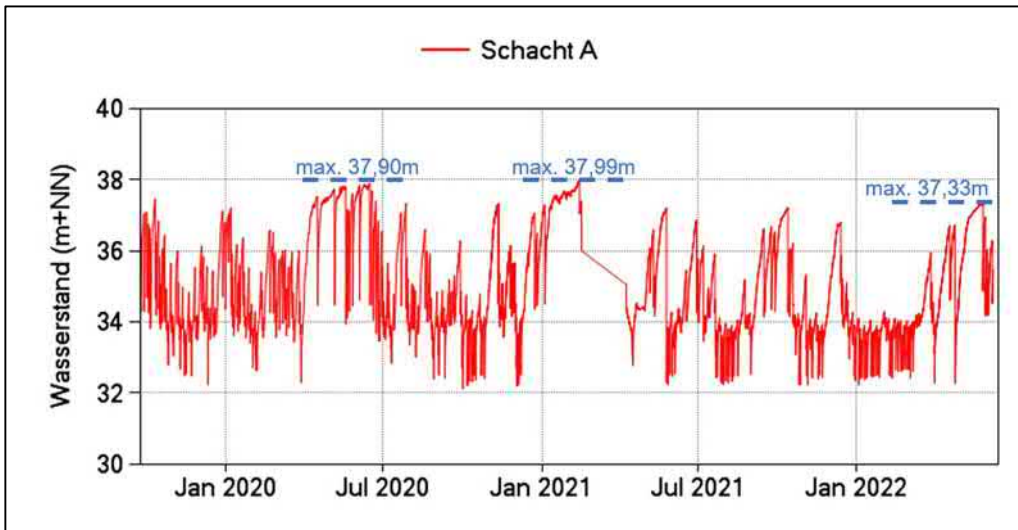
In Betrieb werden die Schachtwasserspiegel um 3 bis 7 m (Schacht A) bzw. bis max. 11 m (Schacht D) abgesenkt. Der Wiederanstieg erfolgt innerhalb eines Tages bzw. im Verlauf mehrerer Tage, was von den Abpumpmengen und -laufzeiten eines Entnahmeprozesses abhängig ist. Ein kontinuierliches Abpumpen mit geringeren Förderraten ist weiterhin technisch nicht möglich, da das abgepumpte Wasser per Tanklasten zur Reinigungsanlage gefahren werden muss. An Wochenenden und Feiertagen findet keine Sickerwasserentnahme statt.

In den folgenden Abschnitten werden für die Auswertungen zu den Ruhewasserspiegeln die Ergebnisse für die untersuchten Bauwerke dargestellt. In den detaillierten Ausschnitten wurden die Datenpunkte der Messungen (5-Minuten-Abstände) jeweils eingeblendet. Dabei ist zu beachten, dass bei konstantem Wasserstand vollständig gleiche Werte bis jeweils auf den ersten und letzten Wert nicht in die Datenbank übernommen wurden (Darstellung von Veränderung von Werten). Alle Daten sind zusammenfassend in Abb. 42 für den Gesamtzeitraum der Aufzeichnung und in Abb. 43 für den Zeitraum ab Januar 2022 dargestellt.

Der Randgraben war im Zeitraum der Untersuchungen in dem Bereich größtenteils trocken oder es befand sich lediglich stehendes Wasser in lokalen Tiefpunkten im Bereich der ausgewählten Messpunkte. Die Messungen der el. Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur wurden wie abgestimmt durchgeführt. Da keine Sickerwasserzutritte aus der Verfüllung in den Randgraben in dem Zeitraum der Ermittlung der Ruhewasserspiegel stattgefunden haben, sind keine Zusammenhänge ableitbar.

7.7.4.1.1 Schacht A

An Schacht A werden im Mittel pro Jahr 3.000 m³ Sickerwasser entnommen.



Datenlücke 02/2021-04/2021

Abb. 44: Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht A

In Schacht A wurde in der Vergangenheit auf der Grundlage der Betriebsdaten ein Ruhewasserspiegel von max. 37,99 m NN ermittelt (vgl. Abb. 45).

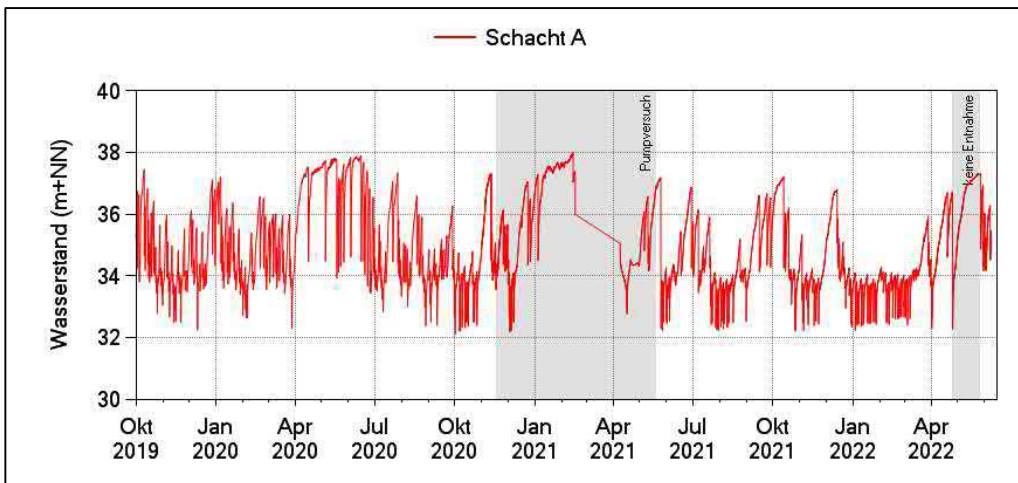


Abb. 45: Entwicklung des Wasserstands im Schacht A (Gesamtzeitraum)

In den aktuellen Untersuchungen wurde ein Ruhewasserspiegel von 37,33 m NN ermittelt (Abb. 46).

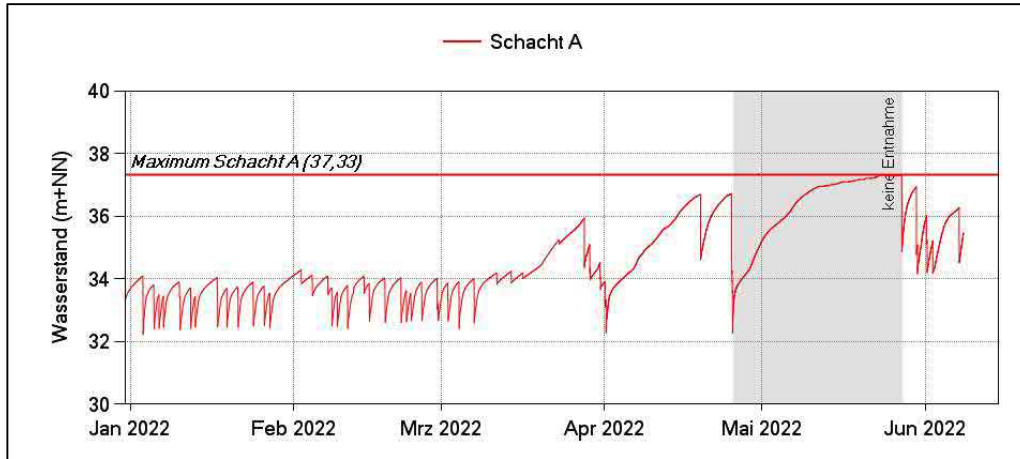


Abb. 46: Entwicklung des Wasserstands im Schacht A (Ausschnitt)

Der Wiederanstieg war nach dem Aussetzen der Entnahme vollständig abgeschlossen, erkennbar an dem Verlauf der Ganglinie der Abb. 47 in der letzten Phase des Wiederanstiegs. Hier zeigen sich in der Detailbetrachtung bereits leicht sinkende Sickerwasserstände über zwei Tage am Ende des Versuchs (24.-26. Mai 2022).

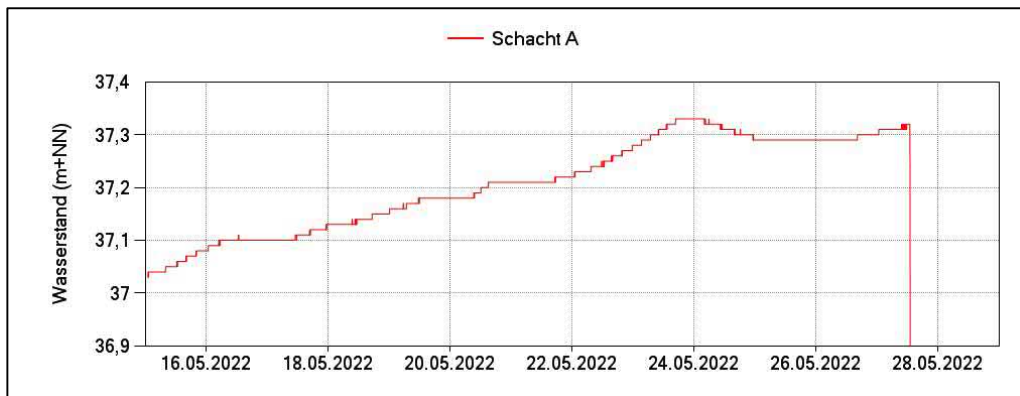
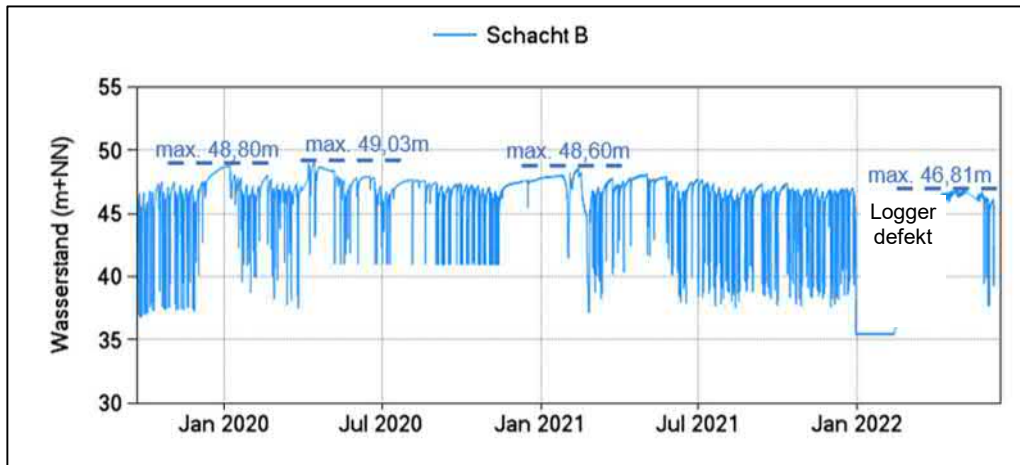


Abb. 47: Detailausschnitt Wasserstand Schacht A

An Schacht A ist der langjährige Trend der Ruhewasserspiegel insgesamt rückläufig. Die Größenordnung beträgt ca. 0,5 bis 0,6 m im Gesamtbeobachtungszeitraum. Die Pumpe ist unterhalb von 32 m NN eingebaut.

7.7.4.1.2 Schacht B

An Schacht B werden im Mittel pro Jahr ca. 1.700 m³ Sickerwasser entnommen.



Datenlücke 01/2022-02/2022

Abb. 48: Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht B

In Schacht B wurde in der Vergangenheit auf Grundlage der Betriebsdaten ein Ruhewasserspiegel von ca. 48,77 m NN ermittelt (vgl. Abb. 49).

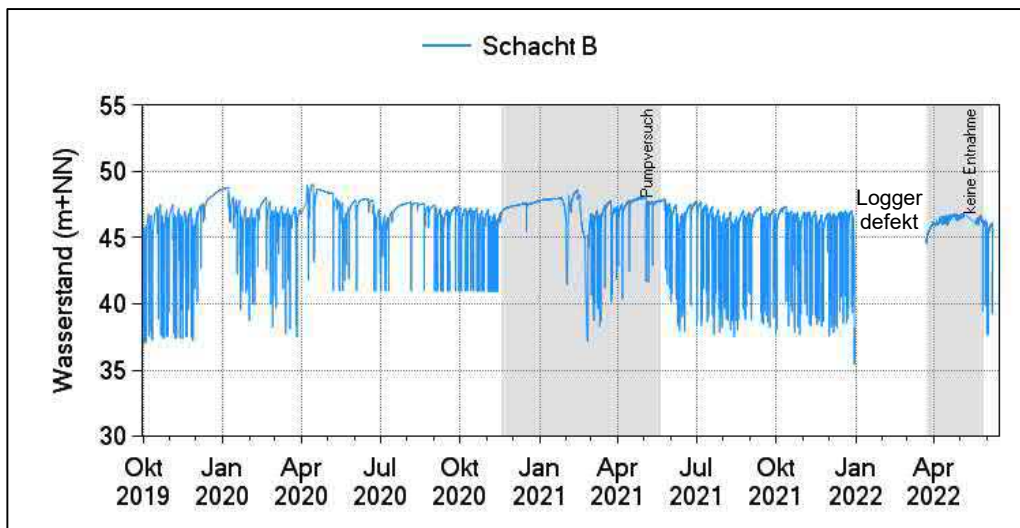


Abb. 49: Entwicklung des Wasserstands im Schacht B (Gesamtzeitraum)

In den aktuellen Untersuchungen wurde ein Ruhewasserspiegel von 46,81 m NN ermittelt (Abb. 50).

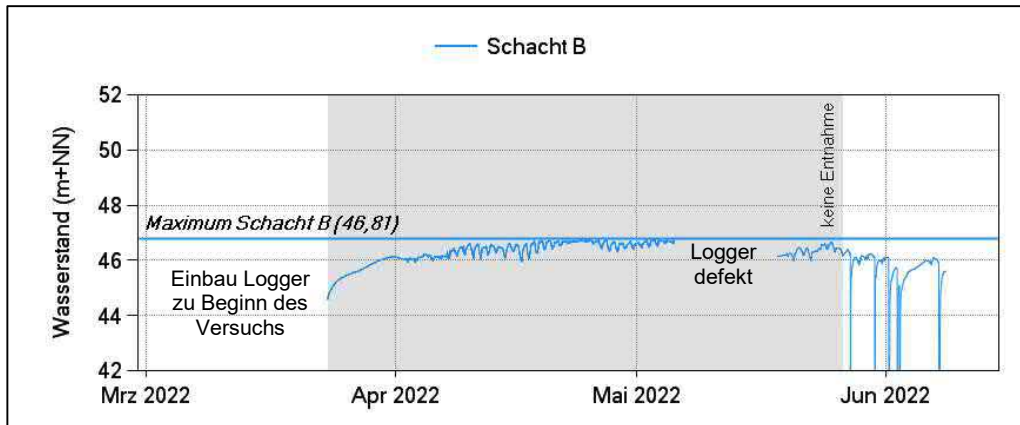


Abb. 50: Entwicklung des Wasserstands im Schacht B (Ausschnitt)

Der Wiederanstieg war nach der Entnahme vollständig abgeschlossen, erkennbar an dem Verlauf der Ganglinie der Abb. 51 in der letzten Phase des Wiederanstiegs. Hier zeigen sich ebenfalls bereits ab Anfang Mai leicht sinkende Sickerwasserstände über einen längeren Zeitraum zum Ende des Aussetzens der Förderung (27.05.2022).

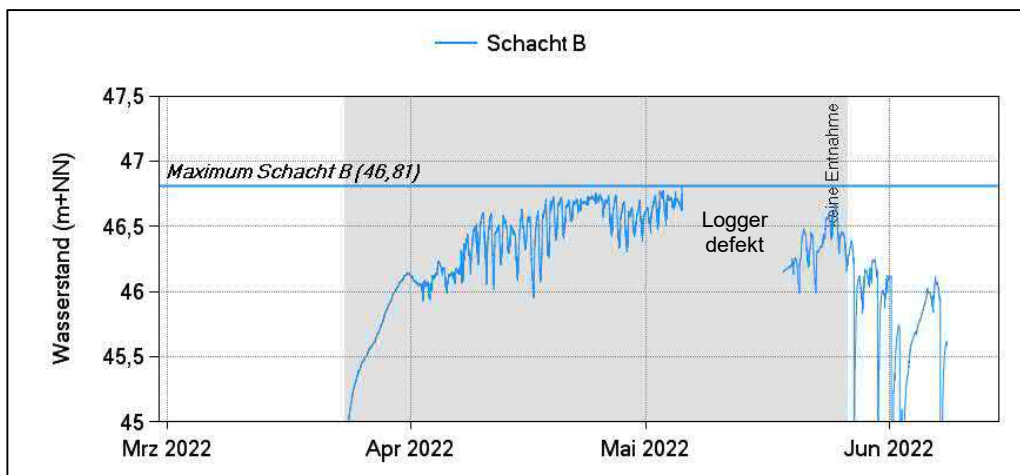
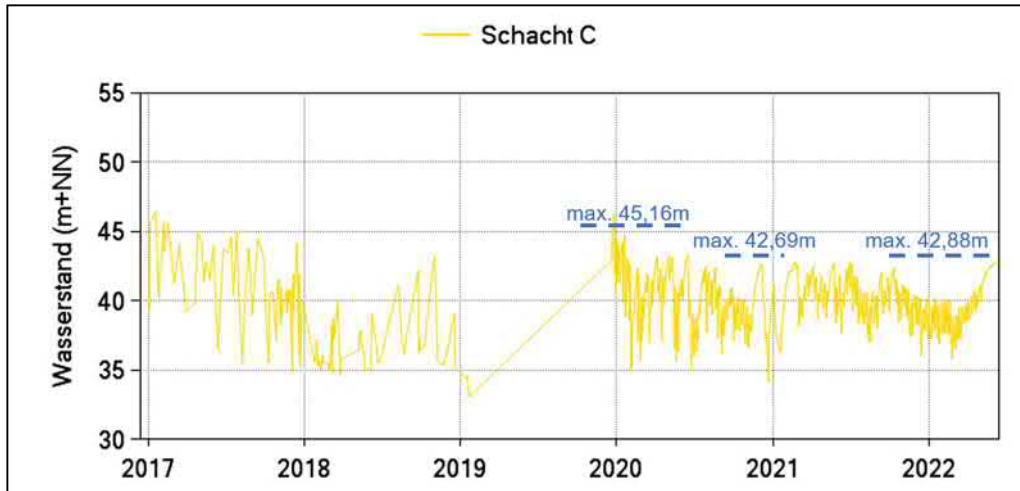


Abb. 51: Entwicklung des Wasserstands im Schacht B (Ausschnitt)

An Schacht B ist der langjährige Trend der Ruhewasserspiegel insgesamt rückläufig. Die Größenordnung beträgt ca. 2 m im Gesamtbeobachtungszeitraum. Die Pumpe ist unterhalb von 37,50 m NN eingebaut.

7.7.4.1.3 Schacht C

An Schacht C werden im Mittel pro Jahr ca. 4.700 m³ Sickerwasser entnommen.



Datenlücke 2019

Abb. 52: Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht C

In Schacht C wurde in der Vergangenheit auf Grundlage der Betriebsdaten ein stark unterschiedlicher Ruhewasserspiegel von ca. 46,4 bzw. 43,9 m NN ermittelt (vgl. Abb. 53).

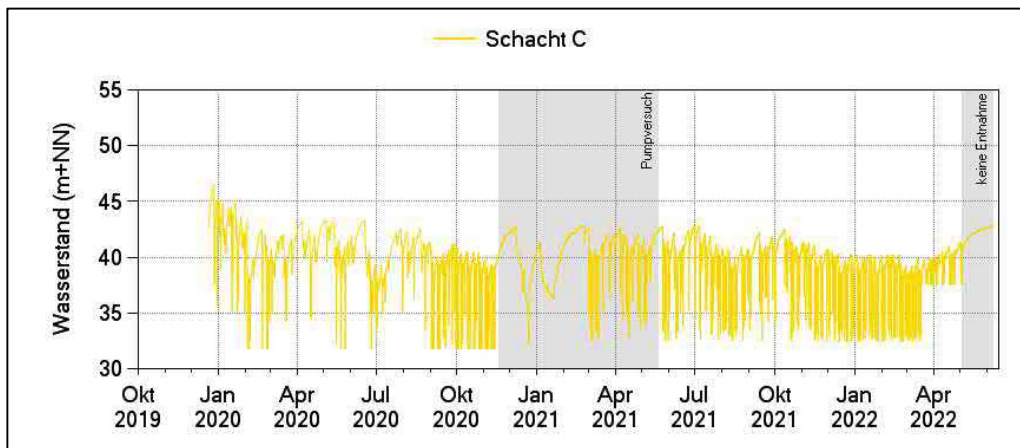
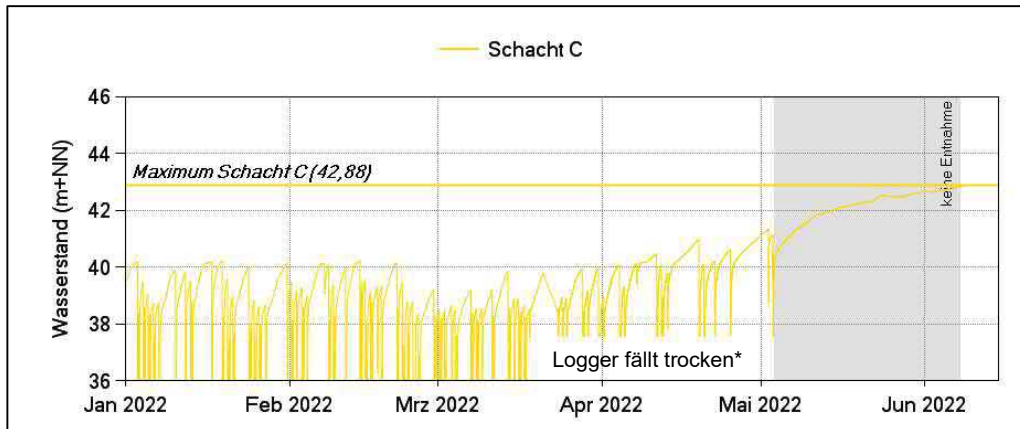


Abb. 53: Entwicklung des Wasserstands im Schacht C (Gesamtzeitraum)

In den aktuellen Untersuchungen wurde am Ende der Versuche ein (Ruhe-) Wasserspiegel von 42,88 m NN ermittelt (Abb. 54).



* Der Logger wurde wegen seines begrenzten Wertebereiches (10m) tendenziell zu hoch eingebaut, um den Wiederanstieg sicher zu erfassen. Beim Pumpen fällt er daher trocken.

Abb. 54: Entwicklung des Wasserstands im Schacht C (Ausschnitt)

Der Wiederanstieg war nach der Entnahme noch nicht abgeschlossen, erkennbar an dem Verlauf der Ganglinie in Abb. 55 bis Abb. 57 in der letzten Phase des Wiederanstiegs. Es ist ein Trend zu beobachten, der sich mit zunehmender Beobachtungszeit (von 10 bis 15 cm/d auf 3 bis 3,5 cm/d) abschwächt.

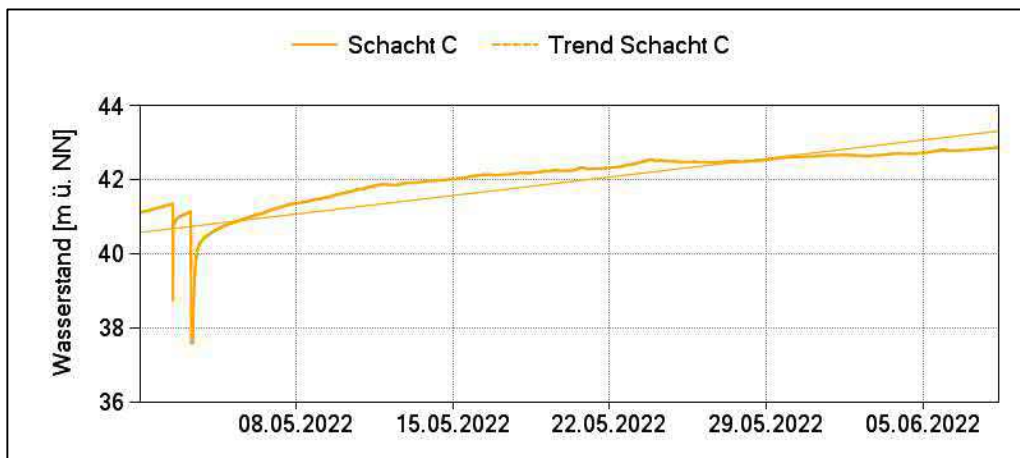
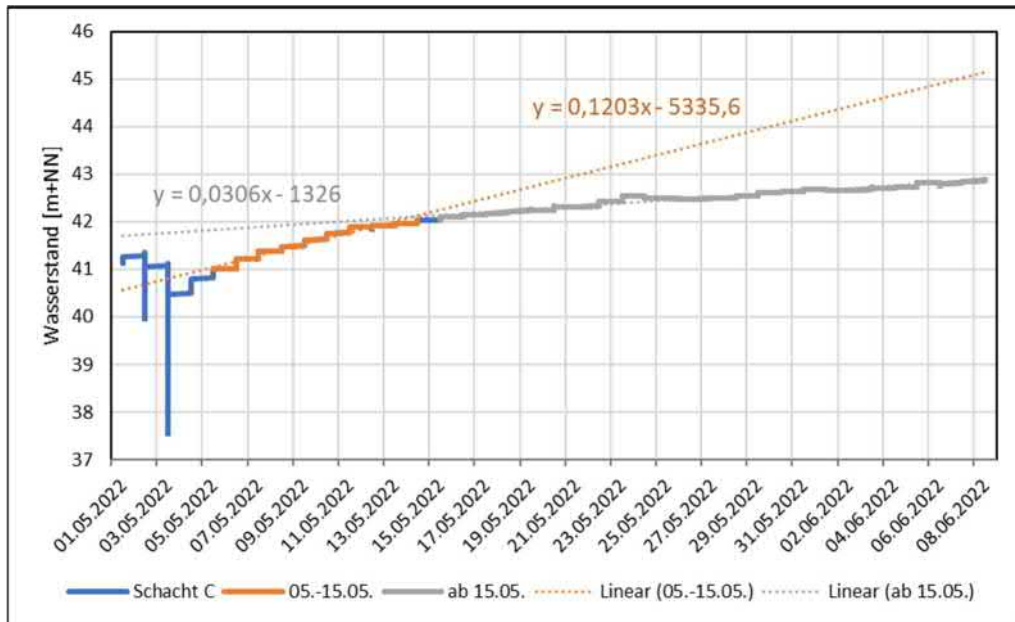


Abb. 55: Entwicklung des Wasserstands im Schacht C (Detailauswertung)



oranger Abschnitt: Anstieg um ca. 10-15 cm/d
 grauer Abschnitt: Anstieg um 3-5 cm/d

Abb. 56: Entwicklung des Wasserstands im Schacht C (Detailauswertung)

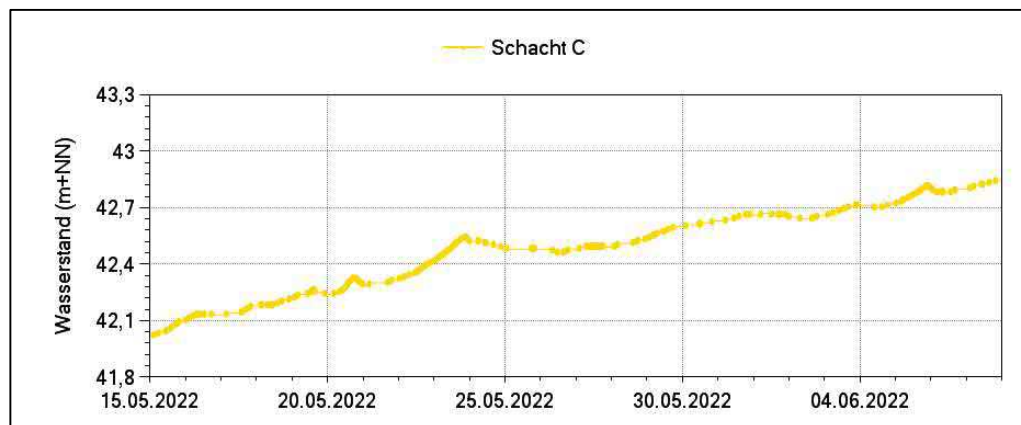


Abb. 57: Detailausschnitt Wasserstand Schacht C

Die kleineren Peaks in der Sickerwasserganglinie (z. B. 24.05.2022 und 06.06.2022) sind nicht durch Förderungen am nächstgelegenen Schacht B verursacht, da in dem Zeitraum keine Abfuhr von Sickerwasser aus dem Schacht B erfolgt ist. Die letzte Entnahme aus dem Schacht B vor der Phase der Ruhewasserspiegelermittlung erfolgte am 23.02.2022. Auch der generell leicht steigende Trend der Wasserstände im Schacht C kann daher nicht mit Förderphasen in Schacht B zusammenhängen.

Der steigende Trend in Schacht C kann durch ein sehr langsames Zusickern von Wasser aus den Randbereichen des Einzugsgebietes des Schachts C verursacht werden. Ursache für dieses Phänomen kann eine im weiteren Umfeld des Schachts nur sehr geringe Durchlässigkeit sein. Derzeit ist nicht ableitbar,

welcher langfristige Ruhewasserspiegel sich im Schacht C tatsächlich einstellen würde. Da die Sickerwasserentnahme jedoch so erfolgen muss, dass der Sickerwasserspiegel niedrig gehalten wird, ist der Wert für die Bewertung nicht relevant.

An Schacht C ist der langjährige Trend der Ruhewasserspiegel insgesamt rückläufig. Die Größenordnung beträgt ca. 3 bis 4 m im Gesamtbeobachtungszeitraum. Die Pumpe ist unterhalb von 31,75 m NN eingebaut.

7.7.4.1.4 Schacht D

An Schacht D werden im Mittel pro Jahr ca. 1.000 m³ Sickerwasser entnommen.

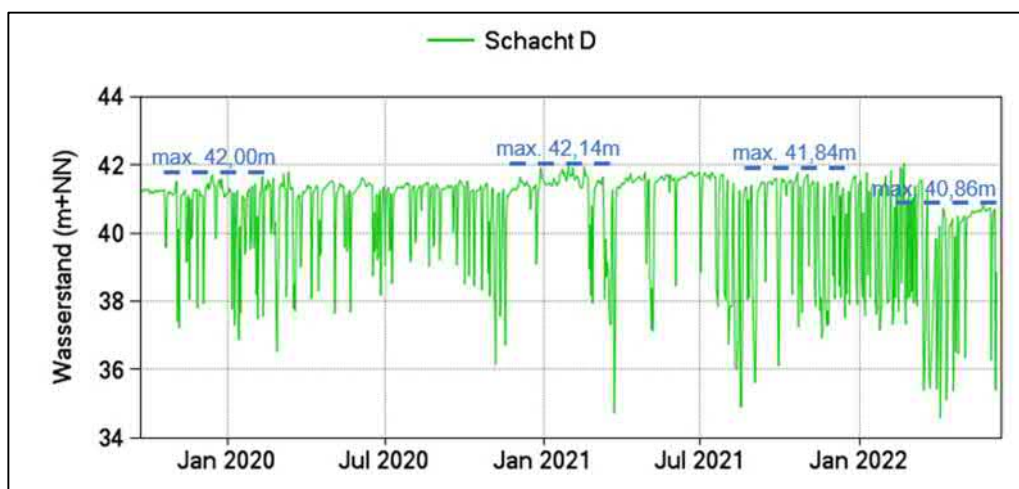


Abb. 58: Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht D

In Schacht D wurde in der Vergangenheit auf Grundlage der Betriebsdaten ein Ruhewasserspiegel von ca. 42,18 m NN ermittelt (vgl. Abb. 59, Abb. 60).

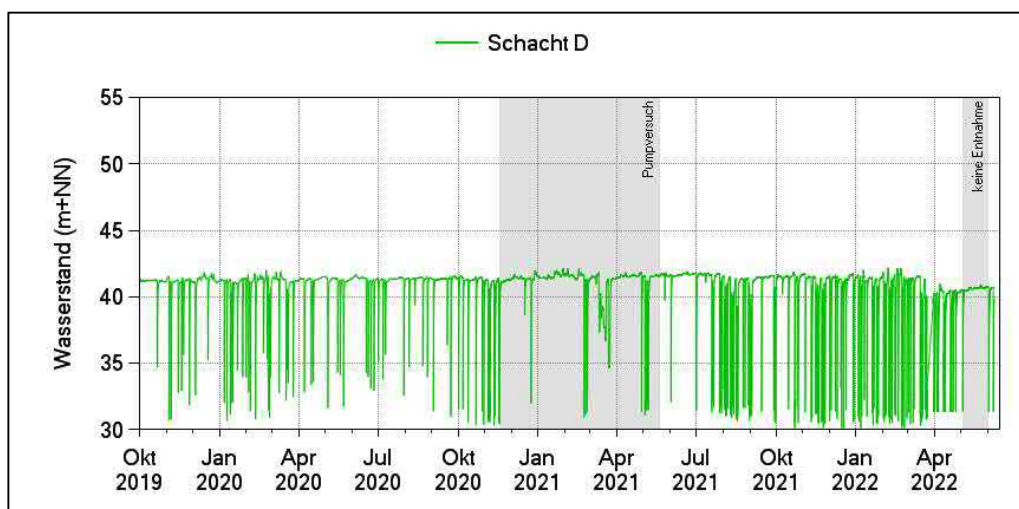


Abb. 59: Entwicklung des Wasserstands im Schacht D (Gesamtzeitraum)

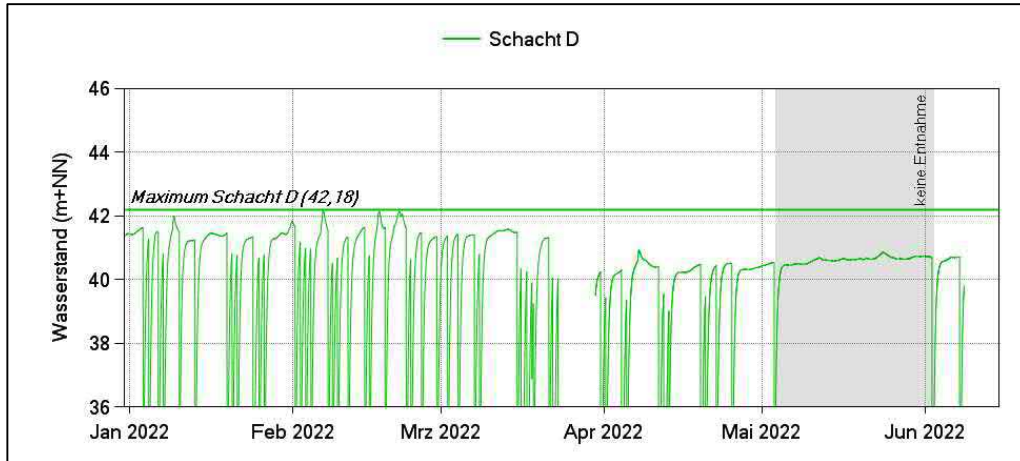


Abb. 60: Entwicklung des Wasserstands im Schacht D (Ausschnitt)

In den aktuellen Untersuchungen wurde ein Ruhewasserspiegel von 40,86 m NN ermittelt (Abb. 61).

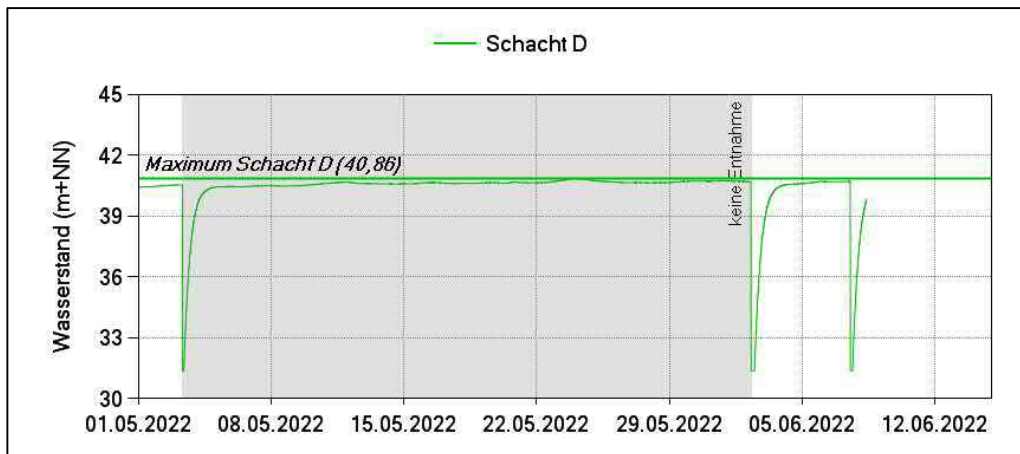


Abb. 61: Detailauswertung Wasserstand im Schacht D

Der Wiederanstieg war nach der Entnahme vollständig abgeschlossen, erkennbar an dem Verlauf der Ganglinie der Abb. 62 in der letzten Phase des Wiederanstiegs. Hier zeigen sich bereits leicht sinkende Sickerwasserstände über einen längeren Zeitraum zum Ende des Aussetzens der Förderung.

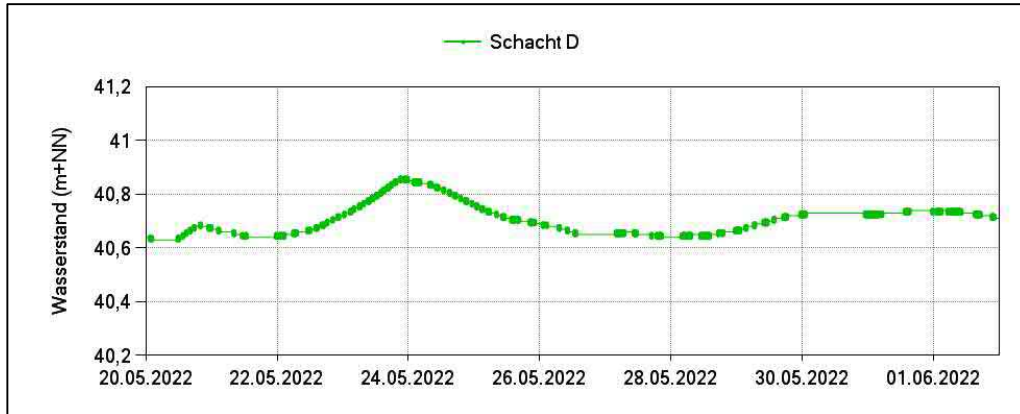


Abb. 62: Detailausschnitt Wasserstand im Schacht D

7.7.4.1.5 Schacht E

An Schacht E ist zwischen Januar 2020 und Juli 2021 der Trend der Ruhewasserspiegel insgesamt ansteigend.

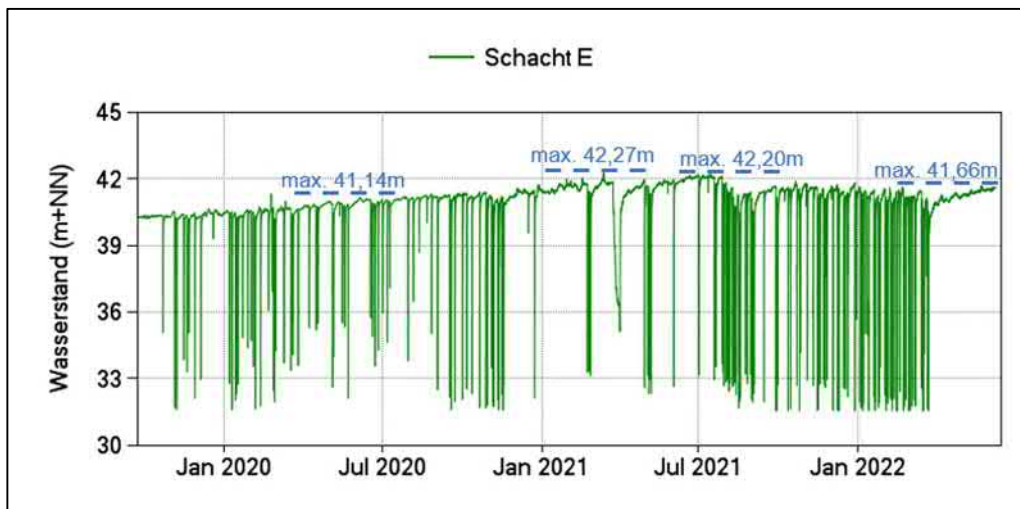


Abb. 63: Ganglinie der Wasserstände im Sickerwasserschacht E

In Schacht E wurde in der Vergangenheit auf Grundlage der Betriebsdaten ein Ruhewasserspiegel von ca. 42,27 m NN ermittelt (vgl. Abb. 64).

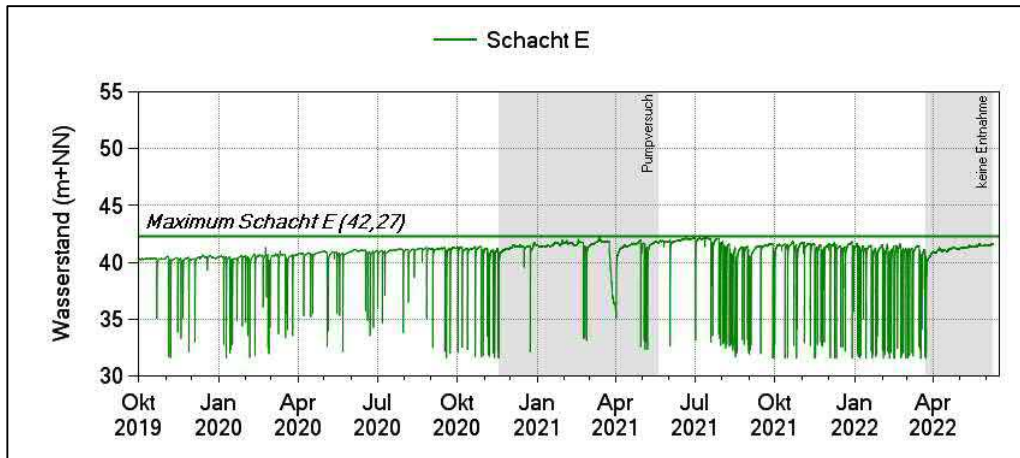


Abb. 64: Entwicklung des Wasserstands im Schacht E (Gesamtzeitraum)

In den aktuellen Untersuchungen wurde ein Ruhewasserspiegel von 41,66 m NN ermittelt (Abb. 65).

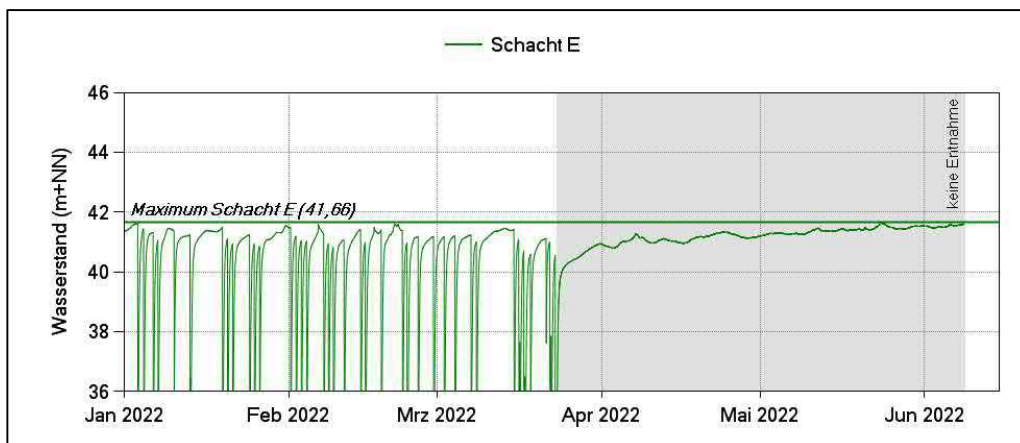


Abb. 65: Entwicklung des Wasserstands im Schacht E (Ausschnitt)

Der Wiederanstieg war nach der Entnahme ähnlich wie in Schacht C noch nicht vollständig abgeschlossen, erkennbar an dem Verlauf der Ganglinie der Abb. 66 ab ca. Mitte Mai 2022 in der letzten Phase des Wiederanstiegs. Allerdings wurden in den Messungen auch Phasen mit gleichbleibenden Wasserständen (ca. 3 Tage: 28.-31.2005) und sogar sinkendem Wasserspiegel (z. B. 24.05.; 01.06.) gemessen.

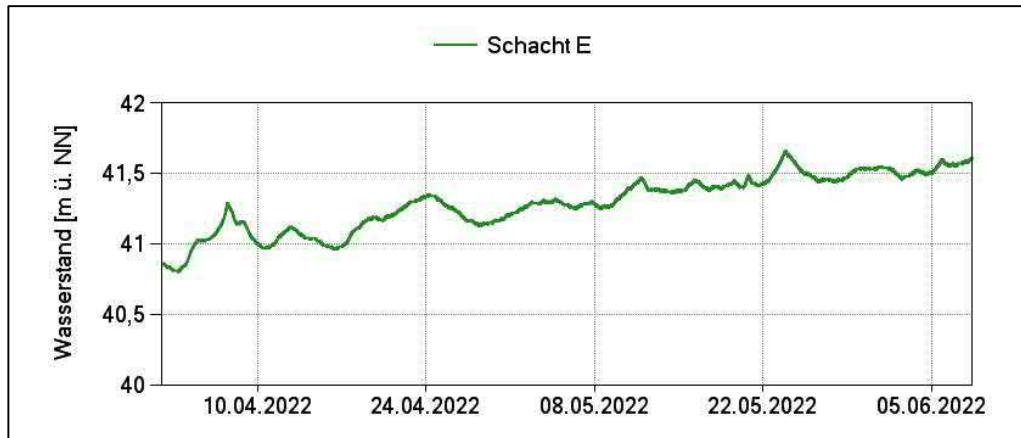


Abb. 66: Detailausschnitt Wasserstand im Schacht E

Im Rahmen der Ermittlung aktueller Ruhewasserspiegel im Frühjahr und Sommer 2022 ist der ermittelte Ruhewasserspiegel allerdings rückläufig mit der Einschränkung, dass der Wiederanstieg nach drei Monaten ohne Entnahmen noch nicht vollständig abgeschlossen war. Die Größenordnung beträgt ca. 0,2 m im Gesamtbeobachtungszeitraum. Die Pumpe ist unterhalb von 31,50 m NN eingebaut.

7.7.4.1.6 Ermittelte Ruhewasserspiegel in den Sickerwasserschächten

Die ermittelten Ruhewasserspiegel (RWSP) an den Schächten A bis E sowie die Bewertung des langjährigen Trends und der Vergleich mit den jeweiligen Randgrabenhöhen in den Bereichen sind in Tab. 15 dargestellt. Im Mittel ergibt sich aus den in Tab. 15 genannten Werten eine Erniedrigung des Ruhewasserspiegels von rund 1 m in einem Zeitraum von ca. 2 Jahren. Der mittlere Ruhewasserspiegel ergibt sich – ohne Berücksichtigung des Schachtes A – zu ca. 43,00 m NN.

Tab. 15: Ergebnisse der Untersuchungen zur Ermittlung der Ruhewasserspiegel

Schacht	RWSP bis März 2022 [m NN]	Aktueller RWSP 1. HJ 2022 [m NN]	Vergleich RWSP (vor 2022/in 2022) [m NN]	Höhe Sohle Randgraben [m NN]	Betriebswasserspiegel aktuell [m NN]	Bewertung Wiederanstieg
A	37,95	37,77	etwas niedriger (< 1 m)	48,55	ca. 32,00	vollständig abgeschlossen
B	48,77	46,78	deutlich niedriger (> 2 m)	48,62	ca. 37,50	vollständig abgeschlossen
C	46,4/43,9	42,88	niedriger (< 2 m)	48,59	ca. 31,75	nicht vollständig abgeschlossen
D	42,2	40,86	deutlich niedriger (< 2 m)	45,85	ca. 30,00	vollständig abgeschlossen
E	42,1	41,66	etwas niedriger (< 1 m)	44,50	ca. 31,50	nicht vollständig abgeschlossen

Betriebswasserspiegel: Wasserspiegel, der sich einstellt bei einer Entnahme von Sickerwasser bis zum jeweiligen Pumpenstopp (Trockenlaufschutz)

Schacht A: Die genaue Tiefe des Schachtes ist unbekannt. Es ist zu vermuten, dass das Bauwerk in die Abgrabungssohle (ca. 35 m NHN) hinein gebaut wurde und daher der Betriebswasserspiegel unterhalb der Sohle der Abgrabung liegt.

7.7.4.1.7 Weitergehende Auswertungen im Rahmen der Ermittlung der Ruhewasserspiegel

Zusammenhänge zwischen den Bauwerken

Die Auswertung der Ganglinien der Schächte während der Ermittlung der Ruhewasserspiegel zeigt keine Zusammenhänge zwischen den Entwicklungen der Sickerwasserstände und dem Aussetzen der Förderungen an einzelnen benachbarten Bauwerken. In der Vergangenheit wurde von der Fa. Nottenkämper die Vermutung geäußert, dass die beiden Schächte B und C (Entfernung ca. 100 m) interagieren und sich die Entnahmen gegenseitig beeinflussen. Die Auswertungen der Sickerwasserpumpversuche [1] ergaben bereits, dass keine Zusammenhänge nachweisbar sind. Auch die Untersuchungen zur Ermittlung der Ruhewasserspiegel ergaben keine Zusammenhänge. In Abb. 67 bzw. 68 sind entsprechende Ausschnitte dargestellt. Eine Förderung aus Schacht C beeinflusst nicht den Ganglinienverlauf in Schacht B. Ebenso ist der Ganglinienverlauf in Schacht C von der Förderung an Schacht B unbeeinflusst (vgl. Abschn. 5.1.2).

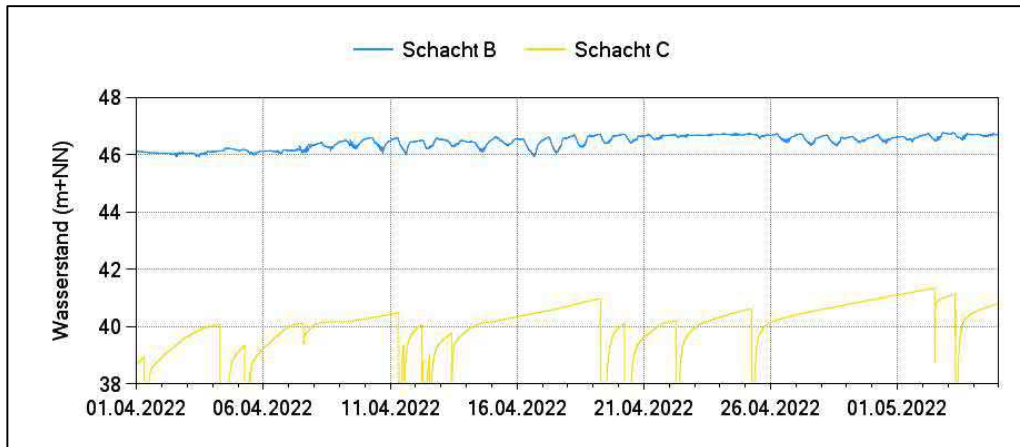
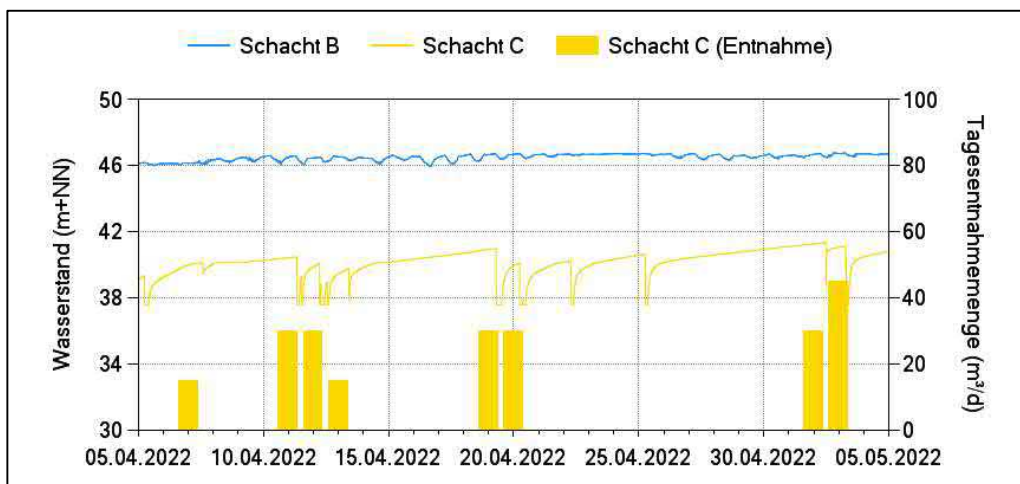


Abb. 67: Vergleich der Wasserstände der Schächte B und C (Ausschnitt)



Anmerkung: Zwischen dem 22.04. und 30.04.2022 sind keine Entnahmen dokumentiert. Die Absenkungen resultieren aus kurzzeitigen Inbetriebnahmen der Pumpe in Schacht C.

Abb. 68: Vergleich der Wasserstände der Schächte B und C mit Entnahmemengen aus den Schächten (Ausschnitt)

Zusammenhänge mit dem Niederschlag

Die Niederschlagsverteilung²¹ als Tageswerte der Station Dinslaken ist in Abb. 69 dargestellt.

²¹ Ohne Berücksichtigung einer möglichen Verdunstung, nicht relevant für diese Auswertung.

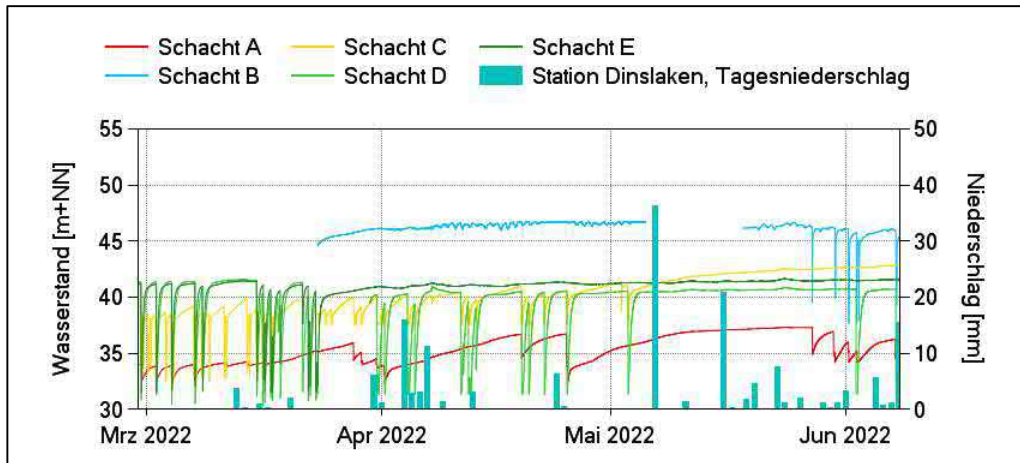


Abb. 69: Gegenüberstellung von Niederschlag (Station Dinslaken) und Schachtwasserständen (Ausschnitt)

In Abb. 70 sind exemplarisch die Tagesniederschläge den Sickerwasserganglinien der Schächte A und B gegenübergestellt. Auch bei hohen Tagesniederschlägen (z. B. Anfang bzw. Mitte Mai) ist kein Zusammenhang erkennbar.

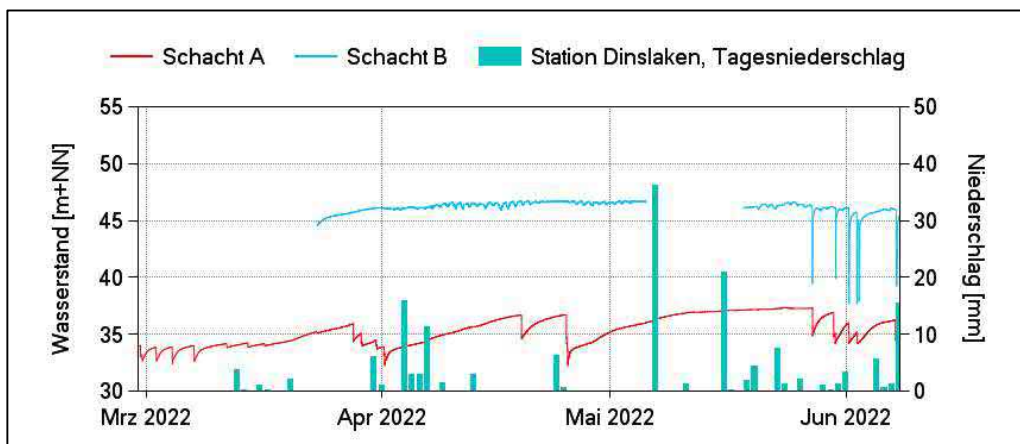


Abb. 70: Darstellung des Niederschlagseinflusses (Station Dinslaken) auf die Wasserstände der Schächte A und B (Ausschnitt)

Besonderheiten der Sickerwasserganglinien

Die Sickerwasserganglinie des Schachts B zeigt hinsichtlich der kurzfristigen Schwankungen einige Besonderheiten.

Es erfolgt zunächst ein vergleichsweise ruhiger und gleichmäßiger Wiederanstieg innerhalb von ca. 10 Tagen. Ab dem 10.04.2022 zeigen sich zeitweise oszillierende Schwankungen mit jeweils tageweise auftretenden Minima; diese sind allerdings nicht auf Förderungen in dem benachbarten Schacht C zurückzuführen (Abb. 71). Die im Datenlogger parallel aufgezeichneten Temperaturen zeigen keine vergleichbaren Schwankungen mit gleicher Frequenz (Abb. 72).

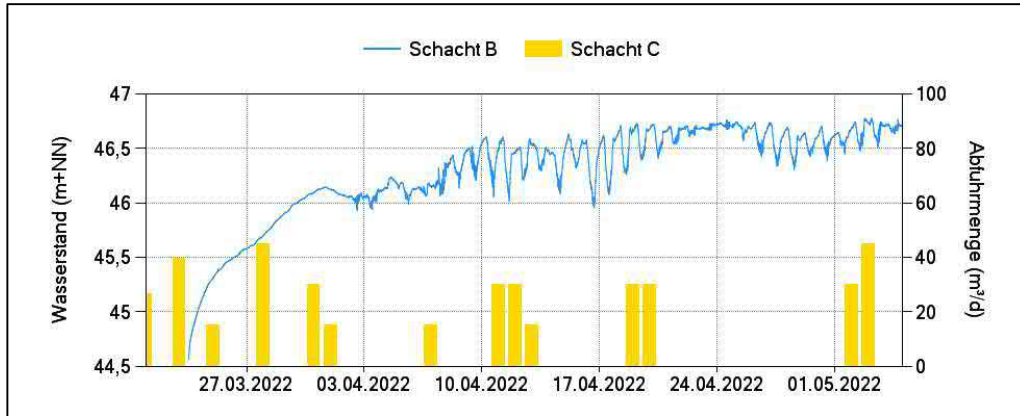


Abb. 71: Gegenüberstellung der Förderung Schacht C und des Wasserstandsverlaufs in Schacht B

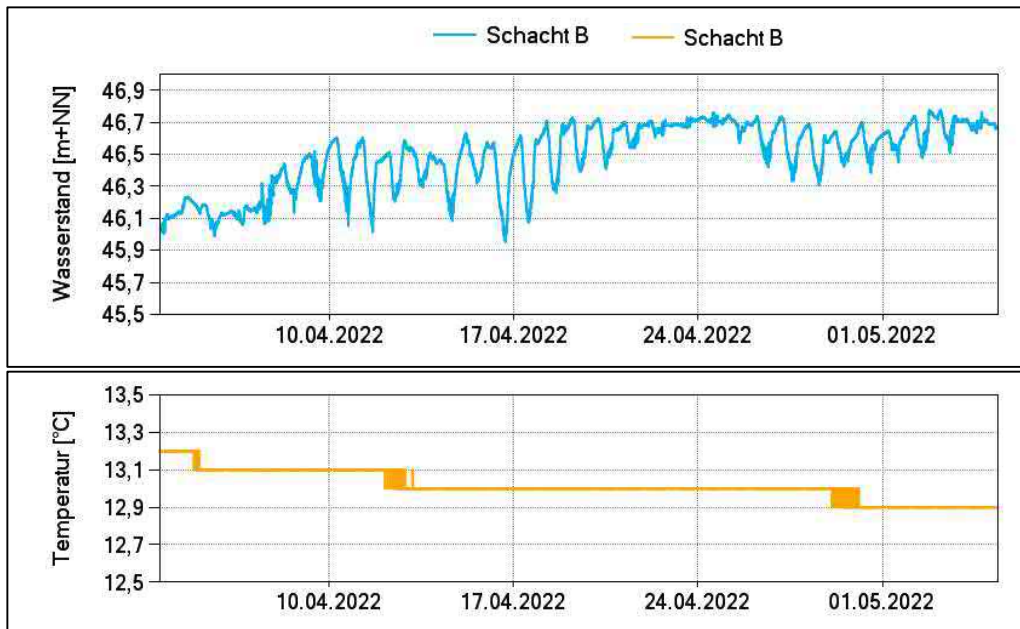


Abb. 72: Vergleich des Wasserstandsverlaufs in Schacht B mit den aufgetzeichneten Temperaturen

Auch der Einfluss von Niederschlagsereignissen kann ausgeschlossen werden (Abb. 73).

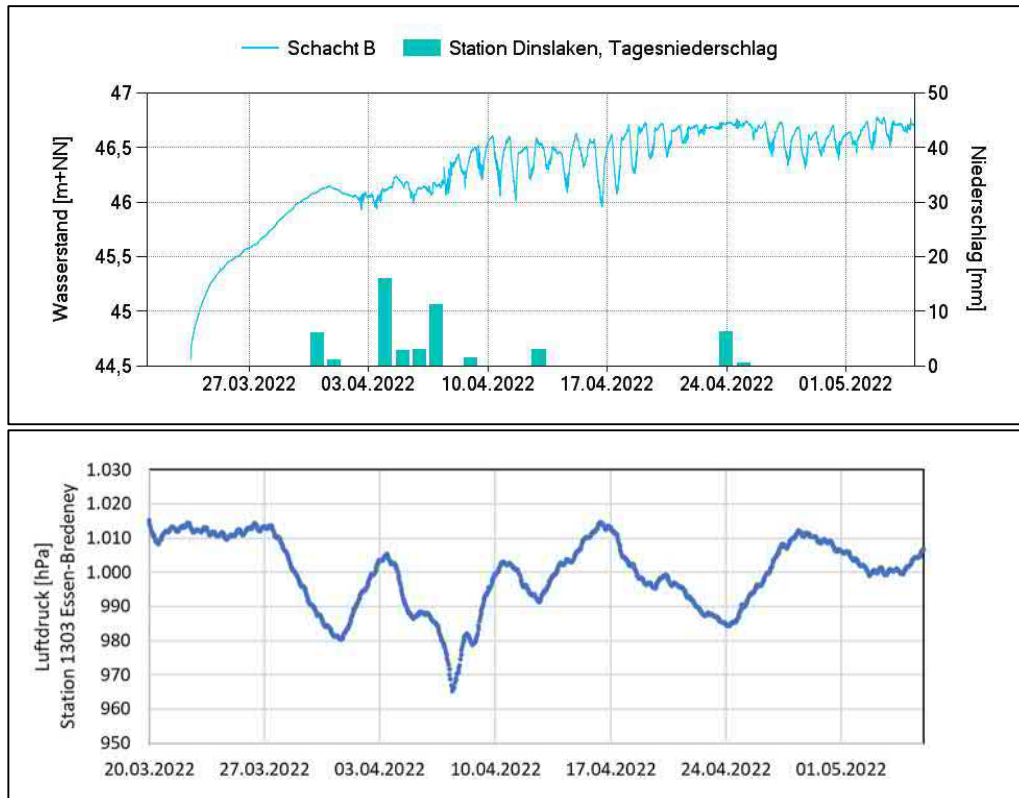


Abb. 73: Gegenüberstellung des Wasserstandsverlaufs Schacht B, des Niederschlags und des Luftdrucks (stündliche Messungen) in nahe gelegenen Stationen des DWD (Dinslaken, Essen-Bredeney)

Ein Zusammenhang mit Luftdruckschwankungen kann aufgrund der Schwan-
kungsbreite von über 0,5 m ebenfalls ausgeschlossen werden²² (Abb. 73). Eine
Änderung um 0,5 m würde eine kurzfristige Änderung des Luftdrucks von
50 mbar erfordern. Zudem treten die Schwankungen bei den Sickerwasserstän-
den teilweise sowohl bei steigenden als auch bei sinkenden Luftdrücken auf.

Die Ursache der Schwankungen ist nicht ermittelbar. Für die weiteren Betrach-
tungen ist die Aufklärung nicht relevant.

Eine gegenseitige Beeinflussung der Sickerwasserspiegel bei einer Förderung
in den benachbarten Schächten wurde nicht festgestellt (vgl. Dok. 5).

²² Die Datenlogger des Typs HT 575 sind für Relativdruckmessungen mit automatischer Luft-
druckschwankungskompensation entwickelt worden. Die Kompensation erfolgt im Datenlog-
ger; hierfür hat der Hersteller zum Ausgleich der barometrischen Schwankungen ein System
entwickelt, das ohne Trockenmittel arbeitet und einen dauerhaften Druckausgleich über ein
Kapillarrohr von der Drucksonde bis zum Sondenkopf gewährleistet.

Grundwasserstände außerhalb der Verfüllung – FLS Messstellen (Schicht 1 und 2)

Schicht 1

In Abb. 74 sind die Sickerwasserstände der Schächte B und E den Grundwasserständen der in Schicht 1 ausgebauten Grundwassermessstellen FLS15 und 18 gegenübergestellt. Es ist kein Zusammenhang der Grundwasserstände mit veränderten Sickerwasserniveaus in dem Messzeitraum erkennbar.

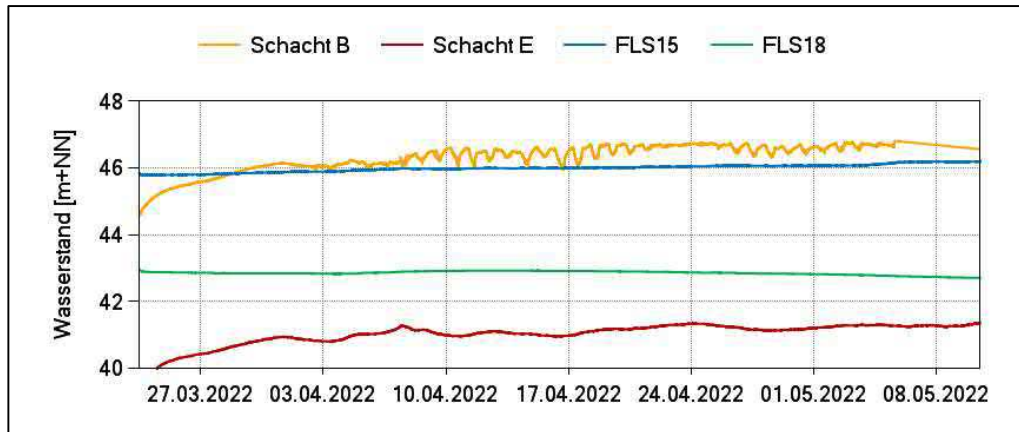


Abb. 74: Gegenüberstellung der Wasserstandsganglinien Schächte B und E und der FLS-Messstellen (Schicht 1)

Schicht 2

In Abb. 75 sind die Sickerwasserstände der Schächte B und E den Grundwasserständen der in Schicht 2 ausgebauten Grundwassermessstellen FLS3, 11 und 20 gegenübergestellt. Die Verläufe der Sickerwasserstände in den Schächten und der Grundwasserstände in den FLS-Messstellen sind hinsichtlich Amplituden und Trends auf der Grundlage der derzeitigen Erkenntnisse nicht vergleichbar. Möglicherweise sind entsprechende Trends erst über einen längeren Auswertzeitraum erkennbar.

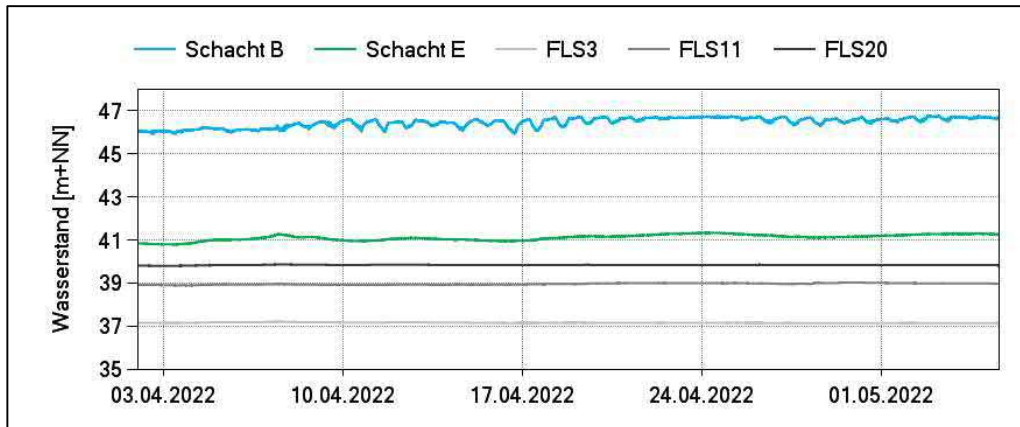


Abb. 75: Gegenüberstellung der Wasserstandsganglinien Schächte B und E und der FLS-Messstellen (Schicht 2)

Auch der Vergleich zwischen den übrigen Schächten (Abb. 76) zeigt keine Beeinflussung und keine gegenseitigen Abhängigkeiten.

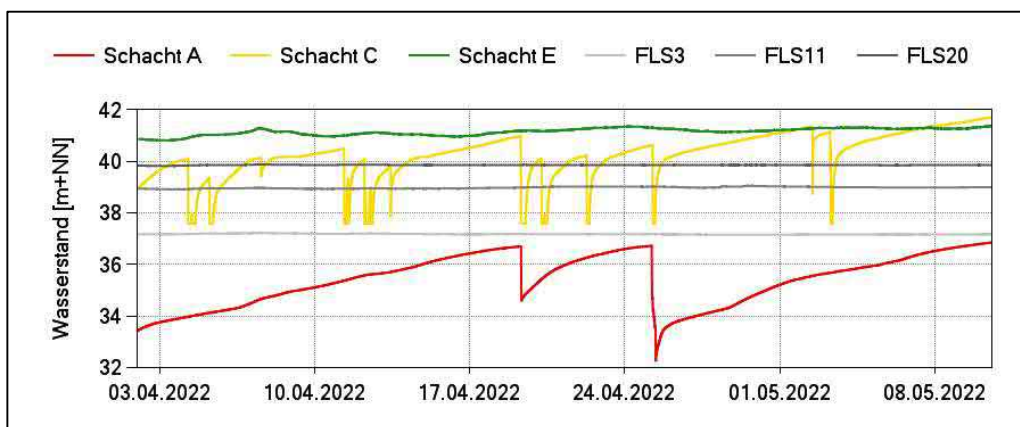


Abb. 76: Gegenüberstellung der Wasserstandsganglinien Schächte A, C und E und der FLS-Messstellen (Schicht 2)

Weitere Grundwassermessstellen

Die Grundwassermessstellen, die in den tieferen Bereichen (Basale Lintforter Schichten) verfiltert sind, sind von den geänderten/ausgesetzten Sickerwasserentnahmen aus der Verfüllung unbeeinflusst (vgl. Abb. 77).

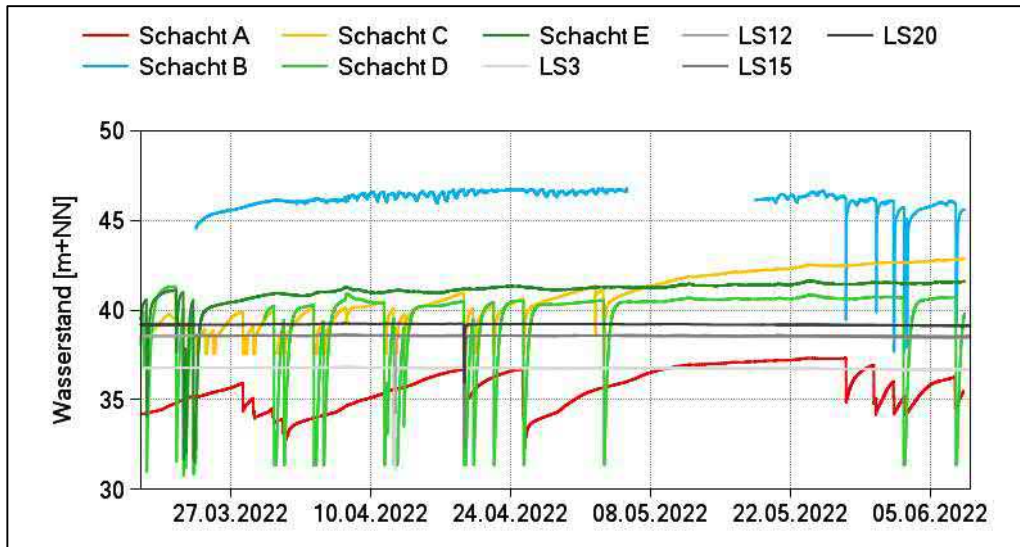
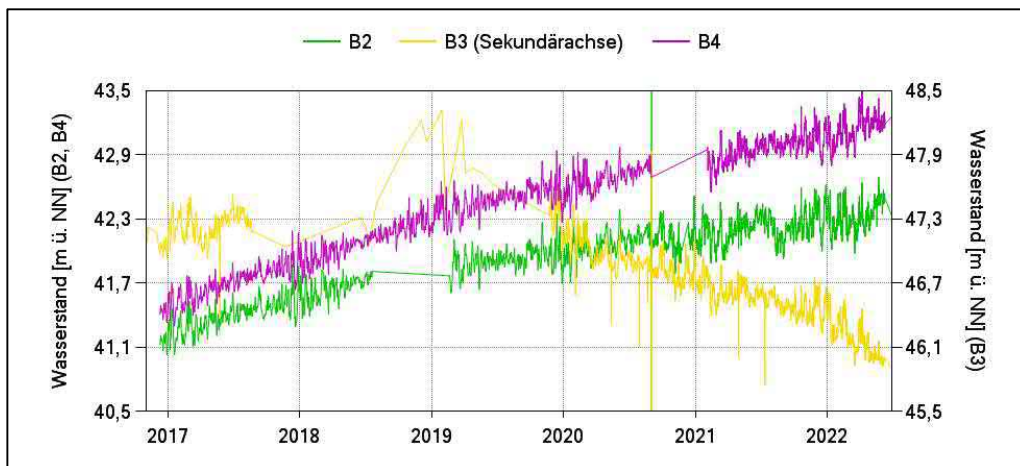


Abb. 77: Grundwasserstandsganglinien der in den Basalen Lintforter Schichten verfilterten Grundwassermessstellen

7.7.4.2 Sickerwassermessstellen B2, B3 und B4

Die **Wasserstände in den Sickerwassermessstellen** werden für die Langzeitbeobachtung mittels Datenloggern kontinuierlich alle 12 h (halbtäglich²³) aufgezeichnet und sind als Ganglinien in Abb. 78 dargestellt.



Ausnahmen:

B3: Hier liegen zwischen August 2017 und Dezember 2019 ausschließlich Handmessungen der Fa. Nottenkämper vor.

²³ Zur grundsätzlichen Beachtung: In den jeweiligen Gutachten werden je nach Fragestellung und Anforderungen an die Aussagekraft verschiedene Skalierungen auf den Zeit- und Werteachsen verwendet. Das ist beim Vergleich älterer und neuerer Abbildungen zu beachten. Im Rahmen der Ermittlung der Ruhewasserspiegel wurden die Datenlogger auf 5-minütliche Messungen umgestellt.

B4: Pumpversuchsdaten wurden nicht dargestellt wegen abweichender Skalierung (Werte zwischen 36 und 38 m NN).

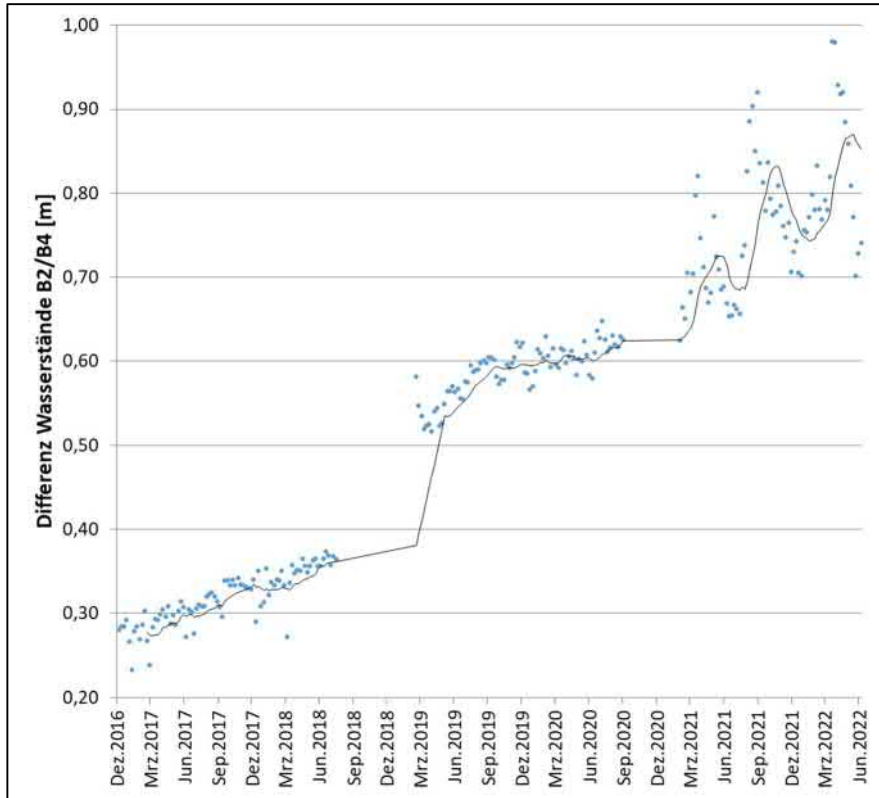
Abb. 78: Ganglinien der Sickerwassermessstellen (Darstellung der Loggerdaten)

Die Ganglinien der Messstellen **B2** und **B4** verlaufen bis Mai 2018 parallel, wobei die Werte an beiden Messstellen um jeweils ca. +/- 0,2 bis 0,3 m schwanken und insgesamt leicht ansteigen (rd. 0,3 bis 0,35 m/a).

Der Wasserstand in B2 liegt aktuell bei rd. 42,3 m NN, in B4 bei rd. 43,2 m NN. Die Anstiege der Wasserstände in den Messstellen B2 und auch B4 – wenn auch etwas geringer und verzögert zu B2 – flachen ab ca. dem Jahr 2019 ab.

(Anmerkung: Die Datenlücke in den Messungen B2 ist durch einen Defekt des Loggers begründet. Der Logger wurde repariert, bereits aufgezeichnete Daten konnten jedoch rückwirkend nicht wiederhergestellt werden. Ende des Jahres 2019 wurden die in den Messstellen verbauten Logger gegen korrosionsbeständige Titanlogger mit PE-Kabelummantelung ausgetauscht, um weitere Loggerausfälle zu vermeiden).

In Abb. 79 ist die Entwicklung der Wasserstandsdifferenzen zwischen B2 und B4 dargestellt. Die Darstellung wurde erstellt, um zu prüfen, ob ein zusammenhängender Sickerwasserspiegel innerhalb der Verfüllung zwischen B2 und B4 anzunehmen ist. Es ist erkennbar, dass ab Mai 2018 die Differenz zwischen B2 und B4 größer wird. Zu Beginn der Loggeraufzeichnungen (Dez. 2016) lag die Differenz der Wasserstände zwischen B2 und B4 bei ca. 0,30 m, aktuell bei ca. 0,90 m. Für die Berechnung wurden jeweils Wochenmittelwerte verwendet. Ein räumlich zusammenhängender Sickerwasserspiegel zwischen B2 und B4 ist aus den Auswertungen nicht erkennbar.



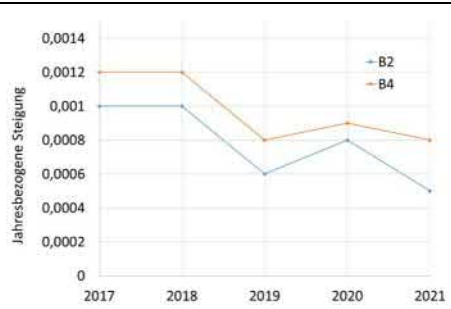
Trendlinie: gleitender Mittelwert

Abb. 79: Zeitliche Entwicklung der Differenz zwischen den Wasserständen B2/B4

Für die Messstellen B2 und B4 wurden mittels linearer Regression automatisiert über Excel jahresbezogen die Geradensteigungen berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 16 dargestellt.

Tab. 16: Jahresbezogene Geradensteigungen für B2 und B4

Jahr	B2	B4
2017	$0,001x-1,51$	$0,0012x-8,6423$
2018	$0,001x-1,6272$	$0,0012x-10,989$
2019	$0,0006x+17,547$	$0,0008x+7,3413$
2020	$0,0008x+6,5852$	$0,0009x+2,1873$
2021	$0,0005x+20,004$	$0,0008x+7,7012$



Es wird deutlich,

- dass die Steigung der jahresbezogenen Trends der Sickerwasserstände seit 2017 weiterhin positiv (und damit aufwärtsgerichtet) ist,
- dass die absoluten Beträge der Steigungen aber insgesamt fallend sind.

Der Wasserstand in **B3** liegt mit aktuell knapp 46,0 m NN deutlich höher als in B2 und B4. Zu Beginn der Aufzeichnung verlief der Trend kurzzeitig parallel zu B2 und B4 (Anstieg: 0,35 m/a), allerdings mit deutlicheren Schwankungen. In der Zeit von August 2017 bis November 2019 war hier kein Logger verbaut, da bereits nach kurzer Betriebszeit ein irreparabler Defekt am Logger aufgetreten war. In Abstimmung mit der Behörde wurden stattdessen monatliche Handlotungen vorgenommen.²⁴ Seitdem auch hier wieder ein Logger verbaut ist, zeigt sich ein deutliches und mit der Zeit stärker werdendes Absinken des Wasserstands ab Anfang 2019 (in den Jahren 2020 und 2021 ca. 0,5 bis 1 m/a) zum Ende des aktuellen Untersuchungszeitraums. Das Absinken des Sickerwasserstands setzt sich fort.

Die Ganglinienverläufe wurden zudem hinsichtlich der möglichen Einflüsse von Niederschlägen²⁵ bewertet.

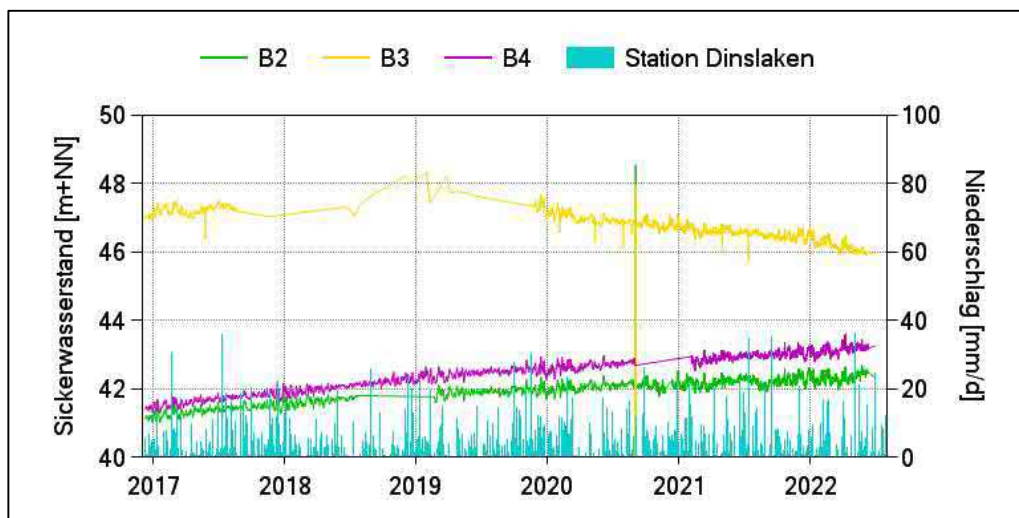


Abb. 80: Tagesniederschläge und Sickerwasserstände in B2 bis B4

²⁴ Anmerkung: Aufgrund der hohen Salzgehalte des Sickerwassers ist eine Handlotung mit dem Lichtlot schwierig und fehlerbehaftet. Das Lichtlot „klebt“ ab einer gewissen Einhängtiefe an der Wandung der Messstelle und reagiert mit dem an der Rohrwand anhaftenden Wasser, welches ebenfalls höher mineralisiert ist; nach Eintauchen in das Sickerwasser bleibt die Leuchte bzw. der Signalgeber dauerhaft an. Die handgemessenen Werte sind daher nur mit Einschränkungen nutzbar und die Handmessungen müssen entsprechend sorgfältig durchgeführt werden. Insbesondere die Messungen zu den Zeitpunkten der Probenahmen sind ggf. fehlerhaft. Seit Frühjahr 2022 werden Handmessungen mit einer Brunnenpfeife durchgeführt, die unempfindlich hinsichtlich der hohen Salzgehalte ist.

²⁵ ohne Berücksichtigung einer Verdunstung

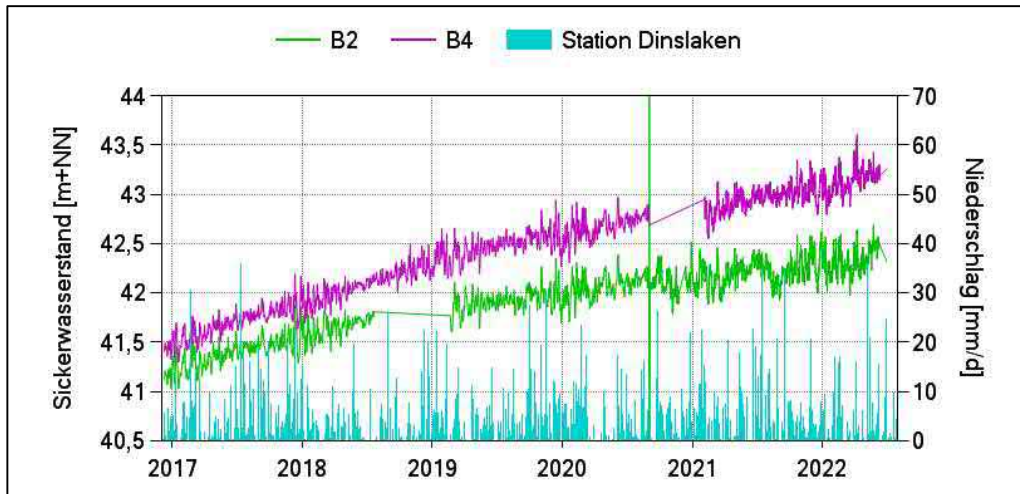


Abb. 81: Sickerwasserganglinien von B2 und B4 und Tagesniederschläge

Die Darstellung der Sickerwasserstände zeigt die bereits festgestellten Änderungen im Dezimeter-Bereich im Verlauf von einigen Tagen mit vergleichsweise parallelem Ganglinienverlauf. Ein eindeutiger, systematischer und für den Sickerwasserhaushalt der Verfüllung relevanter Zusammenhang mit den Tagesniederschlägen ist allerdings bezogen auf die Datenreihe nicht ableitbar. Peaks und kurzfristige Änderungen der Sickerwasserstände als Reaktion auf Tagesniederschläge korrelieren teilweise scheinbar zeitlich, teilweise erzeugen extrem hohe Tagesniederschlagsmengen jedoch keine messbare Reaktion auf die Sickerwasserstände. Grundsätzlich möglich ist eine Reaktion der Sickerwasserstände auf die zusätzliche Auflast durch Regenwasser auf den Verfüllkörper, allerdings wäre dieser Effekt eher bei gespannten Aquiferen zu erwarten (vgl. auch [5]) und auch weniger ausgeprägt.

Zum Vergleich sind in Abb. 82 die Grundwasserstandsganglinien der FLS²⁶-Messstellen (Schicht 1 und 2) zusammen mit den Tagesniederschlägen dargestellt.

²⁶ FLS: Flache Grundwassermessstellen in den Lintforter Schichten

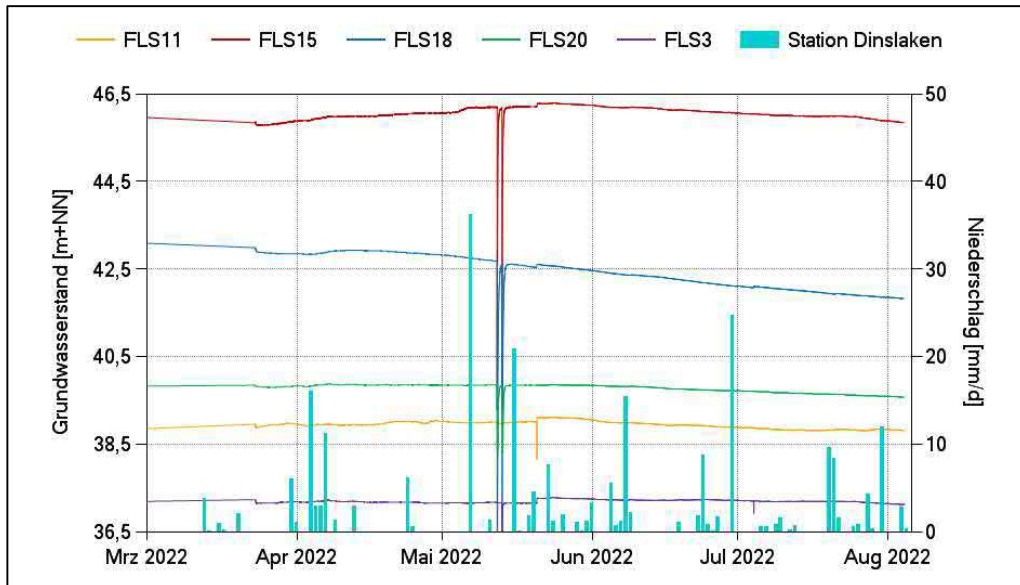
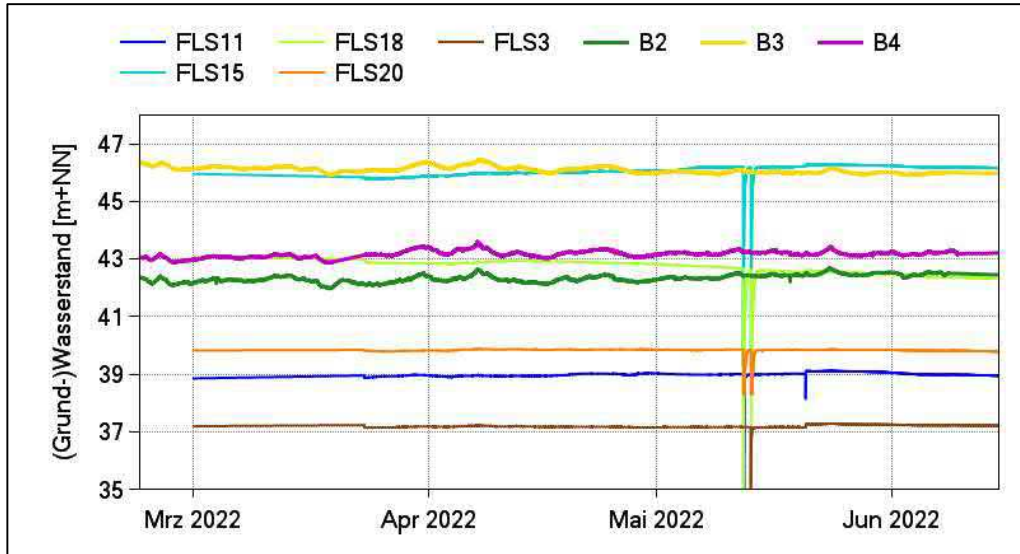


Abb. 82: Wasserstände der FLS-Messstellen und Tagesniederschläge

Es zeigt sich hier kein erkennbarer Zusammenhang zwischen Tagesniederschlägen und den Grundwasserständen in den FLS-Messstellen der Schichten 1 und 2. Die Abdichtung der neuen Grundwassermessstellen gegen zutretendes Oberflächenwasser ist damit wirksam.

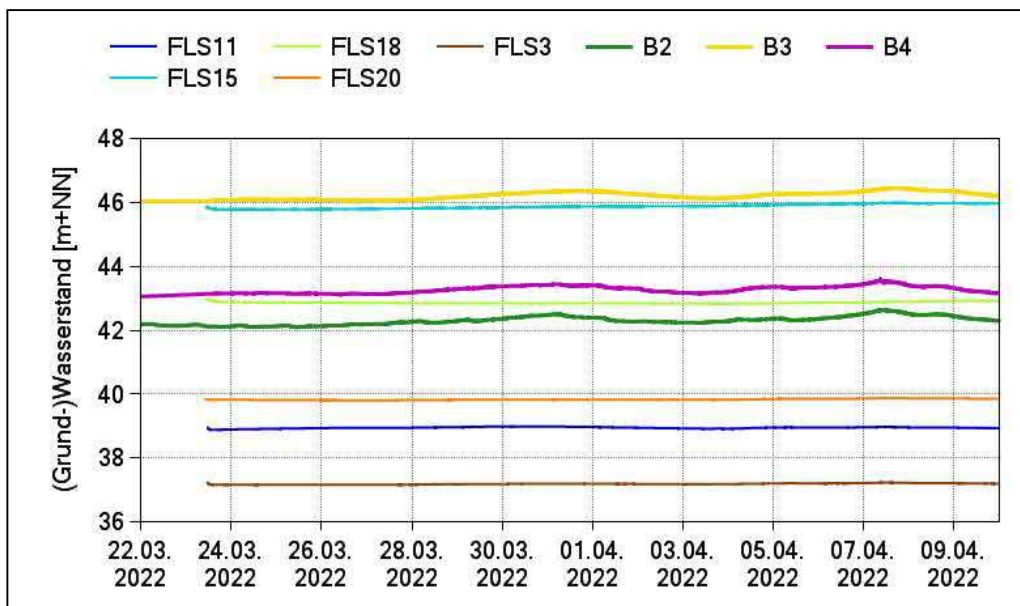
Der Vergleich der Sickerwasserstände in B2 bis B4 und der Grundwasserstände in den FLS-Messstellen ist in Abb. 83 und Abb. 84 (Detail) dargestellt.

Die Wasserstände zwischen den Sickerwassermessstellen und den FLS-Grundwassermessstellen außerhalb der Verfüllung zeigen keinen messtechnisch nachweisbaren Zusammenhang.



fette Linien: B2-B4, dünne Linien: FLS-Messstelle

Abb. 83: Wasserstände der FLS-Messstellen und der SiWa-Messstellen B2-B4



fette Linien: B2-B4, dünne Linien: FLS-Messstelle

Abb. 84: Wasserstände der FLS-Messstellen und der SiWa-Messstellen B2-B4 (Ausschnitt)

7.7.4.3 Sickerwassermessstellen B5, B6 und B7

Im Frühjahr und Sommer 2021 wurden im Bereich der Verfüllung Mühlenberg insgesamt drei neue Sickerwassermessstellen errichtet. Die Sickerwassermessstellen B6 und B7 wurden begleitend zum Anlegen der Suchschürfe errichtet. Die Sickerwassermessstelle B5 wurde im Zuge einer Suchgrabung nach einem Kabel im Frühjahr 2021 erstellt. Sie erfassen schwebendes Sickerwasser in der Nähe des umlaufenden Randgrabens.

Die Ausbaudaten sind in ahu [23] und den Schurfaufnahmen ahu 2021 (Dok. 3.1. bis Dok. 3.6 für die Schürfe 1 bis 6 dokumentiert (siehe Kap. 3). In Tab. 17 sind die Ausbaudaten zusammengefasst.

Tab. 17: Verfügbare Informationen zu den Sickerwassermessstellen B5 bis B7

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	MPH	Ausbautiefe	Filterbereich	Ausbautiefe = Sohle Verfüllung	Ausbau-durchmesser	Sohle Randgraben
			[m NN] ²⁷	[m u. GOK]	[m u. GOK]	[m NN]	[mm]	[m NN]
B5	350768,6	5725049,3	52,57	7,5	5-7,5	46,60	DN125	48,08
B6	350731,6	5725196,5	52,31	6,5	1-6,5	45,5	DN125	48,62
B7	350999,7	5725499,1	53,24	9	7-9	45,7	DN125	46,00

Im August 2021 erfolgte der Einbau von Wasserstandsdatenloggern in alle drei Messstellen. Die Entwicklung der Sickerwasserstände seit der Errichtung der Messstellen ist relevant für die Beurteilung, ob innerhalb der Verfüllung im Bereich der Randabdichtung dauerhaft schwebendes Sickerwasser ansteht und auf welchem Niveau sich diese Sickerwasserstände einstellen.

In der vorliegenden Auswertung wird die Entwicklung der Sickerwasserstände beschrieben und bewertet.

Entwicklung der Sickerwasserstände

Die Wasserstände in den Sickerwassermessstellen B5 bis B7 werden seit Juli 2021 mittels Datenloggern kontinuierlich im Tagesintervall aufgezeichnet und sind als Ganglinien in Abb. 85 (Darstellung als Tagesmittelwerte aus mind. stündlichen Messungen) dargestellt.

²⁷ Aktuelle Messergebnisse, die in m NHN vorliegen, wurden mit der Internet-Anwendung des Landes NRW „HOETRA“ (https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/geodaetische_fachprogramme/transformation/hoetra/index.html) umgerechnet.

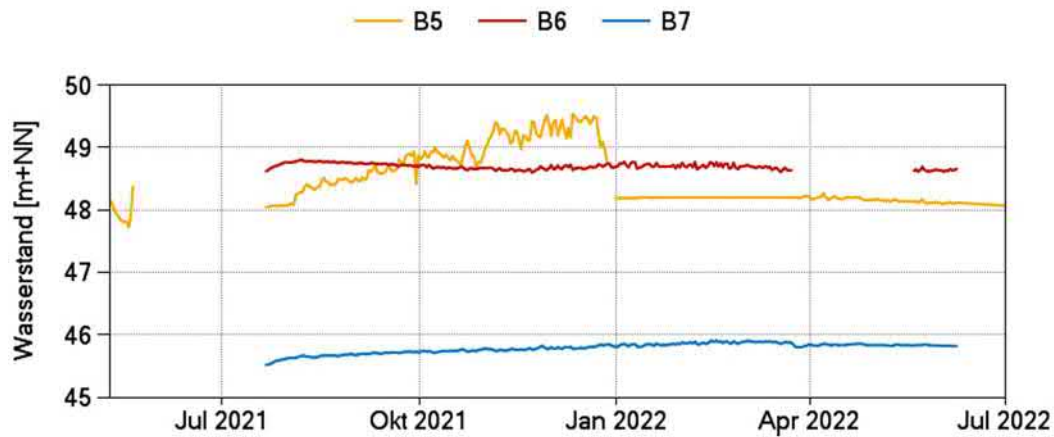


Abb. 85: Ganglinien der Sickerwassermessstellen B5 bis B7 (Tagesmittelwerte)

Im Einzelnen:

B5

Der Sickerwasserspiegel in der Messstelle B5 (Abb. 86) liegt zu Beginn der Messungen bei rund 48 m NN. Nach der Durchführung der Kurzzeitentnahme im Rahmen der Sickerwasserpumpversuche im Mai 2021 steigen die Sickerwasserstände kontinuierlich an auf ein Niveau von ca. 49,5 m NN. Die Ganglinie zeigt in dem Zeitraum bis Dezember 2021 deutliche Amplituden im dm-Bereich und durch die regelmäßigen Entnahmen mittels einer händisch betriebenen Tauchpumpe mit kurzen Laufzeiten wegen Trockenfallen und demzufolge geringen Entnahmemengen im Zeitraum zwischen August 2021 und Mitte November 2021 kurzfristig absinkende und anschließend wieder ansteigende Sickerwasserstände.

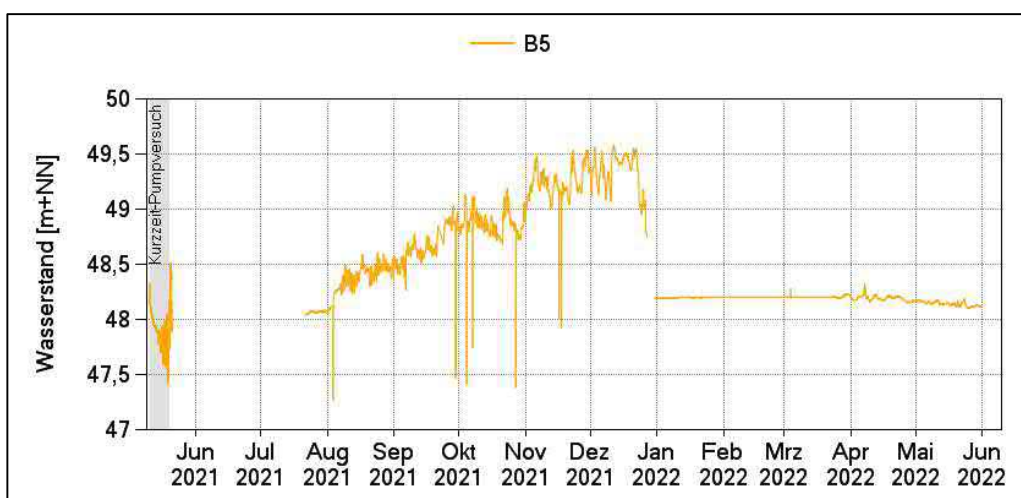
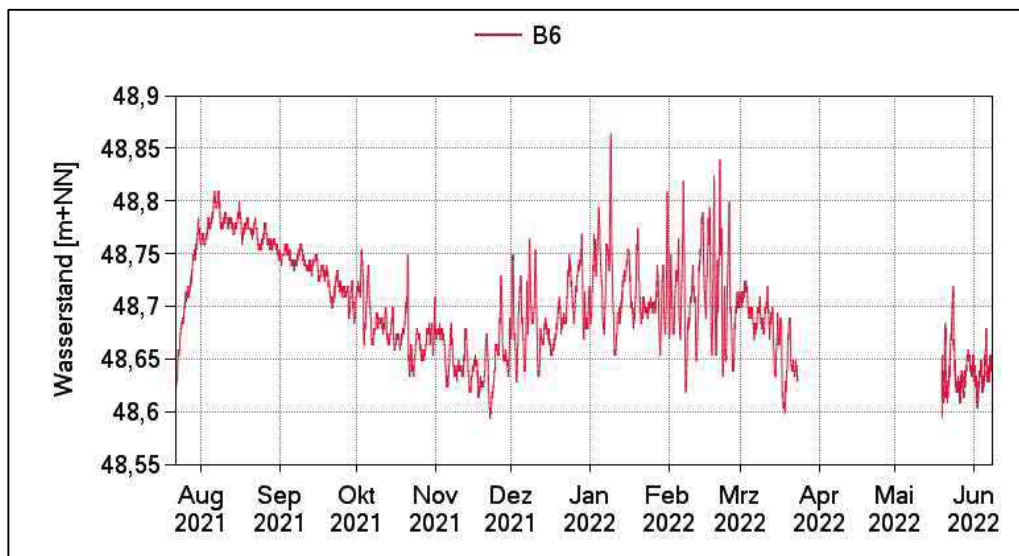


Abb. 86: Ganglinien der Sickerwassermessstelle B5 (Stundenwerte bzw. Messungen alle 5 Minuten ab 22.03.2022, Datenlücke zwischen Mitte Mai 2022 und Mitte Juli 2022)

Insgesamt wurden während des Sickerwasser-Pumpversuchs in 10 Tagen zwischen dem 10.05. und 19.05.2021 (vgl. [1]) ca. 45 m³ Sickerwasser aus B5 entnommen. Ab Ende Dezember 2021 fällt der Sickerwasserstand auf ein Niveau von ca. 48,20 m NN und sinkt dann weiter ab (Juni 2022: 48,08 m NN). Die Ursache für dieses vergleichsweise schnelle Absinken ist nicht abschließend aufklärbar. Handmessungen aus Oktober und Dezember 2021 ergaben bei Datenlogger-Kontrollen Werte um 49 bzw. 49,5 m NN, die Ende Januar 2022 durchgeführten Kontrollmessungen ergaben Sickerwasserstände um 48,25 m NN. Ein Abrutschen des Datenloggers wurde nicht festgestellt. Offen bleibt die Ursache für die Datenlücke Ende Dezember bis zum 02.01.2022. Ein Trockenfallen des Datenloggers würde zwar falsche, aber keine fehlenden Messwerte erklären. Ab diesem Zeitpunkt sind die Amplituden der Schwankungen deutlich geringer. Der Trend ist insgesamt leicht sinkend ab April 2022.

B6

Der Sickerwasserspiegel in der Messstelle B6 (Abb. 87) liegt zu Beginn der Messungen bei rund 48,6 m NN, steigt dann auf 48,8 m NN an und sinkt bis Ende November 2021 auf das Anfangsniveau. Ab Dezember 2021 steigt der Sickerwasserspiegel wieder leicht an mit Amplituden bis 0,15 m bis Ende Februar 2022. Anschließend erfolgt ein Absinken bis auf das Ausgangsniveau mit vergleichsweise geringeren Amplituden (48,65 m NN). Insgesamt ist der Trend leicht sinkend bis stabil. Bei der Bewertung ist die Skalierung der y-Achse zu beachten. Die Schwankungen und absoluten Veränderungen sind vergleichsweise gering.



Datenlücke zwischen 03/2022 und 05/2022: Ausfall Messgerät/Datenverlust beim Auslesen

Abb. 87: Ganglinien der Sickerwassermessstelle B6 (Stundenwerte bzw. Messungen alle 5 Minuten ab 19.05.2022)

B7

Der Sickerwasserspiegel in der Messstelle B7 (Schurf 2, Abb. 88) liegt zu Beginn der Messungen bei rund 45,5 bis 45,6 m NN mit insgesamt ansteigendem Trend bis Mitte Februar 2022 und Amplituden bis 5 cm. Anschließend sinkt der Sickerwasserstand geringfügig ab und liegt Ende Juni 2022 vergleichsweise stabil bei ca. 45,82 m NN. Bei der Bewertung ist die Skalierung der y-Achse zu beachten. Die Schwankungen und absoluten Veränderungen sind vergleichsweise gering.

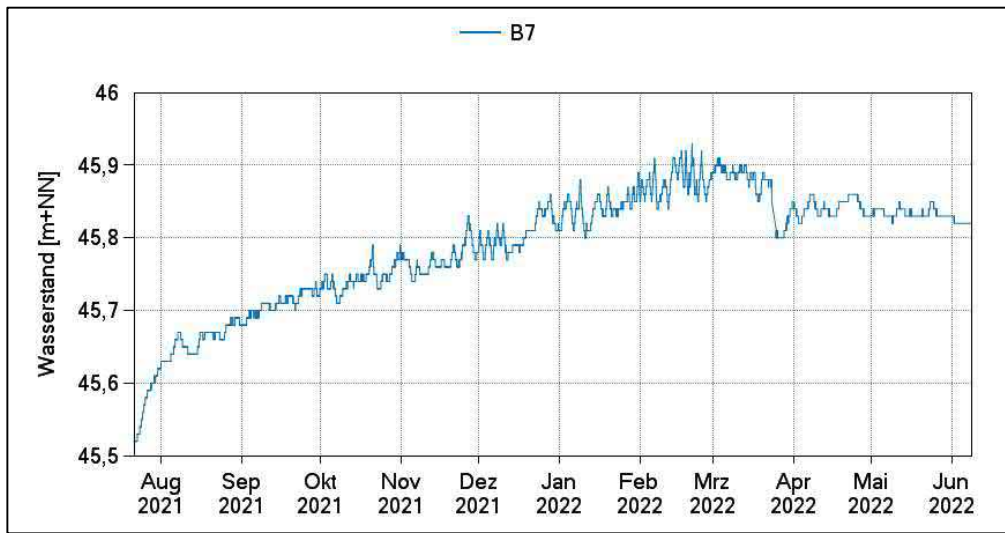


Abb. 88: Ganglinien der Sickerwassermessstelle B7 (Stundenwerte bzw. Messungen alle 5 Minuten ab 22.03.2022)

Einfluss des Niederschlags auf die Wasserstände an B5 bis B7

In Abb. 89 sind die Wasserstände zusammen mit den Niederschlägen der DWD-Station Dinslaken dargestellt. Es ist keine kurzfristige Beeinflussung der Sickerwasserstände durch Niederschlagsereignisse erkennbar.

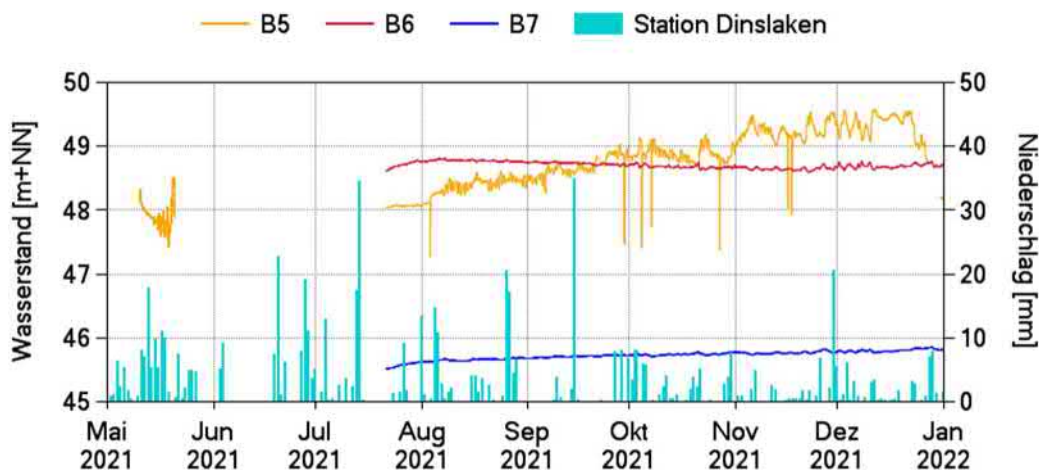


Abb. 89: Gegenüberstellung Wasserstände B5-B7 und Niederschlag

Vergleich Höhe Randgraben zum gemessenen Sickerwasserstand

In Tab. 18 sind die Sickerwasserspiegel an den neu errichteten Sickerwassermessstellen am Rand der Verfüllung Mühlenberg sowie die Sohlhöhen des Randgrabens in dem jeweiligen Bereich zusammengefasst.

Tab. 18: Sickerwasserstand und Sohlhöhe im Randgraben zum Zeitpunkt der jeweiligen Schurtaufnahmen

	B5	B6	B7
Sickerwasserstand m NN September 2022	48,08	48,65	45,82
Sohlhöhe Randgraben m NN	zwischen 47,98 und 48,18 ²⁸	48,62 (Bereich Schurf 1)	46,00 (Bereich Schurf 2)
Wasserstand Randgraben	trocken	trocken	46,18

Die aktuellen Sickerwasserstände in den Messstellen B5 und B6 liegen geringfügig (B5: max. 0,1 m, B6: 0,03 m) oberhalb bzw. im Bereich des Sohlniveaus des Randgrabens. Der Sickerwasserstand in der B7 liegt um 0,18 m unterhalb des Sohlniveaus des Randgrabens. Die Potentialunterschiede zwischen B5 bzw. B6 und Randgrabensohle sind damit vergleichsweise gering, so dass kein Übertritt von Sickerwasser in den Randgraben zu befürchten ist. Die Messwerte der Sickerwasserstände liegen alle auf Randgrabenniveau bzw. knapp darüber oder darunter.

Bei dem angetroffenen Sickerwasser handelt es sich um schwebendes Sickerwasser, dass sich offensichtlich auf gering durchlässigem Verfüllmaterial eingestaut hat und nur extrem langsam in die tieferen Bereiche der Verfüllung versickert.

Zusammenfassende Bewertung

In den Schächten A, B, C und D sinken die Sickerwasserstände der Ruhewasserspiegel seit Beginn der Beobachtung ab, in Schacht E setzt das Absinken des Sickerwasserspiegels erst seit dem Jahr 2021 ein. Die Ursache hierfür liegt in der erhöhten Fördermenge im Jahr 2021 (Schacht E).

Die ermittelten Ruhewasserspiegel (vgl. auch Teilaufgabe N4) in allen Schächten sind im Vergleich zu Werten vor 2022 (bisherige Betriebserfahrungen) deutlich niedriger. Das ist dadurch erklärbar, dass bereits zum jetzigen Zeitpunkt eine Vorratsentnahme von Sickerwasser aus der Verfüllung erfolgt (vgl. Ausführungen in Kap. 7.7.5).

sinkende Ruhewasserspiegel
in allen
Schächten

Die langfristige Entwicklung der Sickerwasserstände in den Messstellen B2 bis B4 ist nicht einheitlich. In der B4 ist die Anstiegsrate höher als in Messstelle B2. In der Messstelle B2 ist der Trend zwar ebenfalls ansteigend, aber

²⁸ Im Bereich südlich B5 existieren zwei Randgrabenabschnitte, die teilweise unterschiedliche Höhen der Sohlgräben aufweisen. Der Vollständigkeit halber sind beide Angaben genannt.

insbesondere seit dem Jahr 2019 mit sinkender Anstiegsrate. An der B3 setzen sich die seit dem Jahr 2019 deutlich sinkenden Sickerwasserniveaus kontinuierlich fort.

Gut erklärbar ist dies durch die unterschiedlichen Verfüllhistorien für diese Bereiche (vgl. [5]). Die Bereiche um B2 und B4 wurden vergleichsweise spät – ab 2010 – verfüllt und bereits 2013 vollständig mit einer Oberflächenabdichtung abgedeckt. Damit wurde der hinsichtlich der Verfüllung jüngste Bereich am schnellsten abgedichtet, so dass hier lediglich ein vergleichsweise kurzer Zeitraum für eine Aufsättigung mit eintretendem Niederschlagswasser in den Verfüllkörper zur Verfügung stand. Der Bereich um die B3 war bereits vor 2010 vollständig verfüllt, war aber deutlich länger nicht abgedeckt. Der Zeitraum der Aufsättigung war damit ebenfalls deutlich länger und ist aktuell fast oder vollständig abgeschlossen. Das erklärt auch die Befunde der erhöhten Sickerwassertemperaturen in den Sickerwassermessstellen B2/B4 im Vergleich zur Messstelle B3 (noch ablaufende Hydratisierungsprozesse in B2 und B4).

Die Ergebnisse der Sickerwasserstandsbeobachtungen (Auftreten von schwebenden Sickerwasserhorizonten mit nur wenig variierenden Sickerwasserspiegeln in B5 bis B7) lassen sich wie folgt bewerten:

B2 mit langsamerem Anstieg,
B3 sinkend,
B4 steigend

B5: Wahrscheinlich ist, dass mit der Suchschachtung für das defekte Fernmelde-Kabel ein lokaler, Sickerwasser führender Horizont oberhalb einer geringdurchlässigen Schicht in der Verfüllung angeschnitten worden ist. Die ausgebaut Sickerwassermessstelle (Sickerwasserstand oberhalb der Bodenkappe 2 bis 3 m) zeigt mit den ansteigenden Sickerwasserständen bis Ende des Jahres ein langsames Ansteigen der Sickerwasserstände **in der Ausbauverrohrung** („Volllaufen“) bis Dezember 2021. Anschließend findet keine nennenswerte Nachlieferung mehr statt, was darauf hindeutet, dass mit der Errichtung der B5 ein künstlicher Tiefpunkt geschaffen wurde, in den zunächst ein hydraulisch höher liegendes Reservoir entleert hat und in den anschließend weiter entfernte Bereiche – stark verzögert und mit geringerem Nachlauf – entwässern. Ein weiterer möglicher Erklärungsansatz wäre, dass sich hier die verzögerte Wirkung des Aufbringens der Oberflächenabdichtung zeigt, die in diesem Bereich erst 2020 eingebaut worden ist, so dass bis zu dem Zeitpunkt noch Niederschlagswasser eindringen konnte.

B5 zeigt lediglich Restwasserstand

Ab Januar 2022 lässt sich lediglich ein Wasserstand von ca. 48,2 m NN in der Sickerwassermessstelle B5 nachweisen, der sich nicht weiter verändert bzw. in geringem Umfang weiter absinkt. Der Sickerwasserstand liegt ca. 1,6 m oberhalb der Sohle der Sickerwassermessstelle. Weitergehende Interpretationen sind aufgrund des nicht bekannten Untergrundaufbaus außerhalb des Ausbaus nicht möglich.

B6 und B7: Die Sickerwasserstände an den Messstellen B6 und B7 zeigen vergleichsweise geringe Schwankungen und keine deutlichen aufwärts oder abwärts gerichteten Trends. Die geringen Schwankungen der Sickerwasserganglinien und das gleichbleibende Niveau (ab April auch an B5) zeigen, dass in den mittels der Schürfe temporär aufgeschlossenen Bereichen lokale Sickerwasserhorizonte auftreten können, die lediglich einen geringen Nachlauf haben.

B6 und B7 mit geringen Schwankungen

Dass sich ein Sickerwasserspiegel oberhalb des Randgrabensohlenniveaus in diesem Bereich in der Messstelle B6 einstellt, ist theoretisch möglich, aber unwahrscheinlich, da die festgestellten Sickerwasseraustritte bei der Errichtung

des Schurfes 1 nur sehr lokal begrenzt sind und der Nachlauf gering ist. Die Entfernung zur Grabensohle beträgt 10 m. Zwischen Grabensohle und Messstelle liegen der Tonkeil (hier durchgehend als fetter Ton angetroffen) und die Oberflächenabdichtung. Ein Sickerwasseraustritt in den Randgraben ist damit auszuschließen.

Im Bereich B7 ist ein Austritt von Sickerwasser in den Randgraben aufgrund der gemessenen Höhen der Wasserspiegel in dem Graben, der Höhe der Grabensohle und der Sickerwasserhöhe im September 2022²⁹ an dieser Stelle hydraulisch nicht möglich.

Der Vergleich der Ruhewasserspiegel in den Schächten A bis E und in den Sickerwassermessstellen B2 bis B4 sowie B5 bis B7 mit dem Niveau des Randgrabens zeigt für den Zeitraum Sommer 2022 (März bis August), dass hier hydraulisch kein Austritt von Sickerwasser in den Randgraben erfolgen kann bzw. unwahrscheinlich ist (s. u.).

Alle Schächte zeigen leicht bis deutlich niedrigere Niveaus der Sickerwasserspiegel bei dem Vergleich zwischen den aktuellen Messungen aus 2022 und den Messungen in den Vorjahren. Die Betriebswasserspiegel liegen um 3 bis > 10 m unterhalb der ermittelten Ruhewasserspiegel.

sinkende Tendenz der Ruhewasserspiegel

Lokal auftretende schwebende Sickerwasservorkommen innerhalb der Verfüllung sind von den Sickerwasserentnahmen, die an der Basis der Verfüllung stattfinden, nicht kurzfristig beeinflussbar. Langfristig entwässern die schwebenden Sickerwasservorkommen bei einer funktionstüchtigen Randabdichtung über ein fein verzweigtes System von Wegsamkeiten (mit generell geringen, aber gegenüber dem Verfüllmaterial erhöhten Durchlässigkeiten) vermutlich nach unten und sind damit über die Sickerwasserentnahme an der Basis der Verfüllung sicher gefasst. Bei einer korrekten und vollständigen Anbindung der Oberflächenabdichtung an die die Verfüllung umschließende Randabdichtung („Tonkeil“) ist kein Austritt von Sickerwasser aus schwebenden Sickerwasservorkommen möglich.

Eine gegenseitige Beeinflussung der Schächte durch Entnahmen wurde durch die Sickerwasser-Pumpversuche (vgl. Anl. 3.1) und das Aussetzen der Förderung zur Ermittlung der aktuellen Ruhewasserspiegel (vgl. Anl. 3.2) nicht festgestellt. Der Betrieb aller Sickerwasserschächte zur Absenkung des Sickerwasserspiegels ist erforderlich.

Die Ergebnisse der Boxmodellierung (Variante 2.2) zeigen, dass der Betrieb eines weiteren Entnahmeelementes im Bereich der B4 eine Optimierung der Sickerwasserfassung bewirkt.

In den Grundwassermessstellen der FLS-Gruppe (Schicht 1 und 2) sind keine Beeinflussungen durch ausgesetzte Entnahmen erkennbar. Gleiches gilt für die im Bereich der Basalen Lintforter Schichten verfilterten Grundwassermessstellen.

keine Beeinflussungen der FLS-/LS-Messstellen

²⁹ Neuere Messergebnisse liegen noch nicht vor, die nächste Auslesung erfolgt im März 2023.

7.7.5 Sickerwasserbilanz

Durch die seit Juli 2020 vollständig hergestellte Oberflächenabdichtung dringt (nach den HELP³⁰-Berechnungen, s. ahu 2015) in geringem Umfang (Größenordnung 10 bis 20 mm/a) Niederschlag in den abgedichteten Verfüllkörper ein.

Das Sickerwasser in der Verfüllung entstand in der Vergangenheit und entsteht u. E. zukünftig hauptsächlich durch eindringendes Niederschlagswasser, bis Juli 2020 vornehmlich in den nicht abgedichteten Bereichen, langfristig über die vorhandene und funktionsfähige Oberflächenabdichtung (allerdings in deutlich verringertem Umfang) mit anzunehmenden Restdurchsickerungen aufgrund von Imperfektionen der Oberflächenabdichtung und den Bodeneigenschaften. Die Oberflächenabdichtung der Verfüllung wurde nachlaufend zur Beendigung der Verfüllung bis zum Juli 2020 sukzessive komplettiert.

In Tab. 19 sind die Sickerwasserbilanzen für die Jahre 2017 bis 2021 abgeschätzt. Grundlage für die Abschätzung sind die mittels einer HELP³¹-Modellierung abgeschätzten Sickerwassermengen, die durch die Oberflächenabdichtung eindringen (ca. 18 mm/a bzw. 2,5 % des Niederschlags), und eine Abschätzung der Versickerungsmengen ohne Oberflächenabdichtung (180 bis 415 mm/a bzw. ca. 24 bis 54 % des Niederschlags, je nach angenommener Hangneigung; wir gehen hier vereinfachend vom Worst Case 54 % aus).

Tab. 19: Wasserbilanz in Abhängigkeit vom Fertigstellungsgrad der Oberflächenabdichtung

Bilanz-jahr	Nieder-schlag [mm]	Nieder-schlag (auf Gesamt- fläche 21,6 ha) [m³/a]	geschätzter Fertigstellungs- grad der Oberflä- chenabdichtung (Mittelwert) [%]		geschätzte Eintrittsmenge in die Verfüllung [m³/a]			Abfuhr- menge [m³]	Wasser- bilanz
					über abge- dichtete Bereiche	über un- abge- dichtete Bereiche	gesamt		
2017	793,3	171.353	65 %	(65 %)	3.000	32.000	35.000	11.596	++
2018	537	115.992	65-75 %	(70 %)	2.000	19.000	21.000	9.304	+
2019	791,5	170.964	75-85 %	(80 %)	3.500	18.500	22.000	10.266	+
2020	765,4	165.326	85-100 %	(97 %)	4.000	2.500	6.500	10.591	-
2021	893,4	192.974	100 %	100 %	5.000	-	5.000	13.818	--
<i>Summe</i>	<i>3.780,6</i>	<i>816.609</i>					<i>89.500</i>	<i>55.575</i>	

Wasserbilanz: ++ stark positiv; + positiv; 0 ausgeglichen, - negativ, -- deutlich negativ

³⁰ HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance, Modell zur Simulation des Wasserhaushalts von Deponieabdichtungssystemen)

³¹ Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Modell zur Simulation des Wasserhaushalts von Deponieabdichtungssystemen

Im Gutachten [5] wurden folgende der HELP-Modellierung zugrunde liegende Annahmen hinsichtlich ihrer Plausibilität kritisch hinterfragt:

- Parametrisierung des Verfüllmaterials;
- angesetzte Hangneigung (3 %) und ihre Auswirkungen auf den Oberflächenabfluss;
- Morphologie der offenen Flächen;
- Führung des Oberflächenabflusses im Zeitraum der Verfüllung.

Letztendlich wurden die Annahmen, die der Modellierung zugrunde liegen, akzeptiert, da eine genauere Abschätzung die Aufnahme einer Vielzahl von weiteren Daten erforderlich machen würde.

In der ersten Jahreshälfte 2020, kurz vor Abschluss der Oberflächenabdichtung, ist die Wasserbilanz (berechnete Eintrittsmenge vs. Abfuhrmenge) rechnerisch nahezu ausgeglichen. Ab Mitte 2020 ist die Wasserbilanz in der Verfüllung negativ, d. h., dass mehr Sickerwasser aus der Verfüllung entnommen wird als dem Verfüllkörper rechnerisch in dieser Betrachtung neu zusickert, allerdings ohne Berücksichtigung von Verzögerungen der Versickerungen aufgrund der langen Sickerstrecken und ohne die Berücksichtigung der Ergebnisse der Modellierung (der Verfüllung zutretendes Grundwasser).

Die Abschätzung der Aufnahmekapazität der Verfüllung inklusive der Einbeziehung möglicher Hydratisierungsprozesse für eintretendes Niederschlagswasser und damit die möglichen Zeitpunkte für Sickerwasseraustritte aus der Verfüllung wurden in [5] abgeschätzt. Demnach würde erst ca. 15 bis 20 Jahre nach dem Verfüllzeitpunkt – ohne Berücksichtigung von Effekten randlicher Zusickerungen – Sickerwasser an der Basis der Verfüllung anfallen.

Die Hauptwassermengen wurden im Jahr 2021 in Schacht C (zentral im Norden gelegen) gefördert. In den Schächten A, D und E (alle am nordwestlichen Rand der Verfüllung gelegen) wurden im Jahr 2021 zwischen 2.700 und 3.100 m³ Sickerwasser gefördert. Die Anteile an der Gesamtförderung veränderten sich über die letzten Jahre (vgl. Abb. 90) bei den Schächten D und E, bei Schacht B technisch bedingt.

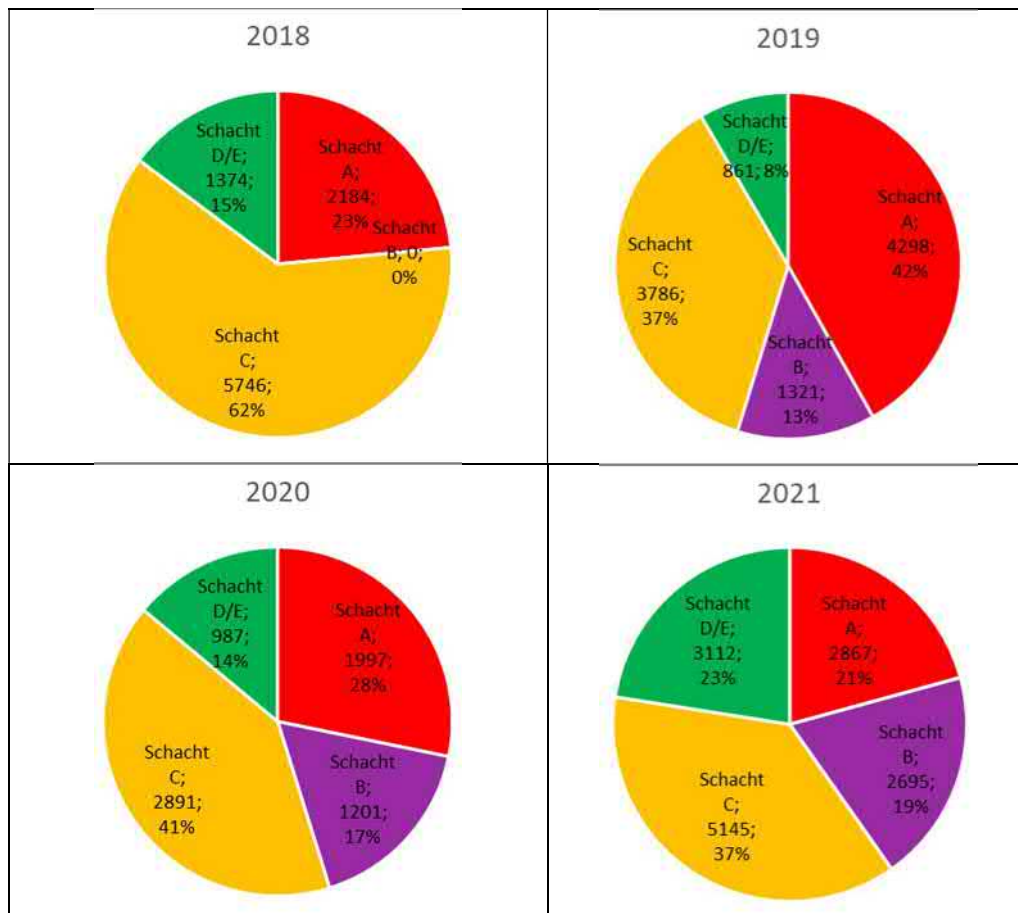


Abb. 90: Anteile der einzelnen Schächte an der Gesamtsickerwasserentnahme (m³ bzw. %)

Die Sachverhalte

- Absinken der Sickerwasserstände in B3,
- Absinken der Ruhewasserstände in den Schächten A, B, D sowie E (seit dem Jahr 2022) und
- abnehmender Trend der Anstiege der Sickerwasserstände in den Messstellen B2 und B4

sind u. E. durch die verringerte Sickerwasserneubildung (Herstellung der Oberflächenabdichtung) in Verbindung mit einer Sickerwasserentnahme aus dem Verfüllkörper, die größer ist als die Sickerwasserneubildung, bedingt. Bei einer dauerhaft negativen Sickerwasserbilanz in der Zukunft – vergleichbar mit der Bilanz des Jahres 2021 – ist eine langfristige Abnahme der Sickerwasserstände innerhalb der Verfüllung zu erreichen.

negative
 Sickerwasserbilanz für 2021

Die Sickerwassermenge wurde auf Grundlage der Daten der Box-Modellierung auf ca. 330.000 m³ innerhalb der Verfüllung abgeschätzt. Um das Sickerwasser auf der gesamten Fläche der Verfüllung um 1 m abzusenken, ist bei einer

Fläche von ca. 216.000 m² und bei einem effektiven Porenvolumen von 10 % (Faktor 0,1 (vgl. Kap. 7.3) eine Sickerwasserentnahmemenge von ca. 22.000 m³ erforderlich. Vereinfachend ist derzeit eine Einstauhöhe des Sickerwassers von rund 15 m anzunehmen (entspricht einem Sickerwasserspiegel von ca. 43-45 m NHN). Aktuell werden zwischen 9.300 m³ und 13.800 m³ pro Jahr aus der Verfüllung entnommen. Unter Berücksichtigung einer aktuell anzunehmenden Neubildung von ca. 3.200 m³/a aus der Restdurchsickerung und einer Neubildung durch einen Zustrom über die Schicht 1 von max. 2.000 m³ ergeben sich über die vorgenannte Neubildung hinausgehende Sickerwasserentnahmen von ca. 4.100 bis 8.600 m³/a. Diese Mengen müssten dann aus dem in der Verfüllung eingestauten Sickerwasser entnommen worden sein.

Diese Entnahme aus dem eingestauten Sickerwasser muss zu einer Absenkung des Sickerwasserspiegels führen. Unter Zugrundelegung der o. g. Annahmen müsste diese Entnahme rechnerisch zu einer Absenkung des Sickerwasserspiegels von 0,2 bis 0,4 m pro Jahr geführt haben.

Die im Sommer 2022 ermittelten Ruhewasserspiegel an den Sickerwasserschächten sind im Vergleich (vgl. Tab. 15) um 0,2 bis 2 m in den Jahren ab 2019 abgesunken und liegen damit in ähnlichen Größenordnungen oder – insbesondere an den Schächten B und D – deutlich darüber.

Im Umkehrschluss bedeutet das, dass bereits geringere Entnahmemengen als die abgeschätzten, maximal aus den vorhandenen Sickerwasserentnahmeelementen entnehmbaren 22.000 m³ ein deutliches Absinken der Sickerwasserstände bewirken werden. Legt man die Entnahmemengen aus dem Jahr 2021 zugrunde und berücksichtigt die mittlere Absenkung des Ruhewasserspiegels von 1 m innerhalb von ca. 2 Jahren bzw. 0,5 m pro Jahr an den Sickerwasserschächten, ergibt sich rechnerisch bei einem derzeitigen „mittleren Ruhewasserspiegel“ von ca. 43,00 m NN (vgl. Kap. 7.7.4.1.6) ein Zeitraum von ca. 20 Jahren bis zum Erreichen der Sickerwasserspiegel der Berechnungsvariante 2.1 bzw. 2.2.

Zeitraum von
ca. 20 Jahren
bis zum Errei-
chen der
Sickerwasser-
spiegel der
Var. 2.1/2.2

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.7

Die Daten der sickerwasserchemischen Untersuchungen zeigen weiterhin örtlich und im zeitlichen Verlauf ein variables Bild. Die hydrochemischen Untersuchungen während der Pumpversuche an den Entnahmebauwerken ergaben keine wesentlichen neuen Erkenntnisse, die für die Optimierung der Sickerwasserfassung erforderlich wären. Alle Untersuchungen zeigen, dass sich noch kein einheitlich zusammengesetztes Sickerwasser eingestellt hat und wahrscheinlich aufgrund der unterschiedlichen und räumlich nicht bestimmbar in der Verfüllung abgelagerten Abfallarten in Verbindung mit den geringen Sickerwassergeschwindigkeiten in überschaubarer Zeit auch kein Gleichgewicht einstellen wird. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Box-Modellierung zu den Fließzeitbetrachtungen, bei denen mittels der Tracerspuren Fließzeiten von 20 Jahren oder mehr von der Sickerwasseroberfläche bis zu den Sickerwasserschächten ausgewiesen werden.

Die ermittelten hydraulischen Parameter erlauben eine überschlägige Einschätzung der Charakterisierung der jeweiligen Einzugsgebiete der Bauwerke, sind in ihrer Aussagekraft aber nur auf die unmittelbare Umgebung der Schächte und Messstellen übertragbar. Für die Parametrisierung des Box-Modells wurden die ermittelten Werte berücksichtigt und ergaben plausible Ergebnisse der Modellierung.

Die Auswertungen der Ganglinien der beobachteten Sickerwasserschächte und Sickerwassermessstellen zeigen

- *zum größten Teil sinkende Tendenzen (Schächte A bis E, Sickerwassermessstelle B3);*
- *einen sich abschwächenden Trend des Ansteigens der Sickerwasserstände in den Sickerwassermessstellen B2 und B4, erklärbar durch die differenzierte Verfüllhistorie in dem Bereich;*
- *geringe Schwankungen und geringen Nachlauf in den in schwebenden Sickerwasservorkommen ausgebauten Sickerwassermessstellen B5 bis B7;*
- *insgesamt sinkende Ruhewasserspiegel als klares Anzeichen dafür, dass das Sickerwasserreservoir langsam geleert wird.*

Die Fortführung der Sickerwasserentnahme in der Zukunft mit einer dauerhaft negativen Sickerwasserbilanz wird eine langfristige Abnahme der Sickerwasserstände innerhalb der Verfüllung in einem überschaubaren Zeitraum bewirken (vgl. Kap. 7.7.5).

Die Sachverhalte

- *langfristiges Absinken der Sickerwasserstände in B3,*
- *Absinken der Ruhewasserstände in den Schächten A, B, C und D sowie E (seit dem Jahr 2022) und*
- *abnehmender Trend der Anstiege der Sickerwasserstände in den Messstellen B2 und B4*

sind u. E. durch die Auswirkungen der Herstellung der Oberflächenabdichtung – auch unter Berücksichtigung der anzunehmenden Restdurchsickerung der Oberflächenabdichtung durch die o. a. Imperfektionen bedingt. Die negative Sickerwasserbilanz für das Jahr 2021 und die bereits jetzt stattfindende Vorratsentnahme aus dem Verfüllkörper zeigen, dass bereits derzeit und – bei konsequenter Fortsetzung der Sickerwasserentnahme – auch zukünftig eine Abnahme der Sickerwasserstände innerhalb der Verfüllung zu erreichen ist.

7.8 Untersuchungen zur weiteren Klärung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung (AP 8)

Die Teilaufgabe

- Hydrogeochemische Modellierung auf Grundlage der aktuellen Sickerwasserzusammensetzung (AP 8.1)

wurde im Rahmen der Besprechungen und der Abstimmungen der Koordinierungsgruppe eingehend diskutiert.

Zusammenfassend ist nach den durchgeführten Abstimmungen mit geeigneten Institutionen (Dr. Thomas Merkel, FEhS Duisburg, Prof. Matschullat, TU Bergakademie Freiberg und Prof. Grathwohl, Universität Tübingen) eine vertiefte hydrogeochemische Betrachtung (wissenschaftlich) sehr interessant. Eine entsprechend wissenschaftlich begleitete Modellierung würde aber voraussichtlich nicht mit vertretbarem Aufwand in einem überschaubaren Zeitraum (von 1 bis 2 Jahren) zu Ergebnissen führen, die für die Praxis der Sickerwasserbehandlung von Bedeutung wären.

geochemische Modellierung nicht umsetzbar mit vertretbarem Aufwand und einem überschaubaren Zeitrahmen

Gesamtbewertung zu Kapitel 7.8

Zusammenfassend wurde vonseiten der Koordinierungsgruppe festgestellt, dass geochemische Modellierungen für die Erstellung der Gesamtgefährdungsabschätzung nicht verhältnismäßig und erforderlich sind.

7.9 Abschätzung der Gefährdung für Fließgewässer

Die Abschätzung der Gefährdung für Fließgewässer erfolgt separat. Die Abstimmungen hierzu mit den zuständigen Behörden laufen derzeit. Im Rahmen der Untersuchungen des Arbeitsplanes zum Austritt von Sickerwasser in den Randgraben ergaben sich keine Hinweise auf Austritte. Eine Beeinflussung auf die Oberflächengewässer durch aus der Verfüllung in den Randgraben austretendes Sickerwasser ist somit unter den aktuellen Verhältnissen und in einer überschaubaren Zukunft auszuschließen unter der Voraussetzung, dass die Sickerwasserentnahme fortgesetzt wird.

Abstimmungen mit Behörden stehen noch aus.

7.10 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Untersuchungen gem. Arbeitsplan

Die wesentlichen Ergebnisse der Bearbeitung des Arbeitsplanes werden im Folgenden tabellarisch zusammengefasst.

Tab. 20: Ergebnisse der Arbeitspakete (AP) des Arbeitsplanes

AP	Vorgang/Ziel	Ergebnisse	Bezug zu Kap.
1	Überprüfung/Nachweis eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben	Es ergeben sich keine Hinweise auf Sickerwasseraustritte aus der Verfüllung in den Randgräben; diese sind in Zukunft auch nicht zu erwarten, wenn der Sickerwasserspiegel weiterhin mindestens auf dem heutigen Niveau abgesenkt bleibt.	7.1
2	Untersuchungen zur hydraulischen Wirkung der Zwischenabdichtung	Es ergeben sich keine Hinweise auf eine flächenhaft relevante und hydraulisch bedeutsame Zwischenabdichtung im Rahmen des Anlegens der Schürfe. Relikte geringdurchlässiger Schichten, die bei der weiteren Verfüllung nicht vollständig ausgebaut worden sind, können zur Bildung lokal begrenzter Sickerwasservorkommen führen.	7.2
3	Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten	<p>Potentiell grundwasserführende Schichten innerhalb der Lintforter Schichten sind abgegrenzt und mit 10 Grundwassermessstellen erfasst; die Potentialverhältnisse sind ausreichend erkundet; die hydrochemischen Untersuchungen zeigen keinen nachweisbaren Sickerwassereinfluss auf das Grundwasser.</p> <p>Boxmodellierung: Die Modellierung des heutigen Zustandes ergibt rechnerisch sehr geringe Sickerwasserausträge in den Untergrund. Wie die durchgeführten Variantenberechnungen zeigen, kann mit einer optimierten Sickerwasserfassung ein Sickerwasseraustrag praktisch vollständig unterbunden werden.</p> <p>Hydrochemische Modellierung: Die Modellierung zeigt, dass über einen Betrachtungszeitraum von 200 Jahren die mit dem Sickerwasser in den tonig-schluffigen Untergrund eingetragenen Schadstoffe durch chemisch-physikalische Vorgänge vollständig zurückgehalten werden.</p>	7.3
4	Untersuchungen zur (Langzeit-) Wirksamkeit der bestehenden Oberflächenabdichtung	<p>Die Oberflächenabdichtung ist grundsätzlich als wirksam im Hinblick auf eine Minimierung der Sickerwasserneubildung aus Niederschlägen einzustufen.</p> <p>Es liegt derzeit noch keine vollständige Dokumentation zur Herstellung vor, es fehlen Nachweise im Hinblick auf die Einhaltung des Standes der Technik.</p> <p>Infolge von zu vermutenden „Imperfektionen“ bei der Herstellung und nicht auszuschließenden „Alterungsvorgängen“ (z. B. Durchwurzelung, Rissbildung in Folge differentieller Setzung) ist heute und in der Zukunft eine begrenzte Restdurchsickerung anzunehmen.</p> <p>Soweit das aus dieser Restdurchsickerung resultierende Sickerwasser auch zukünftig gefasst, abgeleitet und gereinigt wird, besteht kein Handlungsbedarf in Bezug auf die vorhandene Oberflächenabdichtung.</p>	7.4
5	Untersuchungen zur (Langzeit-) Wirksamkeit der bestehenden Randabdichtung („Tonkeil“)	Die Langzeitwirksamkeit der bestehenden Randabdichtung wurde mittels Schürfen erkundet. Der Tonkeil wurde voraussichtlich ordnungsgemäß hergestellt. Die Stellungnahme der Fremdprüfung steht allerdings noch aus. In zwei Teilbereichen müssen bauliche Mängel behoben werden.	7.5

AP	Vorgang/Ziel	Ergebnisse	Bezug zu Kap.
6	Deponiegasuntersuchungen	Ein relevantes Gasbildungspotential im Verfüllkörper kann nach den durchgeführten Untersuchungen ausgeschlossen werden. Technische Maßnahmen sind nicht erforderlich. Ein Monitoring in angemessenen Zeitabständen wird als sinnvoll angesehen.	7.6
7	Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials der Verfüllung	Die Untersuchungen zeigen, dass sich noch kein chemisches Gleichgewicht eingestellt hat und wahrscheinlich aufgrund der unterschiedlichen und räumlich nicht bestimmbaren, in der Verfüllung abgelagerten Abfallarten, der weiter ablaufenden chemischen Reaktionen sowie der geringen Sickerwassergeschwindigkeiten in überschaubarer Zeit auch kein Gleichgewicht einstellen wird. Die Befunde der durchgeführten radiologischen Untersuchungen sind unauffällig. Die Untersuchungen auf PFAS ergaben lediglich geringe Stoffkonzentrationen, es besteht kein weiterer Untersuchungs- oder Handlungsbedarf.	7.7
8	Untersuchungen zur weiteren Klärung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung	Nach der Einschätzung verschiedener Experten ist eine geochemische Modellierung im vorliegenden Fall nicht oder nur mit extrem hohem Aufwand möglich. Ergebnis der Einschätzung in der Koordinierungsgruppe ist daher, dass eine solche geochemische Modellierung nicht verhältnismäßig und damit nicht erforderlich ist.	7.8
9	Abschätzung der Gefährdung für Fließgewässer	Die Gefährdung für Fließgewässer wird separat bewertet. Die Abstimmungen hierzu mit den zuständigen Behörden laufen derzeit. Im Rahmen der Untersuchungen des Arbeitsplanes zum Austritt von Sickerwasser in den Randgraben ergaben sich keine Hinweise auf Austritte. Eine Beeinflussung von austretendem Sickerwasser auf die Oberflächengewässer ist somit unter den aktuellen Verhältnissen auszuschließen.	7.9

8 GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

Im Folgenden werden die Ergebnisse hinsichtlich der Untersuchungen gem. Arbeitsplan zusammenfassend bewertet und darauf aufbauend eine Gesamtgefährdungsabschätzung für das System der Verfüllung Mühlenberg erstellt.

Die Begriffsdefinitionen der Schlüsselbegriffe sind in [5] zusammenfassend definiert und in Tab. 21 zusammengestellt.

Tab. 21: Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit einer (bodenschutzrechtlichen) Gefährdungsabschätzung ([5], teilweise verändert/ergänzt: *kursiv*)

Begriff	Definition
Gefahr	Im ordnungs- und bodenschutzrechtlichen Kontext eine Situation, bei der bei ungehindertem Ablauf in überschaubarer Zukunft mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ein Schaden an einem Schutzgut der öffentlichen Sicherheit und Ordnung droht.
Gefährdung	Im ordnungs- und bodenschutzrechtlichen Kontext das räumliche und/oder zeitliche Zusammentreffen von Schutzgut und Gefahr.
Gefährdungsabschätzung (= Gefahrenbeurteilung)	Im Bodenschutzrecht wird hierunter eine sachverständige Überprüfung dahingehend verstanden, ob eine schädliche Bodenveränderung (oder Altlast als Untergruppe der schädlichen Bodenveränderung) besteht oder nicht (§ 9 BBodSchG). Bei einer Gefährdungsabschätzung muss sowohl eine Abschätzung im Hinblick auf das Bestehen von Gefahren für die Gegenwart als auch für die „überschaubare Zukunft“ (Prognose) erfolgen. <i>"Gefährdungsabschätzung" ist der zusammenfassende Begriff für die Gesamtheit der Untersuchungen und Beurteilungen, die notwendig sind, um die Gefahrenlage bei einer einzelnen altlastverdächtigen Fläche abschließend zu klären.</i>
Schädliche Bodenveränderungen	„Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Beeinträchtigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen“ (§ 2 BBodSchG). Dies schließt von dem Boden ausgehende Grundwasserschäden bzw. -beeinträchtigungen mit ein.
Wirkungspfad	„Weg eines Schadstoffes von der Schadstoffquelle bis zu dem Ort einer möglichen Wirkung auf ein Schutzgut.“ (§ 2 BBodSchV, Pkt. 8)

In [5] wurde mit dem Begriff „überschaubare Zukunft“ ein erster Vorschlag für einen Zeitraum vorgelegt, der für die Gefährdungsabschätzung einschließlich einer Prognose für die „überschaubare Zukunft“ (d. h. für mehrere Jahrzehnte) zugrunde zu legen ist. Der Begriff legt allerdings noch keinen definierten Zeitrahmen fest. Hierfür gibt es keine entsprechenden allgemeingültigen Vorgaben in der Literatur.

Hilfsweise kann u. E. jedoch auf geltendes Regelwerk zurückgegriffen werden, um einen angemessenen Zeitraum festzulegen. In der Deponieverordnung, Anhang 1, Nr. 2.1.1 sind sowohl für das Oberflächenabdichtungssystem als auch für die geologische Barriere als Teil der Basisabdichtung Zeiträume von 100 Jahren genannt, für die sichergestellt werden muss, dass eine „Funktionserfüllung der einzelnen Komponenten und des Gesamtsystems unter allen äußeren und gegenseitigen Einwirkungen nachgewiesen ist.“

Für die vorliegende Gefährdungsabschätzung wurde in der Koordinierungsgruppe der Betrachtungszeitraum festgelegt, der für die abschließende Bewertung zugrunde gelegt werden muss. Für die vorliegende Gefährdungsabschätzung wird demnach ein Betrachtungszeitraum von 200 Jahren zugrunde gelegt.

Betrachtungs-
 zeitraum
 200 Jahre

Gemäß [5] sind abhängig von der Informationslage und der Sicherheit oder Unsicherheit bestimmter Angaben die in Tab. 22 aufgelisteten abstrakten Fallgestaltungen gegeben.

Tab. 22: Abstrakte Fallgestaltungen bei der Gefährdungsabschätzung für einzelne Wirkungspfade und sich hieraus ergebende Maßnahmen

Fall	Ergebnis der Gefährdungsabschätzung	Maßnahmen
A1	Nach der Datenlage ist davon auszugehen, dass sich die Gefahr bereits realisiert hat, d. h. ein Schaden an einem Schutzgut bereits aufgetreten ist.	Sofortmaßnahmen, Sanierungs-Maßnahmen, Überwachungsmaßnahmen
A2	Nach der Datenlage ist mit hoher Sicherheit davon auszugehen, dass keine Gefährdungen bestehen.	keine
B1	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass von einer Gefahr auszugehen ist bzw. eine Gefährdung sehr wahrscheinlich ist.	Sanierungs-Maßnahmen, Überwachungsmaßnahmen
B2	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung zwar unwahrscheinlich, aber nicht mit hinreichender Sicherheit auszuschließen ist.	Überwachungsmaßnahmen
B3	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	keine, bzw. in Abhängigkeit von der Aussagesicherheit und dem potentiell betroffenen Schutzgut ggf. Überwachungsmaßnahmen
C	Die Datenlage erlaubt keine abschließende Gefährdungsabschätzung.	weitere Datenerhebung, ggf. im Rahmen eines Monitorings bzw. von Überwachungsmaßnahmen

Bei der Bewertung der Untersuchungsergebnisse und der Entscheidung über die zu treffenden Maßnahmen ist zu berücksichtigen, ob erhöhte Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser oder andere Schadstoffausträge auf Dauer nur geringe Schadstofffrachten und nur lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen in Gewässern erwarten lassen (§ 15, Absatz 8 der BBodSchV, Fassung bis 31.07.2023 und ab 01.08.2023). Die Prognose möglicher Beeinflussungen von Gewässern (hier Schichten 1, 2 und die Basalen Schichten) erfolgen mittels der Box-Modellierung mit den oben beschriebenen Ergebnissen.

In den folgenden Kapiteln erfolgt zunächst die Bewertung hinsichtlich des Schadstoffpotentials und der geochemischen Prozesse in der Verfüllung sowie des Wasserhaushalts. Anschließend wird die wirkungspfadbezogene Einschätzung auf der Grundlage aller vorliegenden Erkenntnisse vorgenommen.

8.1 Beurteilung des Schadstoffpotentials in der Verfüllung

Hinsichtlich des Schadstoffpotentials in der Verfüllung liegen zu den

- eingebauten Abfällen und
- Analysenbefunden des Verfüllmaterials

keine neuen Erkenntnisse vor, die eine Neubewertung erforderlich machen würden.

keine
Neubewertung
erforderlich

Eingelagert wurden (vgl. [3] und [5]) hauptsächlich

- mineralische Abfälle aus der Bauwirtschaft (feinkörniger Rest aus dem Bauschuttrecycling, Abbruchmaterialien, Boden, Abfälle von Baustoffen auf Gipsbasis),
- Abfälle aus Verbrennungsprozessen (Filterstäube aus der Kohlenverbrennung und der Abfallmitverbrennung, Hausmüllverbrennungaschen, Rost- und Kesselaschen) sowie
- Schlacken aus der eisenverarbeitenden und der Nicht-Eisen-Industrie,
- gipshaltige Abfälle und Abfälle mit erheblichen, den Einbauwert überschreitenden Chloridgehalten,
- illegal eingelagerte Abfälle wie die Ölpellets, Kronocarb sowie weitere Abfälle.

Zusammenfassend ist übereinstimmend in der Koordinierungsgruppe festgestellt worden, dass durch die Erkenntnisse zu den eingebauten Abfällen inkl. der illegal eingelagerten Ölpellets und des Flugaschen/Kronocarb-Gemisches sowie von italienischer Flugasche, den Analysenbefunden des Verfüllmaterials und des Chemismus des Sickerwassers Rückschlüsse auf das Schadstoffpotential in der Verfüllung möglich sind.

Dieses ist jedoch nur teilweise möglich, weil nur begrenzte Erkenntnisse zu den eingebauten Abfällen sowohl im Hinblick auf die tatsächliche Beschaffenheit (Schadstoffgehalte) der bekannten eingebauten Abfallarten als auch der illegal eingebauten Abfälle vorliegen. Das Schadstoffpotential wird nach [5] wie folgt abgeschätzt:

Rückschlüsse
auf das Schad-
stoffpotential
nur teilweise
möglich

- hohe Mengen an Chloriden und Sulfaten im Verfüllmaterial,
- erhebliche Mengen an (Schwer-)Metallen im Feststoff (Blei, Kupfer, Nickel, Molybdän, Vanadium und Zink, Chrom im Feststoff),

- erhöhte Gehalte an (Mineralöl-)Kohlenwasserstoffen, nicht nur durch die Ölpellets verursacht,
- keine Hinweise auf weitere organische Schadstoffe in relevanten Konzentrationen im Sickerwasser (BTEX, LHKW, alkylierte Aromate, PAK, heterosubstituierte PAK, Kohlenwasserstoffe ab C9, PCB, PCB-Ersatzstoffe, Chlorparaffine, Organochlorpestizide und höher chlorierte Aromaten und Phthalate).

Maßgeblich für die abschließende Beurteilung des Schadstoffpotentials in der Verfüllung sind die Ergebnisse der Arbeitspakete

- Deponiegasuntersuchungen (AP 6) und
- Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials in der Verfüllung (AP 7).

Die Ergebnisse der Untersuchungen zum Auftreten von deponiegastypischen Schadstoffen in der Umwelt (Bodenluft, Umgebungsluft, Luft in den Schächten) sind in der Anlage 3 abgelegt (Bericht IFUA-Projekt-GmbH). Abgesehen von einem empfohlenen nachlaufenden Monitoring zur Absicherung der Werte im Umfeld ausgesuchter Bodenluftmessstellen besteht kein weiterer Untersuchungsbedarf. Ein relevantes Gasbildungspotential im Verfüllkörper z. B. über die MVA-Aschen kann nach derzeitigem Kenntnisstand ausgeschlossen werden. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass gemäß dem derzeitigen Kenntnisstand zu Art und Umfang der eingelagerten Materialien davon auszugehen ist, dass eine Verfüllung mit organischen Materialien nicht in großem Maßstab erfolgt ist.

Die regelmäßig durchgeführten Sickerwasseruntersuchungen und die Untersuchungen im Rahmen der Sickerwasserpumpversuche bestätigen die bisherigen Befunde und Interpretationen. Diese sind wie folgt:

Die Daten der sickerwasserchemischen Untersuchungen zeigen weiterhin örtlich und im zeitlichen Verlauf ein variables Bild. Es werden – wie bisher – in den Schächten deutliche Unterschiede in den Schwermetallkonzentrationen (i. W. Chrom/Chrom VI, Nickel, Molybdän, Titan und Kupfer) festgestellt. Die Schwermetalle Chrom (i. W. als Chrom VI vorliegend) und Molybdän in Schacht E sowie Vanadium in den Schächten C, D und E steigen an.

Die Sickerwassermessstellen sind höher mit Ammonium/DOC belastet als die Schächte. Dieses kann verursacht sein durch

- unterschiedliche „Entstehungsalter“ des Sickerwassers. Das Sickerwasser in den Schächten, gefasst an der Basis der Verfüllung, ist „älter“ als das in den Messstellen und hat ein größeres Einzugs- bzw. Liefergebiet. Das kann bei einem längeren Zeitraum für Abbau, Ausgasung (NH₄) oder Adsorptionsprozesse den o. a. Effekt bewirken. Weiterhin sind die Probenahmearten nicht unmittelbar vergleichbar, in den Sickerwassermessstellen werden Pump- bzw. Schöpfproben genommen, in den Schächten erfolgt die Probenahme am Auslauf des jeweiligen Rohres;

- chemische Prozesse in den MVA-Schlacken (vgl. Kap. 7.7.1);
- im Zuge der Verfüllung eingelagertes organisches Material.

Die Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen zeigen, dass eine kontinuierliche Förderung an den Sickerwasserschächten den Chemismus nicht wesentlich ändert (vgl. Kap. 7.7).

Die hydrochemischen Untersuchungen während der Pumpversuche und des Sickerwassermonitorings an den Entnahmebauwerken ergaben keine wesentlichen neuen Erkenntnisse.

Die Untersuchungen auf organische Schadstoffe (hier PFAS) sowie auf Radionuklide wurden durchgeführt, die Ergebnisse sind unter Kapitel 7.7 dokumentiert.

Anzeichen für eine anthropogene Veränderung der untersuchten Grundwasserproben sind nicht oder nur in geringem Umfang feststellbar. Ein Einfluss von Sickerwasser aus der Verfüllung auf das Grundwasser kann ausgeschlossen werden. Hier besteht kein weiterer Untersuchungs- oder Handlungsbedarf.

kein weiterer
Untersuchungs-
bedarf

8.2 Beurteilung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung

Maßgeblich für die abschließende Beurteilung der geochemischen Prozesse in der Verfüllung sind die neuen Ergebnisse der Arbeitspakete

- Deponiegasuntersuchungen (AP 6) und
- Untersuchungen zur weiteren Klärung des Schadstoffpotentials in der Verfüllung (AP 7).

Hinsichtlich des gegenwärtigen und für eine überschaubare Zukunft zu erwartenden Schadstoffaustrags aus dem eingelagerten Material in das Sickerwasser ist übereinstimmend mit den Aussagen in [5], im Folgenden wiedergegeben, festzustellen³²:

Für einige Jahre ist zumindest bereichsweise – wie bisher bereits auftretend – mit einer stark alkalischen Reaktion des Sickerwassers (pH-Werte > 10) zu rechnen. Nach und nach ist jedoch aufgrund der fortschreitenden Karbonatisierung der Erdalkalihydroxide von einem Absinken der pH-Werte bis in den Karbonatpufferbereich (pH-Werte bei bzw. unterhalb 8,3) auszugehen. In einigen Bereichen der Verfüllung haben sich ähnliche Verhältnisse bereits eingestellt. Auf lange Sicht ist von einem Verharren der pH-Werte im Karbonatpufferbereich auszugehen.

³² Die folgenden Ausführungen sind i.W. [5] entnommen und wurden teilweise wörtlich übernommen. Diese Stelle sind entsprechend mit kursiver Schrift gekennzeichnet.

Die Redoxbedingungen werden langfristig schwach reduzierend im Verfüllkörper und damit im Sickerwasser sein.

Es ist langfristig mit einer ständigen Mobilisierung von Metallen (Eisen, Arsen, Chrom, Nickel, Molybdän, Vanadium) aus dem Feststoff und damit einem Eintrag in das Sickerwasser zu rechnen. Dieser Vorgang wird sich aber durch die Karbonatisierung und das damit einhergehende Absinken der pH-Werte über lange Zeiträume abschwächen.

Es ist von hohen Chloridmengen und Sulfatmengen im Verfüllkörper auszugehen, die auch im Rahmen des Sickerwassermonitorings beobachtet werden. *Soweit ein Kontakt der sehr gut wasserlöslichen Chloride mit Sickerwasser vorhanden ist, gehen diese in Lösung und werden mit dem Sickerwasser ausgetragen. Die Zeitdauer des Chloridaustrags ist von der Gesamtmenge an Chloriden einerseits und der Durchsickerung bzw. dem Kontakt mit Sickerwasser andererseits abhängig. Gleichzeitig ist bei der zu erwartenden Abnahme der Sickerwassermengen bis zum Moment der kompletten Lösung aller für das Sickerwasser zugänglichen Chloridquellen von einer Zunahme der Chloridkonzentrationen, d. h. nicht von einer Abnahme der Chloridfrachten, im Sickerwasser auszugehen.*

Bei den Sulfaten ist vor allem deren begrenzte Löslichkeit limitierend für das Austragsverhalten. Vor dem Hintergrund der Ablagerung erheblicher Mengen an gipshaltigen Abfällen ist die Frage der Durchsickerung bzw. des Kontakts mit Sickerwasser und die Sickerwassermenge pro Zeiteinheit bestimmend für das langzeitliche Austragsverhalten, nicht die in der Verfüllung vorhandene Sulfatmasse. Bei der zu erwartenden Abnahme der Sickerwassermengen ist dementsprechend mit einer Abnahme der Sulfatfrachten im Sickerwasser zu rechnen, was aber gleichzeitig die Zeitdauer des Sulfataustrags erhöht.

Trotz (anzunehmendem) Vorhandensein bzw. Nachweis verschiedener organischer Schadstoffe mit starker Sorptionsneigung an Feststoffe ist auf Grund der geringen Massenanteile dieser Schadstoffe in der Verfüllung und damit ihrer hohen „Verdünnung“ auch langfristig nicht mit einem relevanten Austrag dieser Schadstoffe in das Sickerwasser auszugehen. Auch langfristig ist von einem Sorptionsgleichgewicht bei diesen Schadstoffen, das sehr stark in Richtung auf den sorbierten Anteil verschoben ist, zu rechnen.

Hinsichtlich der in der Verfüllung stattfindenden geochemischen Prozesse ergeben sich keine neuen bewertungsrelevanten Erkenntnisse. Auf die Modellierung von geochemischen Prozessen konnte nach Abstimmung in der Koordinierungsgruppe und der Einschätzungen von einschlägigen Experten (s. o.) verzichtet werden (vgl. Kap. 7.8). Eine vertiefte hydrogeochemische Betrachtung (wissenschaftlich) ist demnach fachlich sehr interessant, aber eine entsprechend wissenschaftlich begleitete Modellierung würde voraussichtlich nicht mit vertretbarem Aufwand in einem überschaubaren Zeitraum (von 1 bis 2 Jahren) zu Ergebnissen führen, die für die Praxis der Sickerwasserfassung und -behandlung von Bedeutung wären.

Es besteht kein weiterer Untersuchungsbedarf.

kein weiterer
Untersuchungs-
bedarf

8.3 Beurteilung des Wasserhaushalts in der Verfüllung

Hinsichtlich des Wasserhaushalts in der Verfüllung sind folgende Aspekte relevant:

Die unterschiedlichen Phasen der Verfüllung bewirken, dass der aktuelle Zustand des Wasserhaushalts in der Verfüllung das Ergebnis mehrerer, sich teilweise überlagernder Effekte ist. Einflüsse gehen von folgenden Prozessen aus:

- dem Wassergehalt der eingelagerten Materialien,
- der nicht vollständigen Abdeckung des Materials während und nach dem Einbau mit den damit verbundenen Eintritten von Niederschlagswasser,
- den ggf. vorhandenen Materialien mit stark unterschiedlichen Durchlässigkeiten, aus denen ggf. schwebende Sickerwasservorkommen oberhalb von geringdurchlässigen Bereichen resultieren, die langsam der Schwerkraft folgend über kleinräumige Wegsamkeiten nach unten in Richtung der Sickerwasserfassung entwässern,
- Hydratisierungsvorgängen,
- Zutritt von Grundwasser in die Verfüllung oder Austritt von Sickerwasser aus der Verfüllung heraus, z. B. in den Randgraben oder in das Grundwasser.

Diese Effekte waren und sind im Einzelnen allerdings nicht sicher quantifizierbar. Die Box-Modellierung ergibt zwar quantitative Angaben zu den sich rechnerisch ergebenden Sicker- und Grundwasserflüssen. Diese Rechenergebnisse sollten aber eher als Größenordnungen der anzunehmenden Flüsse und nicht als exakte, quantitative Angaben bewertet werden.

Um die verbleibenden Unsicherheiten zu verringern, wurden die folgenden Arbeitspakete

- Überprüfung/Nachweis eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben (AP 1),
- Untersuchungen zur hydraulischen Wirkung der Zwischenabdichtung (AP 2),
- Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten inklusive Modellierung mittels Boxmodell (AP 3),
- Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Oberflächenabdichtung (AP 4),
- Untersuchungen zur (Langzeit-)Wirksamkeit der bestehenden Randabdichtung („Tonkeil“) (AP 5)

in den Jahren 2021 und 2022 bearbeitet.

Die Ergebnisse der Untersuchungen gem. Arbeitsplan und der durchgeführten Modellierungen sind in [23] bis [27] und [29] beschrieben und unter Kapitel 7 zusammenfassend dargestellt und bewertet.

Es ergeben sich folgende Erkenntnisse hinsichtlich der Gefährdungsabschätzung:

Die Ergebnisse der in der Vergangenheit durchgeführten Auswertungen (u. a. HELP-Simulation³³ [3], Erstellung einer Sickerwasserbilanz für die Jahre 2017 bis 2021 [27]) wurden bei der Definition der Randbedingungen für die Modellierung CAH [28] soweit möglich berücksichtigt. Die Modellierung wurde für mehrere Szenarien mit verschiedenen Annahmen durchgeführt.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass im modellierten Szenario des Ausgangszustandes als summarische Betrachtung des Zustandes zwischen 2012 und 2022,

- in dem die Oberflächenabdichtung vor 2020 noch nicht abgeschlossen war,
- in dem die Sickerwasserhaltung bereits in Betrieb war,

ein **Sickerwasseraustritt** aus der Verfüllung in einer Größenordnung von ca. 1.800 m³/a auftreten konnte. Die durchgeführten Untersuchungen, insbesondere die Boxmodellierung und die Auswertungen zum Stofftransport in den Lintforter Schichten haben gezeigt, dass die Verfüllung „Mühlenberg“

Sickerwasser-
austritt aus der
Verfüllung
möglich

- bereits in der Vergangenheit, auch unter der Annahme, dass bei vergleichsweise höheren Sickerwasserständen und einer daraus resultierenden größeren Sickerwassermenge, die aus der Verfüllung austreten kann;
- unter den Bedingungen der Ist-Situation im Jahr 2022 unter Berücksichtigung des kumulativen Effekts der Verfüll- und Abdichtungshistorie und
- für eine überschaubare Zukunft

keine Gefährdung für das Grundwasser darstellt. Es wurden Sickerzeiten von mehreren Jahrzehnten bis Jahrhunderten ermittelt und alle relevanten Stoffe werden bei der Durchsickerung der Lintforter Schichten bis in die Basalen Schichten abgebaut bzw. zurückgehalten.

In jeden Fall stehen „gefährlos“ mehrere Jahre bis Jahrzehnte für die Herstellung (Optimierung/Ertüchtigung oder Neubau) einer langzeitwirksamen Sickerwasserfassung zur Verfügung. Die Abschätzung eines hinsichtlich der Gefährdung tolerablen Zeitraums ergibt sich daraus, dass die Sickerwasserstände der Berechnungsvariante 2.2 (Sickerwasserniveau von 33 bis 35 m NHN) unter Berücksichtigung der derzeitigen Entnahmen in einem Zeitraum von ca. 20 Jahren erreicht werden können.

Gefahrloser Zu-
stand bis zur
Herstellung ei-
ner langzeit-
wirksamen Si-
ckerwasserfas-
sung für meh-
rere Jahre bis
Jahrzehnte

³³ Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP), Modell zur Simulation des Wasserhaushalts von Deponieabdichtungssystemen

Unter Berücksichtigung der Maßnahmen zur Verminderung des Austrags von Sickerwasser aus der Verfüllung (abgeschlossene Oberflächenabdichtung mit Annahme einer tolerablen Restdurchsickerung aufgrund von Imperfektionen und optimierte, langzeitstabile Sickerwasserentnahme) ergeben sich folgende Veränderungen:

Eine **Einsickerung** von Grundwasser aus den Lintforter Schichten in die Verfüllung ist in einer Größenordnung von ca. 2.000 m³/a zu erwarten.

Ein lateraler Austrag von Sickerwasser in die die Verfüllung umgebenden Schichten des Quartärs und des Tertiärs (Lintforter Schichten, insbesondere Schicht 1) findet aller Voraussicht nach nicht in einer relevanten Größenordnung statt (wenige m³/a).

lateraler
Austrag nicht
in relevanter
Größenordnung

Die in [5] thematisierte Mergelschicht wurde im Rahmen der Untersuchungen CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH zwar angetroffen, hat sich aber als nicht wasserführend herausgestellt.

Ein restlicher vertikaler Austrag von Sickerwasser über die Basis der Verfüllung kann rechnerisch in einer Größenordnung von 100 bis 200 m³/a (0,3-0,6 m³/Tag) stattfinden.

vertikaler
Austrag nicht
in relevanter
Größenordnung

Die Modellberechnungen zeigen weiterhin, dass das Sickerwasser, welches in die Schicht 2 gelangt, sich nur in einem sehr geringen Maße lateral weiterbewegt, sondern von da aus fast vollständig in die tiefer gelegenen Basalen Schichten der Lintforter Schichten verlagert wird.

Die mittels des Modells durchgeführten Berechnungen zu den Fließwegen ergaben, dass das gesamte im Verfüllkörper anfallende Sickerwasser aus der ungesättigten Zone, sobald es die Sickerwasseroberfläche erreicht, vollständig von den Sickerwasserfassungselementen erfasst wird.

vollständige
Fassung des
anfallenden
Sickerwassers
aus ungesättig-
ter Zone

An der Unterkante der Verfüllung vorhandene Sickerwasserteilchen gelangen nach einem vertikalen Transport durch die Schluffe und Tone der Lintforter Schichten und einem geringen lateralen Fließweg in der Schicht 2 und nach einem weiteren vertikalen Fließen nach mehreren Jahrhunderten in die Basalen Schichten.

Sickerzeiten
von mehreren
Jahrzehnten bis
Jahrhunderten

Die Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit in den Messstellen, die in den durch die Tongrube angeschnittenen bzw. knapp unter der Basis anstehenden Lintforter Schichten (und zwar in der Schicht 1 und Schicht 2) verfiltert sind, ergaben in grundsätzlicher Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Box-Modellierung keine Hinweise auf Sickerwassereinträge in das Grundwasser.

Betrachtungen des Modellansatzes

An verschiedenen Stellen wurden Randbedingungen für die Modellierung angenommen, die u. E. im Hinblick auf die Aussagesicherheit bezogen auf die Fragestellung eines möglichen Austrags als Worst-Case-Annahmen zu sehen sind.

Die den verschiedenen Modellierungsszenarien zugrundeliegenden **Sickerwasserentnahmemengen** im stationären Zustand – Werte zwischen 4.900 und 5.300 m³/a für die Szenarien 1 und 2.1 bzw. 2.2 und 7.100 m³/a für die Ausgangssituation – liegen um ca. 50 % unterhalb der tatsächlichen Entnahmemengen (12.000 bis 14.000 m³/a). Es ist in der Realität und für die Zukunft anzunehmen, dass sich die deutlich höheren jährlichen Sickerwasserentnahmemengen deutlich positiv auf die Gesamtbilanz und auf die Größenordnung der einzelnen Bilanzglieder auswirken und damit insbesondere der vertikale Austrag wirksam unterbunden wird. Dies wird gestützt dadurch, dass bereits in 2021 eine Vorratsentnahme von Sickerwasser aus der Verfüllung nachgewiesen ist (vgl. Kap. 0)

Modellannahmen zur Sickerwasserentnahmemenge konservativ

Weiterhin wurden, wie im Bericht CAH [28] dargestellt, vereinfachend **mittlere Wasserstände in den Sickerwasserfassungselementen** als Festpotential-Randbedingung auf den Netzknotenpunkten der Sickerschächte definiert. Hierdurch wird im Modell die Fördermenge berechnet, die entnommen werden muss, um den definierten Wasserstand im Schacht zu erreichen. Aus der Verwendung der mittleren Wasserstände erfolgt eine „Unterschätzung“ der im Betrieb realisierbaren Fördermengen.

Annahme mittlerer Wasserstände konservativ

Im Sinne einer Worst-Case-Annahme halten wir das jedoch unter Berücksichtigung der Aussagesicherheit und der Relevanz für die Aussage hinsichtlich der Gefährdungsabschätzung mit einem Betrachtungszeitraum von 200 Jahren für ausreichend.

einheitlicher Sickerwasserspiegel konservativ

Es ist weiterhin nicht abgesichert, ob bei den im Modellraum zugrunde zu liegenden sehr geringen k_f -Werten (Lintforter Schichten 10^{-8} bis 10^{-10} m/s) überhaupt eine **Wasserbewegung im Sinne des Darcy-Gesetzes**, das dem Box-Modell zugrunde liegt, erfolgen kann oder ob die Bindungskräfte des Wassers an die Feinkornstruktur so groß sind, dass eine freie Grundwasserbewegung nicht mehr möglich ist. Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung wurde bei der Box-Modellierung davon ausgegangen, dass eine freie Grundwasserbewegung stattfinden kann.

keine Berücksichtigung der Wasserstände in der Modellierung in B5 bis B7 notwendig Grenzbereich der Gültigkeit des DARCY-Gesetzes

In jedem Fall ist davon auszugehen, dass die Bewegung des Sickerwassers mengenmäßig eher noch geringer und zugleich noch langsamer ist als mit dem Modell berechnet. Das Modell überschätzt somit tendenziell die Wasserbewegung (Mengen) und unterschätzt die Fließzeiten.

Trotz der generalisierten Annahmen und mit den verwendeten Worst-Case-Annahmen (geringere Sickerwasserentnahmen, mittlere Sickerwasserstände) liefert das Boxmodell in Verbindung mit den durchgeführten Untersuchungen eine plausible Modellvorstellung der hydraulischen Wirkzusammenhänge und Erkenntnisse zu den Möglichkeiten einer nahezu vollständigen Unterbindung des Sickerwasseraustrags aus der Verfüllung – nämlich dann, wenn das Sickerwasser mindestens auf die Höhe der Wasserstände in Schicht 1 abgesenkt wird.

plausible Darstellung durch Modellierung möglich

Die **Ergebnisse der hydrochemischen Modellierung** zeigen deutlich, dass selbst bei einer Fortdauer des aktuellen Zustandes eine Verlagerung von Schadstoffen aus der Verfüllung heraus über den Untergrund inklusive Schicht 2 bis in die Basalen Schichten in einem überschaubaren Zeitraum nicht zu erwarten ist.

hydrochemische Modellierung mit eindeutigem Ergebnis

Fließrichtungen innerhalb der Basalen Schichten können nach Angaben von [28] aufgrund einer nicht ausreichenden Messstellendichte (4 Grundwassermessstellen: LS2, LS4³⁴, LS12, LS15 und LS20) nicht sicher angegeben werden. Auf der Grundlage der vorhandenen Messwerte ist von einer Grundwasserfließrichtung von Norden nach Süden bzw. nach Südwesten und einer Wasserscheide im Bereich unterhalb der Verfüllung auszugehen. Die hydraulischen Eigenschaften und Auswirkungen einer weiter östlich der Verfüllung angenommenen Störung außerhalb des Modellgebietes (Hinweise aus Daten der Doppelmessstelle LS4/WMS4) sind derzeit noch nicht bekannt und Gegenstand weiterer Untersuchungen. Eine Gefährdung der Walsumer Meeressande durch die Verfüllung Mühlenberg über diesen Pfad ist aber gutachterlich auszuschließen. Die Walsumer Meeressande werden daher im Rahmen dieser Untersuchungen nicht näher betrachtet.

Austritt von Sickerwasser aus der Verfüllung in den Randgraben

Die begleitend durchgeführten Begehungen in Verbindung mit den Ergebnissen der Schurtaufnahmen ergaben, dass im Zeitraum der Untersuchungen **keine Austritte von Sickerwasser** aus der Verfüllung in den Randgraben festzustellen waren. Die aktuell noch hohen Sickerwasserstände in den Sickerwassermessstellen B5 bis B7 sind dadurch erklärbar, dass hier ein „Restsickerwasser“ oberhalb verdichteter und geringdurchlässiger Lagen innerhalb der Verfüllung angetroffen wird, bei dem keine Nachlieferung aus dem Inneren der Verfüllung zu erwarten ist. Hydraulisch ist hier aufgrund der Potentialverhältnisse ein Austritt in den Randgraben zwar theoretisch möglich, dieser wird jedoch durch die baulichen Maßnahmen zur Verhinderung eines Sickerwasseraustritts (Oberflächenabdichtung mit Anbindung an die Randabdichtung, Tonkeil) wirksam und dauerhaft ausgeschlossen. Eine ggf. vorhandene und sich flächenhaft erstreckende Zwischenabdichtung, für die es nach [5] Hinweise gab, wurde nicht angetroffen. Lediglich in einem Schurf (Schurf 4) im Osten der Verfüllung wurde eine Lehmschicht angetroffen, die von ihrer Höhenlage und Ausbildung eine ehemalige, nicht vollständig zurückgebaute Zwischenabdichtung darstellen könnte. Allerdings wurden oberhalb dieser Schicht nur zu vernachlässigende Sickerwassermengen angetroffen.

keine Sickerwasseraustritte in den Randgraben

Die begleitend durchgeführten Begehungen in Verbindung mit den Ergebnissen der Schurtaufnahmen sowie die Untersuchungen der Eigen- und Fremdüberwachung ergaben, dass der **Tonkeil wirksam** ist. Die Fremdprüfungsergebnisse hierzu stehen noch aus. Die festgestellten baulichen Defizite sind beherrschbar und beeinträchtigen derzeit nicht die Maßnahmen zur Sicherung der Umwelt gegen einen Austritt von Sickerwasser aus der Verfüllung.

Tonkeil wirksam

Die in [5] thematisierten Kenntnisdefizite im Hinblick auf die fehlenden Dokumentationen und Nachweise für die Sickerwasserfassungselemente und die Leitungen waren nicht Gegenstand der Untersuchungen der Jahre 2021 und 2022. Daher bestehen hier weiterhin Zweifel an der Langzeitstabilität der Bauwerke. Für die Aufrechterhaltung eines gefahrlosen Zustandes sind im Rahmen der nachfolgenden Machbarkeitsuntersuchungen bauliche Maßnahmen zu ermitteln, die geeignet sind, eine langfristige Entnahme von Sickerwasser zu gewährleisten. Die Sicherstellung der Fortführung der Sickerwasserentnahme

Langzeitstabilität der Sickerwasserschächte nicht gewährleistet

³⁴ liegt möglicherweise im Bereich einer östlich der Verfüllung prognostizierten Störung

sowie das langfristig anzustrebende weitere Absinken des Sickerwasserspiegels verhindern jedoch wirksam die Gefährdung durch einen Austrag von Sickerwasser in das Grundwasser und einen Austrag von Sickerwasser in Randgraben/Oberflächengewässer.

8.4 Wirkungspfade

Die wirkungspfadbezogene Bewertung der einzelnen Schutzgüter im Sinne der Gefährdungsabschätzung muss die realen Bedingungen unter Einschluss der möglichen Zustände und des Betriebs der technischen Sicherungssysteme erfassen. Die Bewertung fußt darauf, dass alle technischen Sicherungssysteme dauerhaft und langzeitstabil funktionieren. Tritt der Fall ein, dass eines oder mehrere Sicherungssysteme versagen, kann eine Gefährdung für eines oder mehrere Schutzgüter eintreten.

Zwingende Voraussetzung zur Erhaltung des derzeit gefahrlosen Zustandes ist, dass die Sickerwasserfassung und Ableitung technisch sichergestellt sind und dass alle sich aus der anschließenden Machbarkeitsstudie ergebenden Maßnahmen innerhalb eines überschaubaren Zeitraumes (vgl. Kap. 7.7.5) umgesetzt werden. Es sind umfangreiche technische Sanierungs-Maßnahmen (vgl. Kap. 10) notwendig, um den gefahrlosen Zustand dauerhaft – für eine überschaubare Zukunft – sicherzustellen.

Sichergestellte
Sickerwasser-
entnahme
Grundlage für
Bewertung

8.4.1 Wirkungspfad Verfüllung (Boden)/Grundwasser

Grundlage für die Bewertung sind die Möglichkeiten eines lateralen und vertikalen Sickerwasseraustritts aus der Verfüllung Mühlenberg in das Grundwasser der Lintforter Schichten und/oder der quartären Deckschichten außerhalb der Verfüllung, die Möglichkeit des Eintretens von Grundwasser in die Verfüllung und die Möglichkeit der vertikalen Ausbreitung des Sickerwassers bis in die Basalen Lintforter Schichten.

8.4.1.1 Lateraler Sickerwasseraustritt in das Grundwasser der Lintforter Schichten (Schicht 1)

Aufgrund der Ergebnisse der Modellierung und den dabei angestellten Betrachtungen zu den Druckspiegeln ist mit ausreichender Sicherheit davon auszugehen, dass bei der Fortsetzung des ordnungsgemäßen Betriebs der Sickerwasserentnahme kein relevanter lateraler Sickerwasseraustritt in die Lintforter Schichten stattfindet und auch in der Vergangenheit nicht eingetreten ist (vgl. Kap. 0). Die Sickerwasserstände in den Messstellen B5 bis B7 werden verursacht durch den Einstau von Sickerwasser oberhalb geringdurchlässiger Schichten. Diese sind mengenmäßig beschränkt und als isolierte Restsickerwasservorkommen mit geringem bis keinem Nachlieferungspotential zu betrachten.

Die Niveaus des Sickerwassers innerhalb der Verfüllung sind deutlich unterschiedlich. Näherungsweise kann davon ausgegangen werden, dass derzeit im südlichen Bereich der Verfüllung von etwa 42 bis 47 m ü. NN und im nördlichen Bereich von etwa 41 m ü. NN ausgegangen werden kann. Die in einem gering durchlässigen System wie der Verfüllung ablaufenden

- hydraulischen Prozesse wie Fließbewegungen aufgrund unterschiedlicher Gradienten und
- hydrochemischen Prozesse wie die Hydratisierung und damit Bindung von Sickerwasser im System

verhindern die Ausbildung eines durchgehenden Wasserspiegels.

Die Gefährdung über diesen Wirkungspfad wurde auf Grundlage der Ergebnisse der Untersuchungen gem. Arbeitsplan entsprechend Kapitel 7.3.7 in die Fallgestaltung B3 („Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.“) eingestuft, sofern das Sickerwasser dauerhaft entnommen wird und der Sickerwasserspiegel in der Verfüllung wirksam bis auf das Niveau der Variante 2.2 (33 bis 35 m NHN) abgesenkt wird. Über die vorgenannten Maßnahmen hinaus sind für diesen Wirkungspfad aus gutachterlicher Sicht ausschließlich langfristige Überwachungsmaßnahmen (siehe Kap. 10.1) erforderlich.

Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich

Darauf hinzuweisen ist, dass wegen der postulierten langen Fließzeiten von mehreren Jahrzehnten sich Auswirkungen nur über einen langen bis sehr langen Zeitraum mit entsprechenden Überwachungsmaßnahmen im Grundwasser außerhalb der Verfüllung nachweisen lassen. Dies sollte bei der Festlegung des Turnus für das entsprechende Monitoring berücksichtigt werden.

8.4.1.2 Lateraler/vertikaler Sickerwasseraustritt in das Grundwasser der Lintforter Schichten (Schicht 2)

In den Modellberechnungen wird im Ausgangszustand ein vertikaler Austrag von ca. 1.500 m³/a aus der Verfüllung in die Schicht 2 der Lintforter Schichten errechnet. Die Menge sinkt um 90 bis 95 % nach vollendeter Oberflächenabdichtung (im Jahr 2020 wurde die mineralische Dichtung mit Drainagematte und bereichsweise vollständig hergestellter Rekultivierungsschicht fertiggestellt) bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung/stärkerer Absenkung und Optimierung der Sickerwasserhaltung, z. B. durch eine zusätzliche Sickerwasserentnahme im Bereich der B4.

Eine Gefährdung des Grundwassers durch einen möglichen vertikalen Austrag ist nicht wahrscheinlich. Selbst unter Ansatz von Worst-Case-Bedingungen wären aufgrund der errechneten sehr langen Fließzeiten von mehreren Jahrzehnten bis hunderten Jahren Auswirkungen nur über einen sehr langen Zeitraum (Jahrzehnte bis Jahrhunderte) im Grundwasser außerhalb der Verfüllung nachzuweisen. Da eine nachteilige Beeinflussung des Grundwassers in den Lintforter Schichten (vgl. Kap. 7.3.9) nicht zu besorgen ist, besteht keine Gefährdung für das Grundwasser.

Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich

8.4.1.3 Lateraler Austritt von Sickerwasser in die randlichen quartären Deckschichten

Der laterale Austritt von Sickerwasser in die randlichen quartären Deckschichten ist auf der Grundlage der durchgeführten Geländeuntersuchungen – Schürfe – und der Ergebnisse der Modellierung derzeit und bei ordnungsgemäßem Betrieb der Verfüllung nicht zu besorgen. Die Randabdichtung (Tonkeil) ist in einem ordnungsgemäßen Zustand und in den Untergrund eingebunden (Ausnahme: Schürfe 4 bis 6, hier wurde die Endteufe nicht erreicht, es ist jedoch davon auszugehen, dass der Tonkeil vollständig in den Untergrund einbindet).

Die Gefährdung über diesen Wirkungspfad wurde auf Grundlage der Ergebnisse der Untersuchungen gem. Arbeitsplan entsprechend Kapitel 7.3.7 in die Fallgestaltung B3 eingestuft („Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.“). Für diesen Wirkungspfad sind aus gutachterlicher Sicht ausschließlich Überwachungsmaßnahmen (siehe Kap. 10.1) erforderlich.

Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich

8.4.1.4 Zusickerung von Sickerwasser bzw. belastetem Grundwasser in die Basalen Lintforter Schichten und die Walsumer Meeressande

Die im Rahmen der Modellierung erhaltenen Ergebnisse legen nahe, dass ein Austrag von Sickerwasser aus der Verfüllung in geringem Umfang grundsätzlich möglich ist, dass aber sowohl

- die geringen Mengen als auch
- die sehr langen Fließzeiten und
- das hohe Rückhalte-/Sorptionsvermögen der Lintforter Schichten

derzeit und in überschaubarer Zukunft hieraus resultierende Gefährdungen nicht erwarten lassen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass bei einer kontinuierlichen Entnahme des Sickerwassers, wie sie derzeit durchgeführt wird, kein Sickerwasser in die Basalen Schichten gelangen kann, sondern dass geringe Mengen an Grundwasser in die Verfüllung eindringen. Eine Gefährdung der Walsumer Meeressande durch die Verfüllung Mühlenberg über diesen Pfad ist gutachterlich auszuschließen (Wirkung der hydraulischen Barriere des Ratinger Tons).

Die Gefährdung über diesen Wirkungspfad wird daher insgesamt entsprechend Abb. 13 in die Fallgestaltung B3 („Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.“) eingestuft. Daher sind neben den für die Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes zwingend notwendigen baulichen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Sickerwasserentnahme aus gutachterlicher Sicht derzeit ausschließlich Überwachungsmaßnahmen sinnvoll und notwendig (siehe Kap. 10.1).

Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich

8.4.2 Verfüllung/Oberflächenwasser

Austritt in den Randgraben

Die in [5] geäußerte Vermutung, dass es bereichsweise zu einem Einstau des Sickerwassers bis auf das Niveau der Randgräben gibt und es zu einem Übertritt von Sickerwasser in den Randgraben kommen kann, ist auf der Grundlage der Ergebnisse der Untersuchungen gemäß Arbeitsplan und bei kontinuierlicher Sickerwasserentnahme auszuschließen. Die ermittelten Ruhewasserspiegel des Sickerwassers in den Schächten liegen unterhalb des Niveaus des Randgrabens. Aus den Ausführungen unter Kapitel 7 ergibt sich, dass sowohl im gegenwärtigen Zustand als auch zukünftig bei einer Fortführung der kontinuierlichen Sickerwasserentnahme kein Sickerwasser in den umlaufenden Randgraben austreten kann. Sowohl die hydraulischen als auch die hydrochemischen Untersuchungen (keine Beeinflussung des Grundwassers durch Sickerwasser aus der Verfüllung) und die Ergebnisse der Schurfaufnahmen, v. a. hinsichtlich der „Zwischenabdichtung“, haben diesen Befund abgesichert.

Die Gefährdung über diesen Wirkungspfad wird daher insgesamt entsprechend Tab. 13 in die Fallgestaltung B3 („Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist“) eingestuft. Aus gutachterlicher Sicht sind keine weiteren schutzgutbezogenen Überwachungsmaßnahmen sinnvoll und notwendig (siehe Kap. 10.1).

8.4.3 Verfüllung/Atmosphäre

Austritt in die Atmosphäre

Die Untersuchungen der IFUA-Projekt-GmbH haben keine relevanten Austritte in die Atmosphäre ergeben.

Die Gefährdung über diesen Wirkungspfad wird daher insgesamt entsprechend Tab. 13 in die Fallgestaltung B3 („Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist“) eingestuft. Daher sind aus gutachterlicher Sicht lediglich Überwachungsmaßnahmen erforderlich.

Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich

Die Absicherung der Messergebnisse in einigen Bodenluftmessstellen wird als sinnvoll angesehen (siehe Kap. 10.1).

8.4.4 Weitere Wirkungspfade

Weitere Wirkungspfade sind nicht erkennbar.

8.5 Zusammenfassung der Bewertung der Wirkungspfade

In der nachfolgenden Tabelle werden für die einzelnen, hier relevanten Wirkungspfade die Ergebnisse der durchgeführten Gefährdungsabschätzung zusammengefasst. Mit Ausnahme des Pfades „Atmosphäre“ erfolgen die Bewertungen unter der Maßgabe einer dauerhaften und ausreichenden Absenkung des Sickerwasserspiegels in der Verfüllung.

Tab. 23: Ergebnis der Gefährdungsabschätzung und Bezug zu den sich ergebenden baulichen Maßnahmen

Pfad	Wirkungspfad	Ergebnis der Gefährdungsabschätzung	Bez. zur laufenden Nr. der Tab. 3
GW	lateralen Sickerwasser- austritt in das Grundwas- ser der Lintforter Schichten (Schicht 1)	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
	lateralen/vertikalen Sickerwasseraustritt in das Grundwasser der Lintforter Schichten (Schicht 2)	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
	lateralen Austritt von Sickerwasser in die randlichen quartären Deckschichten	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
	Zusickerung von Sickerwasser bzw. von durch Sickerwasser be- lastetem Grundwasser in die Basalen Lintforter Schichten und die Walsumer Meeressande	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	1, 2
OW	Austritt in den Randgraben	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	3
Atmo- sphäre	Austritt von flüchtigen Schadstoffen	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung durch leichtflüchtige Schadstoffe auszu- schließen ist.	entfällt
	Austritt von deponie- typischen Gasen	Die Wertung aller vorliegenden Daten ergibt, dass eine Gefährdung mit hoher Sicherheit auszuschließen bzw. sehr unwahrscheinlich ist.	entfällt
weitere Wirkungs- pfade	nicht erkennbar	entfällt	entfällt

Aus der Zusammenstellung ergibt sich, dass bei langfristig sichergestellter, aus-
reichender Absenkung des Sickerwasserspiegels von der Verfüllung Mühlen-
berg aktuell und in überschaubarer Zukunft **keine Gefährdungen der betrach-**
teten Schutzgüter ausgehen.

Im Sinne des BBodSchG sind daher keine bautechnischen Sanierungs-Maßnahmen im Sinne von Dekontaminationsmaßnahmen oder Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

Gleichwohl sind zur Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes bautechnische Sicherungs-Maßnahmen unbedingt erforderlich.

Im Gutachten [5] sind die Sanierungsziele unter dem Vorbehalt der Ergebnisse weiterer Untersuchungen (Umsetzung im Arbeitsplan) bezogen auf das Gefahrenabwehrziel „Verhinderung des Austrags von belastetem Sickerwasser aus der Verfüllung“ definiert worden.

- 1) Minimierung der Sickerwassermenge (**Sanierungsziel 1**)
- 2) Unterbindung eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben/Oberflächengewässer³⁵ (**Sanierungsziel 2**)
- 3) Minimierung/Unterbindung eines Sickerwasserübertritts in das Grundwasser (**Sanierungsziel 3**)

Derzeit ist unter Berücksichtigung aller Ergebnisse und der auf Grundlage der Machbarkeitsstudie durchzuführenden baulichen Maßnahmen in der aktuellen Situation ein gefahrloser Zustand bereits erreicht. Die Notwendigkeit der Definition von Sanierungszielen (vgl. § 13 Satz 1, BBodSchG³⁶) ist damit nicht mehr gegeben. Gleichwohl sind die bisher formulierten Sanierungsziele (s. o.) weiterhin als Ziele zur Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes zu verstehen, die mit den im folgenden beschriebenen Maßnahmen erreicht werden müssen.

Die bisher formulierten Sanierungsziele (s. o.) sind zukünftig als Maßnahmen-Ziele zur Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes zu verstehen, die mit den im folgenden beschriebenen Maßnahmen erreicht werden müssen.

³⁵ Im Rahmen der Untersuchungen ergaben sich keine Anhaltspunkte, dass ein Sickerwasserzutritt aus der Verfüllung in den Randgräben stattfindet. Bei Fortführung der Sickerwasserentnahme ist dies zukünftig daher ebenfalls auszuschließen.

³⁶ (1) Bei Altlasten, bei denen wegen der Verschiedenartigkeit der nach § 4 erforderlichen Maßnahmen ein abgestimmtes Vorgehen notwendig ist oder von denen auf Grund von Art, Ausbreitung oder Menge der Schadstoffe in besonderem Maße schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, soll die zuständige Behörde von einem nach § 4 Abs. 3, 5 oder 6 zur Sanierung Verpflichteten die notwendigen Untersuchungen zur Entscheidung über Art und Umfang der erforderlichen Maßnahmen (Sanierungsuntersuchungen) sowie die Vorlage eines Sanierungsplanes verlangen, der insbesondere

1. eine Zusammenfassung der Gefährdungsabschätzung und der Sanierungsuntersuchungen,
2. Angaben über die bisherige und künftige Nutzung der zu sanierenden Grundstücke,
3. die Darstellung des Sanierungsziels und die hierzu erforderlichen Dekontaminations-, Sicherungs-, Schutz-, Beschränkungs- und Eigenkontrollmaßnahmen sowie die zeitliche Durchführung dieser Maßnahmen enthält.

Die Maßnahmen (vgl. Kap. 10) lassen sich wie folgt gliedern:

- a) bautechnische Sanierungs-Maßnahmen, insbesondere zu den festgestellten Mängeln in den Bereichen der Schürfe 3 und 4, Ausgleich Gefälle und Ausbau, Durchlässe,
- b) betriebliche Maßnahmen (dauerhafte Sickerwasserfassung, -ableitung und -behandlung, Instandhaltung der Messeinrichtungen, Erfüllung der Dokumentationspflichten) und
- c) Überwachungsmaßnahmen.

Alle Maßnahmen sind erforderlich, um einen gefahrlosen Zustand in der überschaubaren Zukunft sicher zu erhalten, Wirkungen zu dokumentieren und nachteilige Veränderungen rechtzeitig festzustellen und wirksame Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

Die Maßnahmen sind in Tab. 15 zusammengefasst.

Die Maßnahmen müssen sicherstellen, dass die Sickerwasserstände in den Bauwerken und damit in der Verfüllung langfristig und nachweisbar bis auf das Niveau der Varianten 2.1/2.2 und damit auf ein dauerhaft unkritisches Niveau sinken.

Tab. 24: Zusammenstellung von zur langfristigen Aufrechterhaltung eines gefahrlosen Zustandes notwendigen baulichen Maßnahmen nach derzeitigem Kenntnisstand

laufende Nummer	bautechnische Sanierungs-Maßnahme	Maßnahmen-Ziele zur Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes
1	Herstellung eines langzeitwirksamen Sickerwasserentnahmesystems, mit dem eine ausreichende Absenkung des Sickerwasserspiegels gewährleistet werden kann.	Minimierung/Unterbindung eines Sickerwasserübertritts in das Grundwasser
2	Beseitigung der festgestellten baulichen Mängel (fehlende Anbindung der Oberflächenabdichtung an die Randabdichtung (Tonkeil) in zwei Teilbereichen	Unterbindung eines Sickerwasserübertritts in die Randgräben/Oberflächengewässer (aktuell nicht nachgewiesen) Minimierung der Sickerwassermenge
3	Ertüchtigung und Instandhaltung Randgräben und Ableitungen	

Die Wirksamkeit der Maßnahmen muss langfristig beobachtet werden und überprüfbar sein. Hierfür müssen entsprechende Randbedingungen bezogen auf die Sickerwasserspiegel/Niveaus definiert werden.

Diese sind wie folgt:

- Die Ruhewasserstände in den Entnahmebauwerken müssen langfristig einen sinkenden Trend aufweisen. Die Ruhewasserstände je Bauwerk müssen mindestens einmal im Jahr durch entsprechende Untersuchungen ermittelt werden.
- Die Trends der Sickerwasserstände in den Messstellen B2 und B4 müssen weiter beobachtet werden. Die bisherige Entwicklung (deutlich abflachender Anstieg in B2, gering abflachender Anstieg in B4, weiteres Absinken in B3) muss sich fortsetzen und verstärken und für die Sickerwassermessstellen B2 und B4 umkehren.
- Die Betriebswasserspiegel der Sickerwasserentnahmeschächte müssen die Niveaus erreichen, die der Box-Modellierung zugrunde gelegt worden sind (Variante 2.1 bzw. 2.2).
- Im Norden der Verfüllung im Bereich der FLS16 muss ein Messpunkt geschaffen werden, um die Ergebnisse hinsichtlich eines Austrags in die Schicht 1 abzusichern. Hierzu ist eine Sickerwassermessstelle einzurichten, die in einem Teufenbereich von ca. 30 bis 32 m NHN verfiltert ist.

Die bautechnischen Maßnahmen zur Anbindung der Oberflächenabdichtung an den Tonkeil müssen ebenfalls umgesetzt werden.

Weiterhin sind schutzgutbezogene Überwachungsmaßnahmen erforderlich, die in Kapitel 10.1 zusammengestellt sind.

9 UNTERSUCHUNGSBEDARF ZUR KLÄRUNG OFFENER FRAGEN

Weiterer Untersuchungsbedarf zur Klärung offener Fragen im Hinblick auf die Gefährdungsabschätzung wird nicht gesehen.

10 MAßNAHMEN

Der ordnungsgemäße Betrieb der Verfüllung muss zukünftig vollständig und dauerhaft unter Berücksichtigung der behördlichen Auflagen sichergestellt bleiben. Dieses umfasst daher auch die baulichen Maßnahmen, die einem Versagen eines oder mehrerer Sicherungssysteme entgegenwirken oder das mögliche Versagen in der Zukunft wirksam verhindern.

Dies betrifft daher sowohl die (Wieder-)Herstellung bzw. dauerhafte Erhaltung und – soweit erforderlich – Unterhaltung der einzelnen technischen Sicherungselemente:

1. Oberflächenabdichtungssystem
2. Randabdichtungssystem
3. Basisabdichtungssystem/geol. Barriere
4. Sickerwasserfassung, Ableitung und Reinigung
5. Oberflächenentwässerungssystem
6. Entgasungssystem (nicht vorhanden, auf Grundlage der Ergebnisse auch nicht erforderlich)

Auf der Grundlage aller bisherigen Erkenntnisse werden die Sicherungselemente wie folgt bewertet:

Die endgültige gutachterliche Bewertung des **Oberflächenabdichtungssystems** liegt noch nicht vor und muss abschließend erstellt werden.

Bei dem **Randabdichtungssystem** müssen die im Rahmen der Erstellung der Schürfe festgestellten Mängel (vgl. Tab. 15) fachgerecht behoben werden. Die Baumaßnahmen sind gutachterlich zu begleiten und zu dokumentieren. Die ordnungsgemäße Wirksamkeit ist nach Abschluss der Reparaturmaßnahmen nachzuweisen.

Ein **Basisabdichtungssystem** gem. DepV war behördlicherseits nicht gefordert und wurde nicht eingebaut. Im vorliegenden Fall liegt damit als Basisabdichtung ausschließlich die **geol. Barriere** (Lintforter Schichten) vor. Unter der Maßgabe einer Absenkung des Sickerwasserspiegels auf die in Var. 2.1/2.2 der Boxmodellierung zu Grunde gelegten Werte ist die geologische Barriere als ausreichend wirksam, d. h. einen relevanten Austrag in das Grundwasser sicher unterbindend, einzustufen.

Die langfristige Aufrechterhaltung und der Betrieb der **Sickerwasserfassung und des Oberflächenentwässerungssystems** muss mit baulichen Maßnahmen gewährleistet werden, die auf der Grundlage der Tab. 15 im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zu planen und zu beschreiben sind.

Unter diesen Voraussetzungen sind die unter 2 bis 5 genannten Sicherungselemente in einem ordnungsgemäßen und sicheren Zustand und können dann als ausreichend und (langzeit-)wirksam eingestuft werden. Das Sicherungsele-

ment 1, **Oberflächenabdichtung** wird separat, nicht im Rahmen der vorliegenden Gefährdungsabschätzung, bewertet.

Die Maßnahmen zum dauerhaften Betrieb und zur Unterhaltung der technischen Sicherungssysteme dienen der Erfüllung der behördlichen Auflagen im Rahmen des Betriebs des Gesamtsystems zur Aufrechterhaltung eines gefahrlosen Zustandes.

Die bautechnischen Sanierungs-Maßnahmen (vgl. Tab. 24) sind im Rahmen der Machbarkeitsstudie zeitnah zu entwickeln, zu planen und umzusetzen. In der Machbarkeitsstudie muss ergebnisoffen geprüft werden, mit welchen (verhältnismäßigen) Maßnahmen ein langfristig gefahrloser Zustand sichergestellt werden kann.

Machbarkeitsstudie muss ergebnisoffen prüfen

Auf der Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse ist davon auszugehen, dass

- mit der Einhaltung der vorhandenen und ggf. zu konkretisierenden ordnungsrechtlichen Vorgaben zum Betrieb der Verfüllung Mühlenberg

und

- unter Berücksichtigung der unbedingt erforderlichen bautechnischen Maßnahmen, die noch zu ergreifen sind (Ergebnisse der Machbarkeitsstudie)

alle Sanierungsziele innerhalb einer überschaubaren Zukunft, d. h. innerhalb von ca. 20 Jahren sicher erreichbar sind.

alle Sanierungsziele können sicher erreicht werden

10.1 Überwachungsmaßnahmen

Bezogen auf die betrachteten Wirkungspfade sind die in den folgenden Unterkapiteln genannten Überwachungsmaßnahmen erforderlich.

10.1.1 Grundwasser

Das Grundwassermonitoring in Bezug auf den Standort Verfüllung Mühlenberg ist hinsichtlich des hydraulischen und hydrochemischen Umfangs in das Grundwassermonitoring im Bereich Gartroper Mühlenbach zu integrieren. Durch dieses Monitoring muss sichergestellt werden, dass das Auftreten einer Sickerwasserbeeinflussung in den im Umfeld errichteten Grundwassermessstellen frühzeitig erkannt werden könnte, damit dann wirksame Gegenmaßnahmen eingeleitet werden könnten. Dies betrifft insbesondere den Nordbereich der Verfüllung.

Grundwassermonitoring am Gesamtstandort

Zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der Grundwassermessstellen sind regelmäßige Arbeiten zur Instandhaltung und Überprüfung durchzuführen.

10.1.2 Oberflächenwasser/Vorflut

Weitere Maßnahmen werden im Rahmen der regelmäßigen Gewässerschau in Abstimmung mit den Behörden festgelegt und sind nicht Gegenstand der vorliegenden Gefährdungsabschätzung.

weitere Untersuchungen werden separat abgestimmt

10.1.3 Atmosphäre

Die Empfehlungen der IFUA-Projekt-GmbH 2022 sind umzusetzen. Dies sind Messungen im Umfeld von BL-Messstellen (vgl. Kap. 7.6), die in 2022 noch geringfügig auffällig waren, mittels eines verzögerungsfrei arbeitenden Methan-Messgerätes (Infrarotsensor (IR), Messbereich: 0,01 Vol.% bis 100 Vol.%).

Messungen in ausgesuchten Bereichen mit geringfügig auffälligen Werten

10.1.4 Weitere Überwachungsmaßnahmen mit Relevanz für die Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des gefahrlosen Zustandes

Das systematische Sickerwassermonitoring in den Sickerwasserschächten A, B, C, D und E sowie den Sickerwassermessstellen B2, B3 und B4 mit vierteljährlichen Untersuchungen des abgestimmten Untersuchungsumfanges wird fortgeführt.

Es wird empfohlen, das Sickerwasser-Monitoring an die zeitlichen Gegebenheiten folgendermaßen anzupassen:

Anpassung Sickerwasser-monitoring

- jährliche Analytik der sich deutlich ändernden **und** der auffälligen, gut mobilisierbaren Parameter in den Schächten (wie z. B. Salze, Ammonium, DOC, As, CrVI, Mo, Sb, V) und
- 5-jährliche Untersuchung in allen Sickerwasser-Messstellen und Schächten auf das gesamte Spektrum.

Wir schlagen vor, das Untersuchungsprogramm wie folgt anzupassen:

Tab. 25: Angepasster Parameterumfang

Parameter	SiWa-Schächte (Schacht A-E)	SiWa-Messstellen (B2, B3, B4)
Vor-Ort-Parameter	x	x
CSB	x	x
DOC	x	x
Chlorid, Natrium, Sulfat, Ammonium	x	x
Cyanide (gesamt) Cyanide (leicht freisetzbar)	x --	x --
MKW	--	--
PAK	x	x
BTEX	x	x
LHKW	--	--
Schwermetalle (As, Pb, Cd, Cr, CrVI, Cu, Ni, Hg, Ti, V, Zn)	x	x
Molybdän	x	x

Änderungen in Rot

Die Untersuchungen sollten mit dem Umfeldmonitoring im Grundwasser (ab 2023) verknüpft bzw. zeitgleich ausgewertet werden.

Die Datenlogger in den Sickerwasserschächten A, B, C, D und E sowie den Sickerwassermessstellen B2, B3 und B4 werden bescheidgemäß weiterbetrie-

Weiterbetrieb
 Datenlogger
 in Schächten
 A bis E und
 B2, B3, B4

ben. Die Sickerwasserstandsmessung mittels Datenlogger in den Sickerwassermessstellen B5, B6 und B7 ist kontinuierlich mit Datenloggern fortzuführen und auszuwerten.

Die Sickerwassermessstellen B5, B6 und B7 sind in das Sickerwassermonitoring aufzunehmen und jährlich auf den Parametersatz der o. a. Tabelle zu untersuchen.

10.1.5 Sonstiges

Zur Dokumentation des Zustandes der Oberflächenabdichtung sind Messeinrichtungen (Setzungspegel) einzurichten, um rechtzeitig mögliche Setzungen/Sackungen zu erkennen, die die Wirksamkeit der Oberflächenabdichtung beeinträchtigen könnten.

Die Sickerwasserfassung, -ableitung und -reinigung der Verfüllung Mühlenberg muss dauerhaft und langfristig sichergestellt sein. Hierzu müssen geeignete und langfristig wirksame Einrichtungen vorhanden sein. Im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung ist unvoreingenommen zu prüfen, mit welchen baulichen Maßnahmen dies erreicht werden kann. Zu prüfen ist insbesondere, ob und mit welchen Mitteln die vorhandenen Sickerwasserschächte so ertüchtigt werden können, dass sie langfristig sicher weiter genutzt werden können. Die Unsicher-

heiten bezüglich der Langzeitstabilität der Entnahmebauwerke sind im Rahmen der sich an die Gefährdungsabschätzung anschließenden Machbarkeitsstudie ergebnisoffen zu prüfen und konkret zu bewerten. Insbesondere ist zu prüfen, mit welchen (verhältnismäßigen) Maßnahmen ein langfristig gefahrloser Zustand sichergestellt bleiben kann.

Die abschließenden gutachterlichen Stellungnahmen zur Standsicherheit, zu den Nachweisen für die Drainagematten, zu den Defiziten der Verdichtungsnachweise der Randabdichtung und zum Überflutungsnachweis sind zeitnah einzuholen und bis zur Abnahme der zuständigen Behörde vorzulegen. Die Stellungnahmen müssen die Defizite konkret benennen, um im Rahmen der Machbarkeitsstudie mögliche Maßnahmen prüfen zu können.

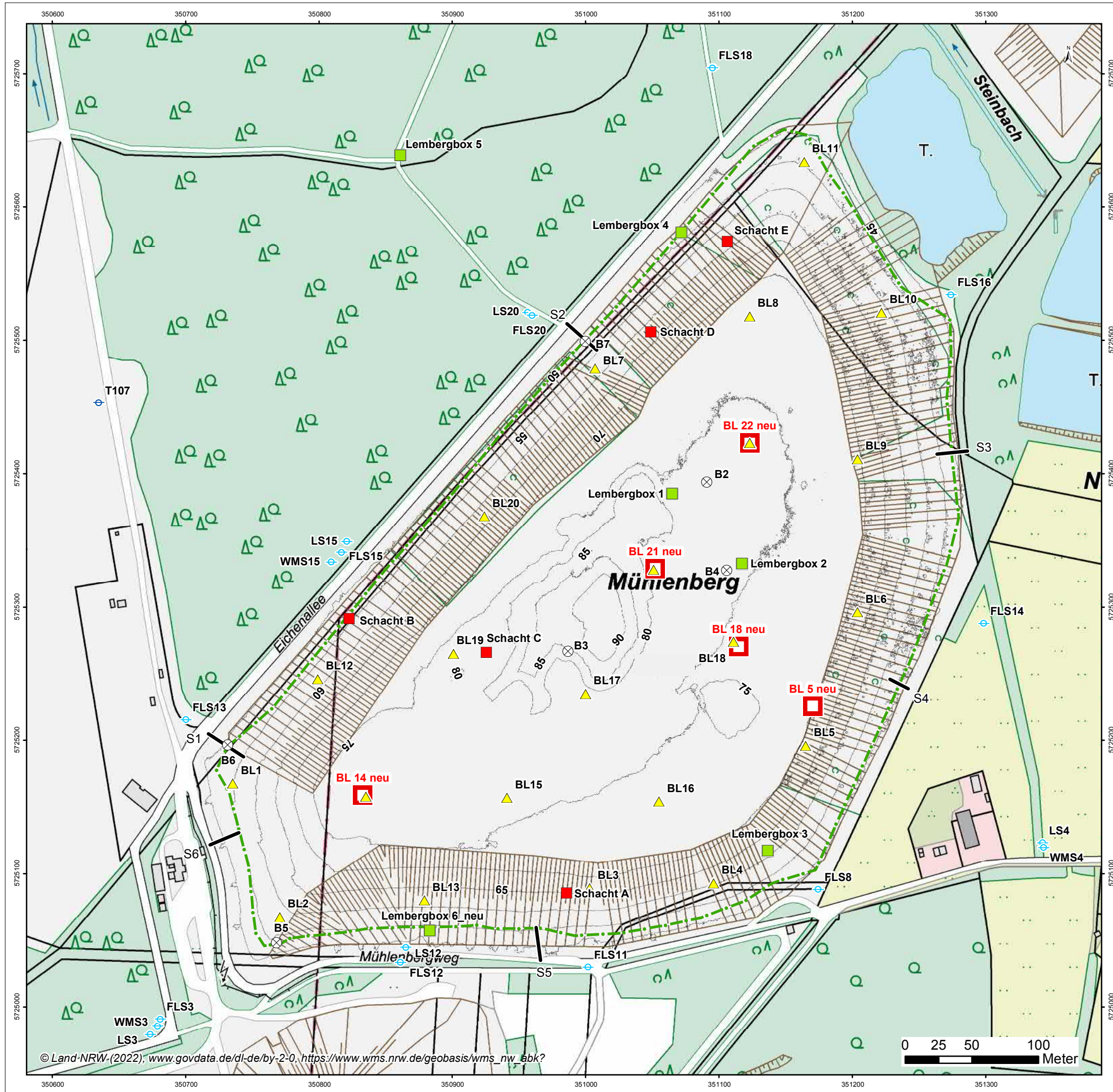
Die regelmäßige und transparente Berichterstattung an die zuständige Ordnungsbehörde muss weiter fortgesetzt werden.

Aachen, 02.02.2023

ahu GmbH

Dipl.-Geol. Axel Meßling

Anlage 1:
Lageplan (M 1:3.000)



- Grundwassermessstelle, Bestand
- Grundwassermessstelle, neu
- Bodenluftmessstelle
- neue Bodenluftmessstelle
- Lemberg-Box
- Sickerwasserschacht
- Sickerwassermessstelle
- Höhenlinie, berechnet aus DEM Feb. 2021
- Profilschnitt Schurf, durchgeführt
- Tagebaugrenze nach Angaben der Fa. Nottenkämper

P:\NOTTB\gis\map\ArcGIS\00_Gefährdungsabschätzung\Anl_1_Lageplan.mxd, 15.12.2022.c1

NOTTENKÄMPER

**Gefährdungsabschätzung
Verfüllung Mühlberg**

Lageplan Anlage 1

entworfen : AM	Datum: Dez. 2022	Änderungen:	Maßstab: 1:3.000	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet : CL				
geprüft :				

Wasser
Boden
Geomatik

Anlage 2:
Bericht zum Sickerwasser-Pumpversuch
(ahu GmbH)
(289 Seiten)

ABSCHLUSSBERICHT

Titel: **Auswertung der Pumpversuche im Sickerwasser in der Verfüllung Mühlenberg, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG**

Datum: 20.11.2021 / aktualisiert 19.05.2022 und 02.12.2022

Auftraggeber: Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Auftrag vom: 03.11.2019
Ansprechpartner: Herr Eckerth

Auftragnehmer: ahu GmbH Wasser · Boden · Geomatik, Aachen
Projektbearbeitung: Herr Dipl.-Geol. Axel Meßling (Projektleitung)
von der IHK Aachen öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer sowie für Sanierung (Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 2 und 5)

Aktenzeichen: NOTT4 / 20341
Ausfertigung Nr.: PDF

Hinweis zu den Projektbeteiligten:

Das vorliegende Gutachten wurde in enger fachlicher Abstimmung innerhalb des Projektteams der ahu GmbH erstellt. Projektleiter in diesem Projekt ist Axel Meßling ö.b.u.v.S, ahu GmbH. Durch Herrn Meßling wurde der Gutachtentext schwerpunktmäßig erarbeitet. Er wurde dabei unterstützt von: Frau Christina Rosen M.Sc. (ahu GmbH, Erstellung der Diagramme, GIS-Arbeiten), Herrn Dr. Tomas Feseker (Arbeiten vor Ort, Datenfernübertragung), Frau Dipl.-Päd. Manuela Hopp (Grafik), Herrn Dipl. Geol. U. Lieser (ahu GmbH, fachliche Qualitätssicherung), Frau Lisa Lechtenböcker und Frau Adelheid Siebigs M.A. (ahu GmbH, Layout und Textkorrektur).

INHALT

1	ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	DATENGRUNDLAGE	2
2.1	Vorliegende Berichte	2
2.2	Sickerwasserfassungen und Sickerwassermessstellen	3
3	PUMPVERSUCHSABLAUF UND RANDBEDINGUNGEN	6
3.1	Pumpversuchskonzept	6
3.2	Durchgeführte Pumpversuche	6
3.3	Messtechnische Überwachung	7
3.4	Hydrochemische Überwachung	8
3.5	Niederschläge	9
4	GRUNDSÄTZLICHE CHARAKTERISIERUNG DES SYSTEMS	11
4.1	Sickerwasserstände	12
4.2	Chemische Untersuchungen des Sickerwassers	16
4.2.1	Sickerwasserschächte	17
4.2.2	Sickerwassermessstellen	21
5	AUSWERTUNG DES PUMPVERSUCHS	26
5.1	Grundlagen der Pumpversuchsauswertungen	26
5.1.1	Ermittlung der pumpversuchsrelevanten Rahmendaten für den Ausbau der Schächte als Grundlage für die Pumpversuchsauswertung	28
5.1.2	Entwicklung der Sickerwasserstände während des Pumpversuchs	29
5.2	Hydraulische Parameter für die Schächte und Sickerwassermessstellen	35
5.3	Abschätzung von Reichweiten der Entnahmen	35
6	BEWERTUNG	36
6.1	Hydraulische Parameter	36
6.2	Abschätzung der maximal gewinnbaren Wassermengen an den Entnahmebauwerken	36
6.3	Gegenseitige Beeinflussung der Sickerwasserfassungselemente / Reichweiten	37
6.4	Langfristige Entwicklung der Trends der Sickerwasserstände	37

6.5	Hydrochemie	38
7	EMPFEHLUNGEN	39

ABBILDUNGEN:

Abb. 1:	Lage der Sickerwasserfassungen und der Sickerwassermessstellen	3
Abb. 2:	Darstellung der Probenahmepunkte an der Sohle und Höhenlage an der Sohle (mNN) (aus [5], Abb. 15)	5
Abb. 3:	Niederschlagssummen	10
Abb. 4:	Ganglinien der Sickerwassermessstellen	13
Abb. 5:	Ganglinien der Sickerwassermessstellen B5 bis B7	14
Abb. 6:	Ganglinien der Wasserstände in den Sickerwasserschächten	15
Abb. 7:	Ganglinien der Chloridkonzentrationen in den Schächten	17
Abb. 8:	Ganglinien der Sulfatkonzentrationen in den Schächten	17
Abb. 9:	Ganglinien der el. Leitfähigkeit in den Schächten	18
Abb. 10:	Ganglinien der Salze in Schacht B	18
Abb. 11:	Ganglinien ausgewählter Parameter in Schacht D	19
Abb. 12:	Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den Schächten	20
Abb. 13:	Ganglinien auffälliger Schwermetalle (Chrom und Molybdän) in Schacht E	20
Abb. 14:	Ganglinien der el. Leitfähigkeit in den SiWa-Messstellen	22
Abb. 15:	Ganglinien der Chlorid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	22
Abb. 16:	Ganglinien der Sulfat-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	22
Abb. 17:	Ganglinien des CSB in den SiWa-Messstellen	23
Abb. 18:	Ganglinien des DOC in den SiWa-Messstellen	23
Abb. 19:	Ganglinien der Ammonium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	23
Abb. 20:	Ganglinien der Natrium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	24
Abb. 21:	Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	24
Abb. 22:	Ganglinien der Cyanid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	25
Abb. 23:	Ganglinien der Molybdän-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen	25
Abb. 24:	Ganglinie Schacht A	29
Abb. 25:	Ganglinie Schacht B und C	30

Abb. 26:	Ganglinie Schacht B und C	31
Abb. 27:	Ganglinie Schacht D	32
Abb. 28:	Ganglinie Schacht E	33
Abb. 29:	Ganglinie B4	33
Abb. 30:	Ganglinie B5	34

TABELLEN:

Tab. 1:	Vorliegende Unterlagen	2
Tab. 2:	Verfügbare Informationen zu den Sickerwasserfassungselementen und Sickerwassermessstellen	4
Tab. 3:	Pumpversuchsumsetzung	7
Tab. 4:	Messintervalle	8
Tab. 5:	Hydrochemische Überwachung	8
Tab. 6:	Parameterumfang	12
Tab. 7:	Überschlägige Ermittlung der sickerwassererfüllten Mächtigkeiten	28
Tab. 8:	Gewinnbare Sickerwassermengen Verfüllung Mühlenberg	36

ANLAGEN:

Anl. 1:	Lageplan (M 1:3.000)
Anl. 2:	Tabellarische Übersicht der Analysenergebnisse (Sickerwasser)
Anl. 3:	Chlorid und Sulfat im Sickerwasser (M 1:5.000)
Anl. 4:	Ammonium und DOC im Sickerwasser (M 1:5.000)
Anl. 5:	Schwermetalle im Sickerwasser (M 1:5.000)

DOKUMENTATION:

Dok. 1:	Probenahmeprotokolle (33 Seiten)
Dok. 2:	Prüfberichte Labor (77 Seiten)
Dok. 3:	Auswertungen Hydrotec (30 Seiten)
Dok. 4:	Pumpversuchsdaten und Entnahmemengen (1 Seite)
Dok. 5:	Grafische Darstellung der Pumpversuchsdaten inkl. Sondenmessungen zu Temperatur, Leitfähigkeiten und pH-Werten (83 Seiten)
Dok. 6:	Reichweitenberechnungen (1 Seite)

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:

Abb.	Abbildung
Anl.	Anlage
Tab.	Tabelle
T	Transmissivität
k_f	Durchlässigkeitsbeiwert
S	Speicherkoeffizient
mNN	Meter über Normal-Null
dm	Dezimeter
Dok.	Dokumentation
SiWa	Sickerwasser

1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Mit Schreiben vom 03.11.2020 wurde die ahu GmbH von der Nottenkämper GmbH beauftragt, Pumpversuche an den Sickerwasserfassungselementen der Verfüllung Nottenkämper zu planen, umzusetzen und auszuwerten.

Zielsetzung der Versuche ist wie folgt:

- Ermittlung der dauerhaft förderbaren Mengen an Sickerwasser aus der Verfüllung;
- Ermittlung der überschlägigen hydraulischen Kenndaten im Umfeld, Reichweitenbetrachtungen;
- ggf. Ermittlung von Wirkungszusammenhängen zwischen den Sickerwasserfassungen.

Mit den Ergebnissen der Auswertung sollen die Sickerwasserfassungen hinsichtlich ihrer Entnahmemengen und ihrer Wirksamkeit im Hinblick auf die Reduzierung der Sickerwassermengen in der Verfüllung bewertet werden.

2 DATENGRUNDLAGE

2.1 Vorliegende Berichte

Folgende Daten liegen den nachfolgenden Auswertungen zugrunde (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Vorliegende Unterlagen

Nr.	Titel des Gutachtens	Datum	Gutachter
[1]	Gefährdungsabschätzung Verfüllung Mühlenberg, Schermbeck-Hünxe. Bericht	2015	ahu AG
[2]	Untersuchung des Sickerwassers in der Verfüllung Mühlenberg, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG. Gutachten	2019	ahu GmbH
[3]	Untersuchung des Sickerwassers in der Tongrube Mühlenberg, Fa. Hermann Nottenkämper oHG. Ergebnisse der Beprobungen Februar 2017 bis August 2020. 15 Kurzberichte	2017-2020	ahu GmbH
[4]	Beantwortung der Fragen der Staatsanwaltschaft Bochum, ausgeführt im Schreiben vom 11.12.2014 Ermittlungsverfahren gegen M u.a. Aktenzeichen: 35 Js 232/14. Gutachten	2016	Dipl.-Ing. Ulrich Borchardt
[5]	Evaluierung der vorliegenden Daten, Ergebnisse und Entscheidungen zur Verfüllung Mühlenberg (Schermbeck/Hünxe) aufgrund der illegalen Einlagerung von Ölpellets – Abschlussbericht	2020	Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH u. ICP Braunschweig GmbH
[6]	Zusammenfassender Abgrabungsplan für die Abgrabung in den Gemeinden Schermbeck und Hünxe, Gemarkung Gartrop-Bühl und Gahlen. Genehmigung H. 60-1/66.38.03, Änderungsbescheid vom 13.12.1999	1999	Kreis Wesel
[7]	Zusammenfassender Abgrabungsplan für die Abgrabungen in den Gemeinden Hünxe und Schermbeck, Gemarkung Gartrop-Bühl, Flur 4, Flurstück 15 tlw. und Gahlen, Flur 8, Flurstück 174 und 256. Änderungsbescheid vom 07.08.2007	2007	Kreis Wesel
[8]	Besprechung am 22.05.2019 zwischen dem Kreis Wesel, der Bezirksregierung Düsseldorf, dem MLUNV, dem LANUV und der ahu GmbH im Kreishaus Wesel - Thema: Gutachten der ahu AG zur Untersuchung des Sickerwassers in der Verfüllung Mühlenberg. Aktenvermerk	2019	Kreis Wesel
[9]	Ordnungsverfügung vom 05.08.2019 zum Vorhaben „Überwachung des Sickerwassers in der Verfüllung Mühlenberg“ (AZ. 605/00925/19)	2019	Kreis Wesel
[10]	Untersuchung des Sickerwassers in der Verfüllung Mühlenberg, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG – Bewertung der Untersuchungsergebnisse 2017 bis August 2020, Abschlussbericht	2020	ahu GmbH

2.2 Sickerwasserfassungen und Sickerwassermessstellen

Die Verfüllung des Standortes Mühlenberg-Süd wurde im Jahr 2016 beendet und die Oberfläche im Sommer 2020 abschließend mit einer Oberflächenabdichtung versehen. Die zuletzt aufgebrachte Oberflächenabdichtung im 2. Bauabschnitt des Verfüllbereichs der Abgrabung Mühlenberg wurde in der Zeit von April 2019 bis Juli 2020 hergestellt.

Die Lage der Schächte und der Sickerwassermessstellen ist in Abbildung 1 dargestellt.

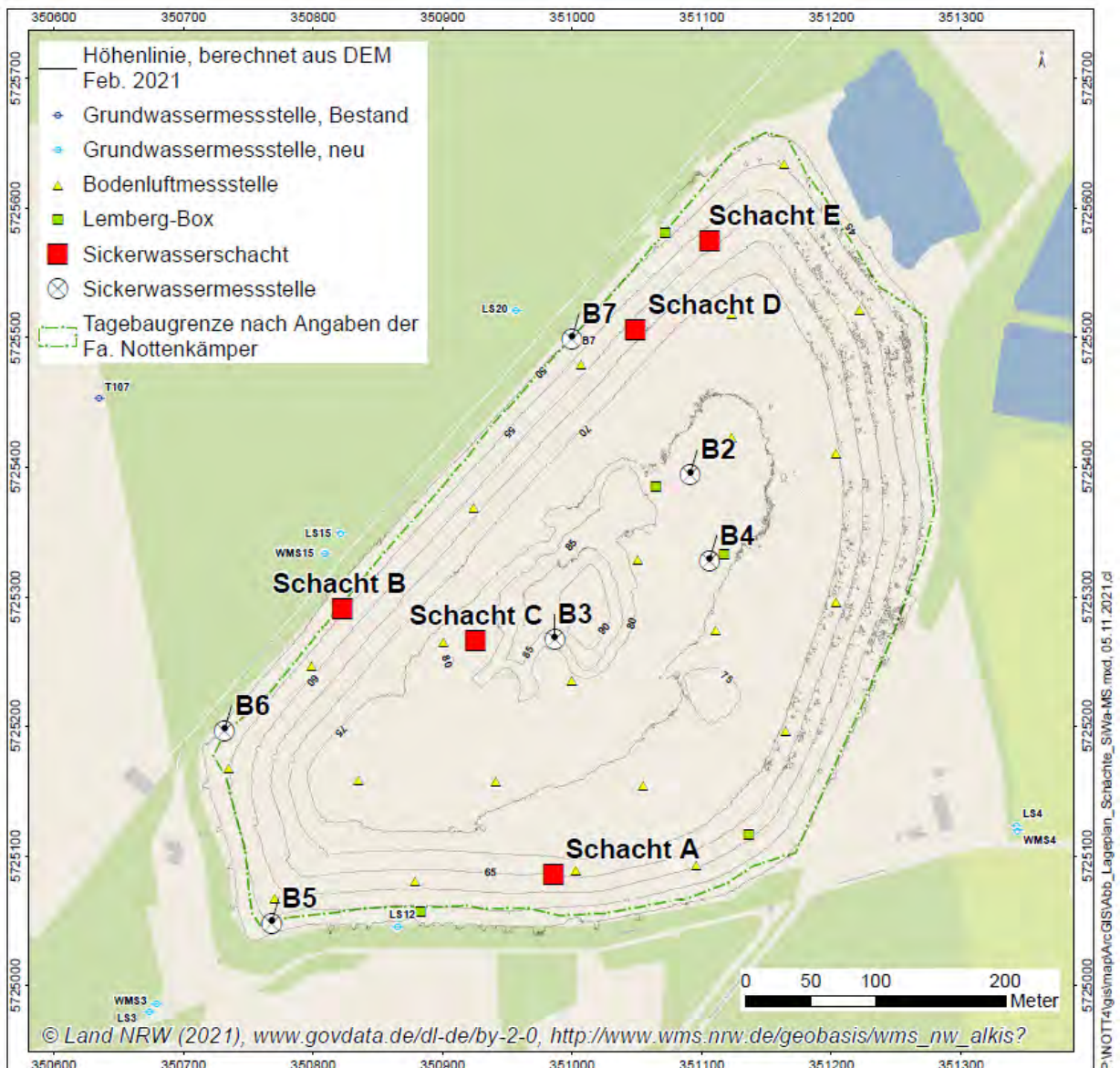


Abb. 1: Lage der Sickerwasserfassungen und der Sickerwassermessstellen

Die verfügbaren Informationen zu den Sickerwasserschächten und Sickerwassermessstellen sind, soweit bekannt, in Tabelle 2 enthalten (Koordinatensystem UTM 32N).

Tab. 2: Verfügbare Informationen zu den Sickerwasserfassungselementen und Sickerwassermessstellen

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	MPH	Ausbautiefe ¹	Filterbereich	Ausbautiefe = Sohle Verfüllung ²	Ausbau-durchmesser
			mNN	m u. GOK	m u. GOK	mNN	mm
B2	351090,9	5725393,9	77,82	45,4	41,4-45,4	32,42	DN80
B3	350986,8	5725266,8	77,327	42,0	37,5-42,0	35,94	DN80
B4	351105,8	5725327,6	77,94	42,3	38,3-42,3	35,027	DN150
B5	350768,6	5725049,3	52,592	7,5	46,6-48,8	46,60	DN125
B6	350731,6	5725196,5	52,334	6,5	1-6,5	45,5	DN125
B7	350999,7	5725499,1	53,26	9	7-9	45,7	DN125
Schacht A	350986,3	5725085,4	65,59	ca. 36	unbekannt	ca. 35	>DN1.000
Schacht B	350823,2	5725290,4	55,46	ca. 25	unbekannt	ca. 30	>DN1.000
Schacht C	350925,7	5725265,7	77,24	ca. 47	unbekannt	ca. 30	>DN1.000
Schacht D	351048,8	5725506,0	63,3	ca. 31	unbekannt	ca. 32,5	>DN1.000
Schacht E	351106,1	5725573,8	58,1	ca. 26	unbekannt	ca. 32,5	>DN1.000

Die Messstellen haben einen Durchmesser von DN80 (B2, B3) bzw. DN150 (B4). Die Schächte sind mit Schachtringen > 1 m ausgebaut. Die Ausbautiefen der Schächte zur Sickerwasserentnahme sind trotz mehrfacher Versuche zur Tiefenlotung (vermutlich aufgrund der eingebauten Pumpen inkl. Halterungen / Ketten und Schachtritten) nicht ermittelbar und daher der ahu GmbH zum Zeitpunkt der Auswertung nicht bekannt. Die Einbautiefen der Sickerwasserpumpen sind nicht bekannt. Daher wird die Annahme getroffen, dass sie jeweils ca. 1 m über der Sohle der jeweiligen Schächte eingebaut sind.

Die Sickerwassermessstelle B5 wurde im Zuge einer Suchgrabung nach einem Kabel im Frühjahr 2021 erstellt. Angaben zu den angetroffenen Schichten und zum Aufbau des Untergrundes liegen der ahu GmbH nicht vor. Die uns bekannten und mitgeteilten Ausbaudaten sind in Tabelle 2 angegeben. Die Sickerwassermessstellen B6 und B7 wurden begleitend zum Anlegen der Suchschürfe angelegt.

- ¹ Angaben sind Schätzungen unter Zugrundelegung nicht gesicherter Annahmen, die Ungenauigkeiten liegen im Bereich +/- 1 m.
- ² Die Abbildung 2 zeigt, dass nur im Nahbereich der Schächte A und E Informationen zur Höhenlage der Sohle aus den Berichten zur Überprüfung der Dichtigkeit der Sohle vorhanden sind, nämlich in jeweils rund 15 m Entfernung bei Schacht A (Sohle bei 35 mNN) und bei Schacht E (Sohle bei 32,5 mNN).

Die Sohle der Abgrabung weist eine ausgeprägte Morphologie mit nachgewiesener Sohlage zwischen minimal 29,5 mNN und maximal 38,5 mNN auf.

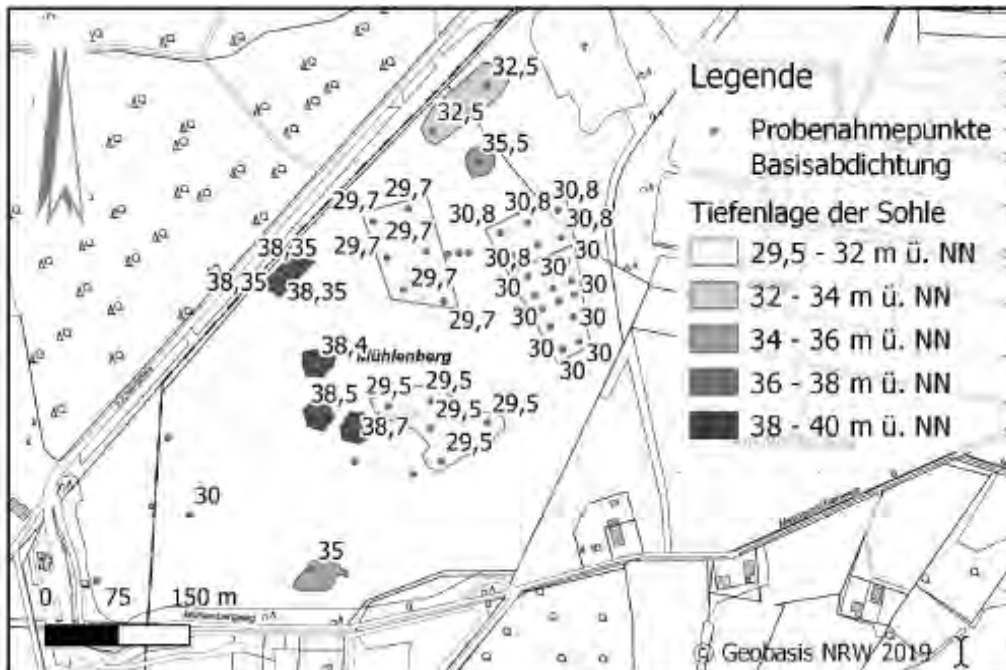


Abb. 2: Darstellung der Probenahmepunkte an der Sohle und Höhenlage an der Sohle (mNN) (aus [5], Abb. 15)

Ausgehend von der Messpunkthöhe der Schächte und der Tiefenlage der Abgrabung (Kerth et al. 2020, vgl. Abb. 2) und unter der Annahme, dass die Schächte jeweils auf der zum Zeitpunkt der Errichtung vorhandenen Sohle der Abgrabung errichtet wurden, ergeben sich die in Tabelle 2 abgeschätzten ungefähren Endausbautiefen der Sickerwasserschächte A bis E.

3 PUMPVERSUCHSABLAUF UND RANDBEDINGUNGEN

3.1 Pumpversuchskonzept

Vorgesehen war folgende Vorgehensweise:

Im Rahmen der Pumpversuche sollten stufenweise definierte Pumpleistungen eingestellt und bis zum Erreichen eines konstanten Niveaus (Beharrung) konstant gehalten werden. Nach Abschluss einer Pumpstufe sollte die Pumpleistung auf die nächste Stufe erhöht und wie in der vorherigen Stufe verfahren werden. Probenahmen für die chemischen Analysen waren vor Beginn der ersten Stufe und zum Ende einer jeden Stufe vorgesehen.

Die Pumpversuche sollten über insgesamt max. sechs Monate mit jeweils drei Leistungsstufen gefahren werden.

Die Pumpstufen wurden wie folgt angesetzt:

- Sickerwassermessstelle B4: 0,3 m³/h // 0,6 m³/h // 0,9 m³/h
- Schacht A, B, D, E: 0,5 m³/h // 1 m³/h // 3 m³/h
- Schacht C: 1 m³/h // 2 m³/h // 4 m³/h

Die Dauer der einzelnen Pumpstufen richtete sich nach dem Zeitpunkt des Erreichens des Beharrungszustands.

3.2 Durchgeführte Pumpversuche

Die Pumpversuche wurden im Zeitraum November 2020 bis März 2021 durchgeführt. In der zwischenzeitlich errichteten Sickerwassermessstelle B5 wurde ebenfalls ein Pumpversuch durchgeführt. In Tabelle 3 (s. u.) sind die durchgeführten Pumpversuche in den einzelnen Sickerwasserschächten dargestellt. Die detaillierten Zeiten und Mengen sind in Dokumentation 4 enthalten.

Während der Pumpversuche wurde insgesamt ein Volumen von ca. 1.000 m³ Sickerwasser aus dem Sickerwasserfassungssystem entnommen. Zu berücksichtigen sind die deutlich unterschiedlichen Ergiebigkeiten der einzelnen Entnahmehauwerke, die sich erst im Verlauf einzelner Pumpstufen ergaben.

Die häufigeren Pumpenausfälle (vgl. Tab. 3) wurden i. W. verursacht durch temporäre und zeitweise länger andauernde Stromausfälle, defekte Pumpen oder Steuereinrichtungen, vereinzelt durch Witterungseffekte (unter dem Gefrierpunkt liegende Außentemperaturen).

Tab. 3: Pumpversuchsumsetzung

Bezeichnung	Durchführung von bis	Anzahl der Pumpstufen	Bemerkung
Schacht A	08.04.2021-30.04.2021	2 (0,5 und 0,4 m ³ /h)	Pumpenausfall zwischen 16.04. und 20.04.2021
Schacht B	03.02.2021-25.02.2021	3 (0,5, 1 und 1,3 m ³ /h)	Pumpenausfall zwischen 06.02. und 16.02.2021
Schacht C	07.12.2020-20.01.2021	3 (1, 2 und 1,3 m ³ /h)	Pumpenausfall zwischen 22.12. und 04.01.2021
Schacht D	11.03.2021-24.03.2021	5 (0,3, 0,2, 0,4, 0,45, 0,5 m ³ /h)	Pumpenausfall zwischen 19.03. und 22.03.2021
Schacht E	24.03.2021-01.04.2021	4 (0,25, 0,45, 0,6, 0,7 m ³ /h)	-
B4	17.11.2020-30.11.2020	2 (0,18, 0,15 m ³ /h)	Pumpenausfall zwischen 17.11. und 23.11.2021
B5	10.05.2021-20.05.2021	1 (0,18 m ³ /h)	

3.3 Messtechnische Überwachung

Die hydraulische Überwachung erfolgte mittels Datenloggern in den Messstellen und den Sickerwasserschächten. Zur Messung der Leitfähigkeiten, pH-Werte, Temperaturen und Wasserstände mittels Multiparametersonden sowie der Fördermengen wurde ein IDM (induktives Durchflussmessgerät) installiert. Die Messungen selbst wurden in einer Durchflusszelle an der Geländeoberfläche über einen Bypass des Förderstroms durchgeführt (Messwerte vgl. Dok. 5). Zu berücksichtigen sind äußere Einflüsse auf die Messwerte (Außentemperaturen, Witterung).

Für die Speicherung und Visualisierung der Vor-Ort-Parameter wurde ein Gerät der Fa. mikromec® logger verwendet.

Die Sickerwassermessstellen B2, B3 und B4 wurden im Rahmen der Pumpversuche mit separaten Datenloggern zur Messung der Wasserstände ausgerüstet.

Die Messgenauigkeit der IDM liegt erfahrungsgemäß bei ca. 5 bis 10 % der jeweiligen Fördermengen. Problematisch und messgenauigkeitsmindernd sind in diesem Zusammenhang die Messfehler bei lediglich teilgefüllten Rohren. Durch entsprechende Reduzierungen der Durchmesser konnte jedoch auch bei den niedrigen Fördermengen jeweils eine korrekte Messbedingung mit Ergebnissen innerhalb des o. a. Messfehlers gewährleistet werden.

Die Messgenauigkeiten der Datenlogger liegen im Bereich +/- 1mm, d. h. relative Änderungen werden in diesem Bereich erfasst. Die absolute Genauigkeit ist allerdings eine unmittelbare Funktion der Genauigkeit der zur Einstellung genutzten Handmessungen mittels Lichtlot (+/- 1 cm mit den bekannten Ungenauigkeiten bei der Messung durch hohe Leitfähigkeiten, die mehrfache Messun-

gen und einen Abgleich mit mechanischen Messmethoden (Brunnenpfeife) erforderlich machten.

Die eingestellten Messintervalle waren wie folgt:

Tab. 4: Messintervalle

Bezeichnung	Messintervalle
Sickerwasserschächte	Während des Pumpversuchs jeweils minütlich, sonst stündlich
Sickerwassermessstellen	5-minütlich während der Pumpversuche, sonst stündlich bzw. alle 12 Stunden
Multiparametersonden für Leitfähigkeiten, pH-Werte, Temperaturen	während des Pumpversuchs jeweils minütlich

In den umgebenden LS-Grundwassermessstellen sind Datenlogger in die LS3, LS4, LS12, LS15 und LS20 eingebaut, die Ganglinien wurden jedoch im Rahmen des Sickerwasserpumpversuchs nicht ausgewertet. Die Zusammenstellung und Auswertung aller Daten, auch der Daten der neuen Grundwassermessstellen erfolgt im Rahmen der Gesamtgefährdungsabschätzung.

3.4 Hydrochemische Überwachung

Die hydrochemische Überwachung erfolgte gemäß Pumpversuchskonzept unter Berücksichtigung der Pumpenbetriebs- und Ausfallzeiten sowie der einzelnen Pumpstufen. Die Beprobungen und der Analysenumfang wurden wie folgt ausgeführt (s. Tab. 5).

Tab. 5: Hydrochemische Überwachung

Bezeichnung	Beprobungen am	Analysenumfang
Schacht A	08.04.2021 30.04.2021	PAK BTXE ICKW
Schacht B	03.02.2021 22.02.2021	KW-GC Hauptinhaltsstoffe (Na, Cl, SO ₄ , NH ₄)
Schacht C	07.12.2020 14.12.2020 22.12.2020 20.01.2021	DOC CSB Schwermetalle (Pb, Cd, Cr _{ges} , Cr _{VI} , Cu, Ni, Zn, Hg, As, Ti, V) Fe ²⁺
Schacht D	11.03.2021 24.03.2021	Mn Molybdän
Schacht E	24.03.2021 01.04.2021	Cyanide ges. und leicht freisetzbar
B4	17.11.2020 30.11.2020	zweifach in allen Schächten: PFAS
B5	30.04.2021 21.05.2021	

An den Messstellen B6 und B7 wurden bis dato noch keine Sickerwasseranalysen durchgeführt.

3.5 Niederschläge

Die Niederschlagsdaten an der Station Dinslaken sind in Abbildung 3 (Gesamtzeitraum und Ausschnitt ab Oktober 2020, s. u.) dargestellt.

Die Monatsniederschläge liegen zwischen 30 und max. 120 mm/Monat. Die Niederschlagssummen der Monate liegen im Bereich der üblichen Größenordnungen für die Messstation Dinslaken.

Aufgrund der Abdichtung der Verfüllung ist davon auszugehen, dass die Niederschlagsereignisse für die hydraulische Auswertung des Pumpversuchs nicht relevant sind. Aufgrund der Abdichtungen und des bereichsweise eventuell halbgespannten Regimes in Teilen der Verfüllung macht sich der Niederschlag möglicherweise durch „Druckstöße“ bemerkbar. Zudem zeigt die Langzeitbeobachtung, dass auch die Niederschlagsmengen keinen direkten Einfluss auf die abgefahrenen Sickerwassermengen haben, was darauf hindeutet, dass kein direkter Zusammenhang zwischen Niederschlagshöhe und dem Wasserstand in den Schächten besteht.

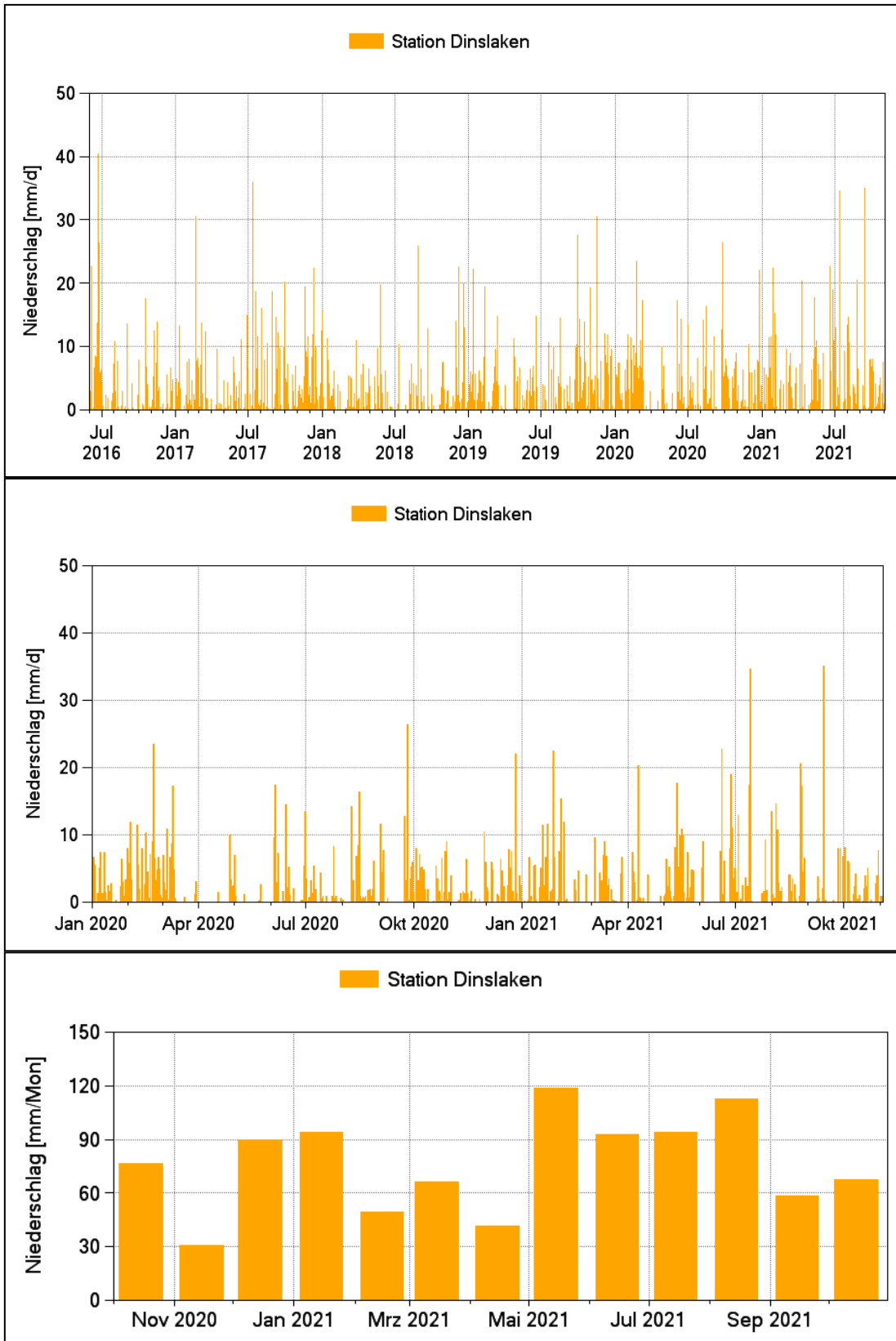


Abb. 3: Niederschlagssummen

4 GRUNDSÄTZLICHE CHARAKTERISIERUNG DES SYSTEMS

Die Verfüllung liegt innerhalb einer ehemaligen Tongrube, in der die Lintforter Schichten abgebaut wurden. Die Verfüllung ist nach Angaben der Fa. Nottenkämper in bestimmte Verfüllabschnitte gegliedert. Die Sohle der Abgrabung weist eine ausgeprägte Morphologie mit nachgewiesener Sohllage zwischen minimal 29,5 mNN und maximal 38,5 mNN auf; es ist aber nicht von einer Aufteilung in einzelne, durch Rippen aus stehengelassenem Ton begrenzte „Becken“ auszugehen. Ton wurde im Bereich von Zufahrtsrampen stehengelassen, wobei diese Rampen zum Abgrabungstiefsten hin jeweils abfallen. Die Lage dieser Rampen ist im Detail nicht bekannt. Auf einer wahrscheinlich nicht flächendeckend vorhandenen Schicht aus durchlässigem Drainagematerial (Schlacken) wurde ein heterogener Abfallkörper abgelagert. Fraglich bzw. zu klären ist, ob bereichsweise eine Zwischenabdichtung auf der Höhe der ehemaligen Geländeoberfläche ausgebildet ist. Die Ausbildung des Sickerwasserfassungssystems an der Basis der ehemaligen Tongrube (z. B. Lage und Höhe der Sickerstränge, Abgrenzungen einzelner Bereiche, welcher Bereich zu welchem Schacht entwässert) ist uns nicht bekannt. Nach Angaben der Fa. Nottenkämper sind im Bereich des Schachts C sog. „Speicherkörper“ gebaut worden, deren Ausbildung jedoch ebenfalls unbekannt ist. Außerdem sind die Höhenverhältnisse an der Basis der Verfüllung unklar. Dies erschwert die Interpretation der Messdaten.

Hinweise auf den flächenhaften Einbau einer Entwässerungsschicht gibt es nicht. Aus den vorliegenden Dokumentationen der punktuellen Aufschlüsse der Bohrungen B2 bis B4, die die Basis der Verfüllung erreicht haben, ergeben sich keine Belege für das Vorhandensein einer als entwässernd wirkenden Schicht aus grobkörnigem mineralischem Material ohne relevante Feinanteile. Unklar ist, inwieweit Dränleitungen verlegt und an die Sickerwasserschächte angeschlossen wurden.

Zur Beobachtung des Sickerwassers sind auf der Verfüllung Mühlenberg derzeit fünf Sickerwasserschächte (Schächte A bis E) und sechs Sickerwassermessstellen vorhanden, von denen drei bis auf die Basis der Verfüllung reichen (B2 bis B4). Die drei Sickerwassermessstellen B5 bis B7 sind unvollkommen ausgebaut und dienen vornehmlich der Beobachtung der Sickerwasserstände in Zusammenhang mit den Wasserständen im Randgraben und möglicher schwebender Horizonte bzw. einer ggf. vorhandenen Zwischenabdichtung.

Die Beprobung des Sickerwassers erfolgt seit Februar 2017 vierteljährlich an allen o. g. Sickerwasserschächten und Sickerwassermessstellen. Dabei wurden die Sickerwassermessstellen zunächst gepumpt bzw. geschöpft (B3 und B4). Der behördlich festgelegte Parameterumfang umfasst die Parameter BTEX, Kohlenwasserstoffe, DOC, CSB und Schwermetalle sowie Cyanide, Molybdän, PAK und LHKW (s. Tab. 6).

Tab. 6: Parameterumfang

Parameter	SiWa-Schächte (Schacht A-E) und SiWa-Messstellen (B2, B3, B4)
Vor-Ort-Parameter	X
CSB	X
DOC	X
Chlorid, Natrium, Sulfat, Ammonium	X
Cyanide (gesamt und leicht freisetzbar)	X
MKW	X
PAK	X
BTEX	X
LHKW	X
Schwermetalle (As, Pb, Cd, Cr, CrVI, Cu, Ni, Hg, Ti, V, Zn)	X
Molybdän	X

Die Sickerwasserstände werden automatisch aufgezeichnet. In die im Jahr 2021 neu errichteten Sickerwassermessstellen B5, B6 und B7 wurden im Juli 2021 Datenlogger eingebaut und auf stündliche Messungen eingestellt.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Langzeitentwicklung der Wasserstände dargestellt.

4.1 Sickerwasserstände

Die **Wasserstände in den Sickerwassermessstellen** werden für die Langzeitbeobachtung mittels Datenloggern kontinuierlich alle 12 h (halbtäglich³) aufgezeichnet und sind als Ganglinien in Abbildung 4 dargestellt.

Die Ganglinien der Messstellen **B2** und **B4** verlaufen parallel, wobei die Werte an beiden Messstellen um jeweils ca. +/- 0,2 bis 0,3 m schwanken und insgesamt leicht ansteigen (rd. 0,3 bis 0,35 m/a).

Es ist zudem erkennbar, dass die Ganglinien an der B2 und auch an der B4, wenn auch etwas geringer und verzögert zu B2, ab ca. dem Jahr 2019 abflachen. Zu Beginn der Loggeraufzeichnungen (Dez. 2016) lag die Differenz der Wasserstände zwischen B2 und B4 bei ca. 0,28 m, aktuell bei ca. 0,8 m. Der Wasserstand in B2 liegt aktuell bei rd. 42,3 mNN, in B4 bei rd. 43,1 mNN.

³ Zur grundsätzlichen Beachtung: In den jeweiligen Gutachten werden je nach Fragestellung und Anforderungen an die Aussagekraft verschiedene Skalierungen auf den Zeit- und Werteachsen verwendet. Das ist beim Vergleich älterer und neuerer Abbildungen zu beachten.

(Anmerkung: Die Datenlücke in den Messungen B2 ist durch einen Defekt des Loggers begründet. Der Logger wurde repariert, bereits aufgezeichnete Daten konnten jedoch rückwirkend nicht wiederhergestellt werden.)

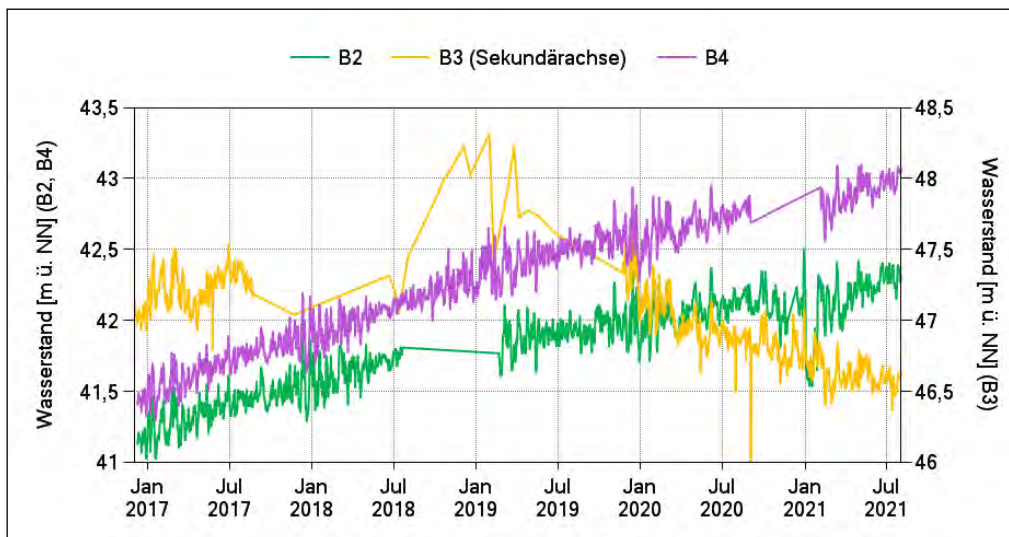


Abb. 4: Ganglinien der Sickerwassermessstellen (Darstellung der Loggerdaten

Ausnahmen:

B3: Hier liegen zwischen August 2017 und Dezember 2019 ausschließlich Handmessungen der Fa. Nottenkämper vor.

B4: Pumpversuchsdaten wurden nicht dargestellt wegen abweichender Skalierung (Werte zwischen 36 und 38 mNN).

Ende des Jahres 2019 wurden die in den Messstellen verbauten Logger gegen korrosionsbeständige Titanlogger mit PE-Kabelummantelung ausgetauscht, um weitere Loggerausfälle zu vermeiden.

Der Wasserstand in **B3** liegt mit aktuell knapp 46,7 mNN deutlich höher. Zu Beginn der Aufzeichnung verlief der Trend parallel zu B2 und B4 (Anstieg: 0,35 m/a), allerdings mit deutlicheren Schwankungen. In der Zeit von August 2017 bis November 2019 war hier kein Logger verbaut, da bereits nach kurzer Betriebszeit ein irreparabler Defekt am Logger aufgetreten war. In Abstimmung mit der Behörde wurden stattdessen monatliche Handlotungen vorgenommen. Seitdem auch hier wieder ein Logger verbaut ist, zeigt sich ein deutliches Absinken des Wasserstandes ab Anfang 2019 (in den Jahren 2020 und 2021 ca. 0,5 bis 1 m/a). Das Absinken des Sickerwasserstandes setzt sich fort, die absoluten Tiefststände werden im Juli 2021 erreicht.

Die Ganglinienverläufe werden im Mai 2022 nochmals intensiv und hochaufgelöst ausgewertet und hinsichtlich der möglichen Einflüsse von äußeren Ereignissen (z. B. Niederschlägen) bewertet und interpretiert.

Anmerkung: Aufgrund der hohen Salzgehalte des Sickerwassers ist eine Handlotung mit dem Lichtlot schwierig und fehlerbehaftet. Das Lichtlot „klebt“ ab einer gewissen Einhängetiefe an der Wandung der Messstelle und reagiert mit dem an der Rohrwand anhaftenden Wasser, welches ebenfalls höher mineralisiert

ist; nach Eintauchen in das Sickerwasser bleibt die Leuchte bzw. der Signalgeber dauerhaft an. Die handgemessenen Werte sind daher nur mit Einschränkungen nutzbar und müssen entsprechend sorgfältig durchgeführt werden. Insbesondere die Messungen zu den Zeitpunkten der Probenahmen sind ggf. fehlerhaft.

Die **Wasserstände in den Sickerwassermessstellen B5 bis B7 (Neuerrichtung in 2021)** werden seit Juli 2021 mittels Datenloggern kontinuierlich im Tagesintervall aufgezeichnet und sind als Ganglinien in Abbildung 5 (Tagesmittelwerte) dargestellt.

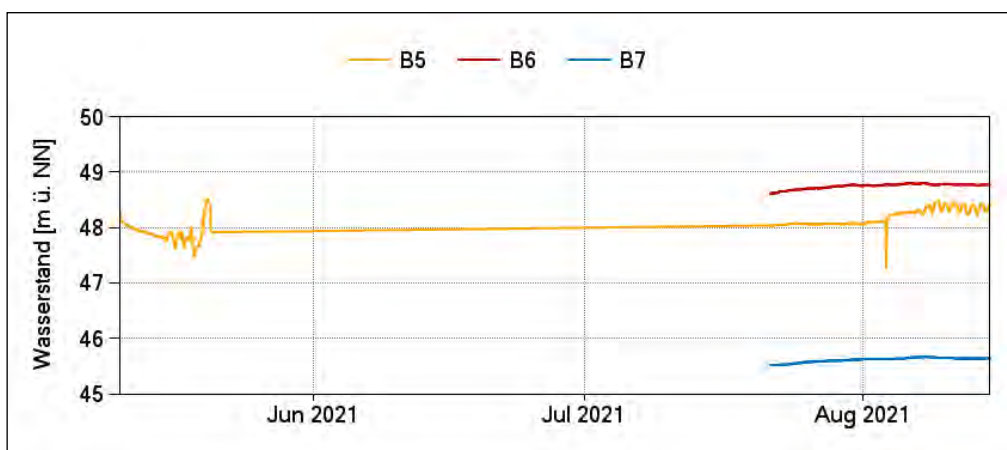


Abb. 5: Ganglinien der Sickerwassermessstellen B5 bis B7

Der bisher kurze Beobachtungszeitraum bis Ende August 2021 zeigt nur geringe Veränderungen. Bisher sind in geringem Umfang ansteigende Sickerwasserstände an allen drei Sickerwassermessstellen festzustellen, die aber noch nicht langfristig quantifizierbar sind und weiter beobachtet werden.

Der Sickerwasserspiegel in der Messstelle B5 liegt bei rund 48 mNN, die Grabensohle im Bereich Schurf 1 bei ca. 46,80 mNN.

Der Sickerwasserspiegel in der Messstelle B6 liegt nach der Darstellung bei rund 49 mNN, die Grabensohle im Bereich Schurf 1 bei 48,62 mNN.

Der Sickerwasserspiegel in der Messstelle B7 (Schurf 2) liegt bei rund 45,5 bis 45,6 mNN mit insgesamt ansteigendem Trend, der Wasserspiegel im Graben nach der Schurfdokumentation bei 46,18 mNN, die Grabensohle bei ca. 46 mNN.

Die weitere Bewertung v. a. hinsichtlich möglicher Ursachen der höheren Sickerwasserspiegel erfolgt, sobald längere Messreihen vorliegen.

Die Ganglinien der Schächte A bis E sind in Abbildung 6 dargestellt.

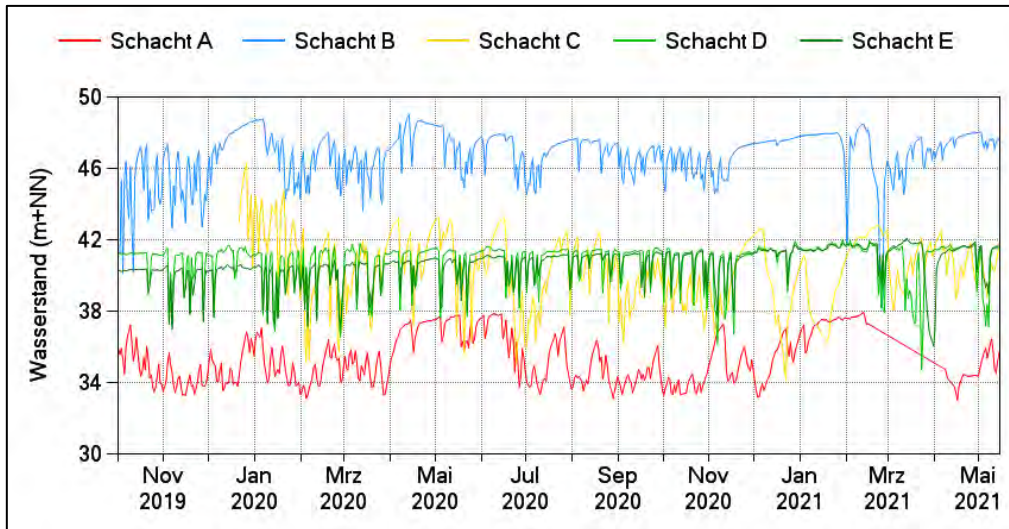


Abb. 6: Ganglinien der Wasserstände in den Sickerwasserschächten

Die Höhen der Ruhewasserstände differieren deutlich zwischen dem Schacht A⁴ (ca. 37 mNN) und den Schächten B⁵ bis E (um 40,5 bis 42 m)⁶. Bei Inbetriebnahme der eingebauten Pumpen werden die Schachtwasserspiegel um 3 bis 7 m (Schacht A) bzw. bis max. 11 m (Schacht D) abgesenkt.

Der Wiederanstieg erfolgt innerhalb eines Tages bzw. im Verlauf mehrerer Tage, was von den Abpumpmengen und -laufzeiten eines Entnahmevergangs abhängig ist. Ein kontinuierliches Abpumpen mit geringeren Förderraten ist derzeit technisch nicht möglich, da das abgepumpte Wasser per Tankcluster zur Reinigungsanlage gefahren werden muss.

Die Ganglinie des Schachts E zeigt gegenüber dem Schacht D einen ansteigenden Ruhewasserstand (ca. 0,9 m/a). Die Ganglinien der übrigen Schächte zeigen diesen Anstieg nicht.

Ein deutlicher Trend in Richtung deutlich abnehmender Ruhewasserstände ist bisher nicht festzustellen.

Erkennbar sind die während der Pumpversuche an den Schächten teilweise deutlich höheren Absenkungen durch zeitweise gesteigerte Entnahmeraten aus den jeweiligen Bauwerken. Die Details sind im Folgekapitel zur Pumpversuchsauswertung beschrieben.

⁴ Schacht A: Datenverlust Logger zwischen Mitte Februar 2021 und Mitte April 2021

⁵ Schacht B: Die Sickerwasserstände wurden im Zeitraum 30.03.2020-06.01.2021 um 5,80 m nach oben korrigiert. Die Ursache für die in älteren Berichten dokumentierten niedrigeren Wasserstände ist auf ein Abrutschen des Sondenkabels des eingeschlaufenen Datenloggers zurückzuführen.

⁶ Nach Neuvermessung der Höhen haben sich insbesondere die enormen Höhenabweichungen der Schächte D und E nicht bestätigt.

4.2 Chemische Untersuchungen des Sickerwassers

Die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen in den Sickerwassermessstellen und -schächten sind auf der Grundlage und in dem bekannten Format der bisherigen Berichte fortgeführt und in Anlage 2 für den Zeitraum 2015 bis 2021 tabellarisch zusammengestellt. Parameterspezifische Einzeldarstellungen sind zudem in den Anlagen 3 (Chlorid und Sulfat) und 4 (Ammonium und DOC) sowie Anlage 5 (Schwermetalle) in Karten dargestellt.

Die Beschreibungen beziehen sich aus Gründen der besseren Nachvollziehbarkeit auf den Gesamtzeitraum der Beobachtung, ggf. ergänzt um abweichende Entwicklungen im aktuellen Untersuchungszeitraum 2021 und um die während der Pumpversuche erhobenen Daten.

Die Probenahmeprotokolle und Analysenberichte sind in Dok. 1 und Dok. 2 abgelegt.⁷

Lesehinweis zu Dokumentation 2:

Analysenbericht	Datum	Inhalt	Anzahl Proben
AR-21-JA-003699-01.pdf	12.07.2021	Schächte A bis E SWM B2-B5	9
AR-21-JA-002667-01.pdf	30.04.2021	Schächte A bis E SWM B2-B5	9
AR-21-JA-002494-01.pdf	21.05.2021	B5	1
AR-21-JA-001716-01.pdf	08.04.2021	Schacht A	1
AR-21-JA-001607-01.pdf	01.04.2021	Schacht E	1
AR-21-JA-001487-01.pdf	24.03.2021	Schacht D	1
AR-21-JA-001468-01.pdf	24.03.2021	Schacht E	1
AR-21-JA-001246-01.pdf	08.03.2021	Schacht D	1
AR-21-JA-000887-01.pdf	22.02.2021	Schacht B	1
AR-21-JA-000656-01.pdf	04.02.2021	Schacht B	1
AR-21-JA-000471-01.pdf	20.01.2021	Schacht C	1
AR-21-JA-000182-01.pdf	22.12.2020	Schacht C	1
AR-20-JA-006514-01.pdf	07.12.2020	Schacht C	1
AR-20-JA-006510-01.pdf	14.12.2020	Schacht C	1
AR-20-JA-006244-02.pdf	30.11.2020	B4	1
AR-20-JA-006043-01.pdf	18.11.2020	B4	1

⁷ Die teilweise abweichenden Nomenklaturen hinsichtlich der untersuchten Medien (Wasser/Abwasser) in den Berichten AR-21-JA-000887-01, AR-21-JA-001468-01 und AR-21-JA-001487-01 sind Bezeichnungsfehler, alle Proben wurden als Abwasser untersucht, d. h. einschließlich der suspendierten Feststoffe, ohne Filtration, aber mit Fixierung durch Ansäuerung.

4.2.1 Sickerwasserschächte

Die Chemie des Sickerwassers in den Schächten zeichnet sich weiterhin durch hohe elektrische **Leitfähigkeiten** (bis 15.540 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und hohe **Chlorid- und Sulfatkonzentrationen** mit bis 4.190 mg/l bzw. 2.400 mg/l aus, wobei die Maximalwerte insbesondere in Schacht D festgestellt werden (vgl. Abb. 7 und 8).

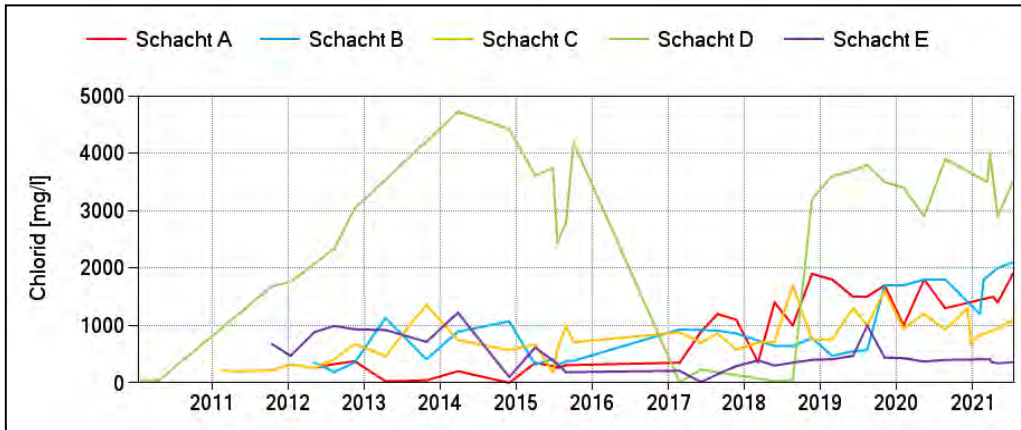


Abb. 7: Ganglinien der Chloridkonzentrationen in den Schächten

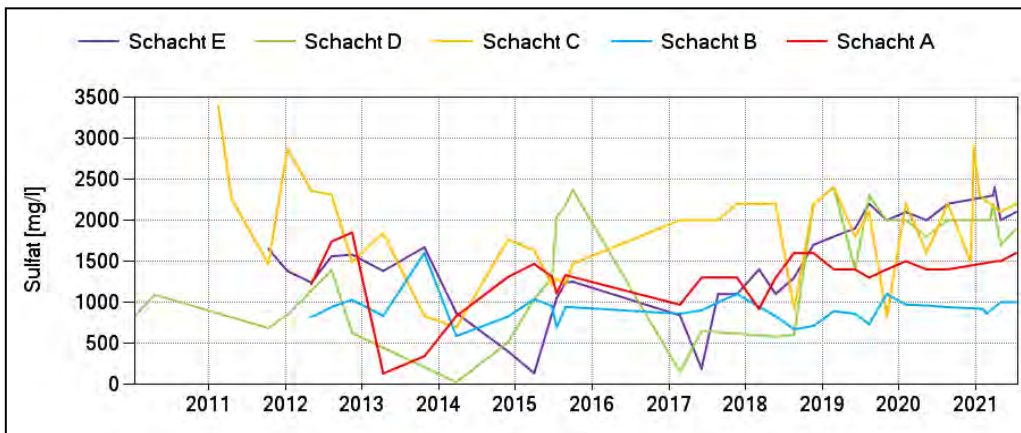


Abb. 8: Ganglinien der Sulfatkonzentrationen in den Schächten

Auffällig sind in Schacht D temporär geringe Chloridkonzentrationen im Zeitraum Anfang 2017 bis Mitte 2018 sowie deutlich geringere Leitfähigkeiten von Mitte 2015 bis Mitte 2018. Alle übrigen Schächte schwanken weiterhin hinsichtlich der Parameter Chlorid, Sulfat und el. Leitfähigkeit (Abb. 9) auf einem ähnlichen Niveau.

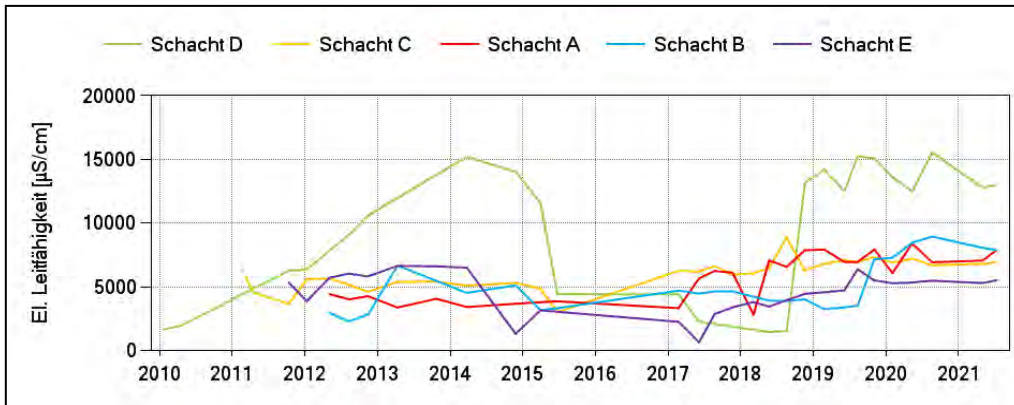


Abb. 9: Ganglinien der el. Leitfähigkeit in den Schächten

Die im Rahmen der Pumpversuche ermittelten Leitfähigkeiten sind grundsätzlich gut vergleichbar. In Schacht D bestätigen die Messungen die grundsätzlich höheren und schwankenden Werte zwischen 1.000 µS/cm und 15.000 µS/cm.

In Schacht B zeigt sich seit Ende 2019 ein Anstieg der Chlorid- und Natriumkonzentrationen (einhergehend mit Verdopplung der el. Leitfähigkeit) gegenüber den früheren Werten (Abb. 10). In Schacht B sinken die Chlorid- und Natriumkonzentrationen pumpversuchsbedingt ab, steigen aber anschließend über das Ursprungsniveau an.

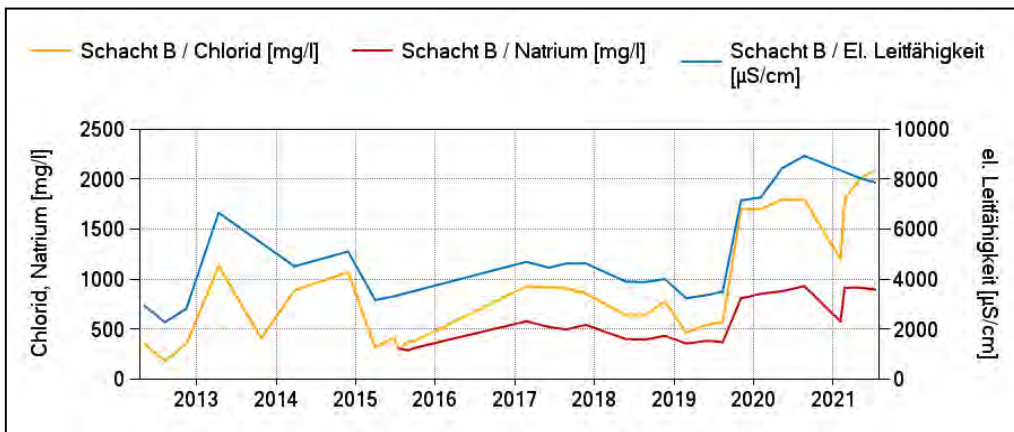


Abb. 10: Ganglinien der Salze in Schacht B

Innerhalb der drei Untersuchungsjahre wurden in allen Proben weder **Mineral-ölkohlenwasserstoffe** noch **LHKW** nachgewiesen. **BTEX** wurden vereinzelt in geringer Konzentration $<3 \mu\text{g/l}$ (Ausnahme: einmaliger Wert aus dem Jahr 2017: $11,6 \mu\text{g/l}$ in Schacht E) festgestellt. **Cyanide** werden dauerhaft in den Schächten A und D mit max. $0,36 \text{ mg/l}$ festgestellt. Der leicht freisetzbare Anteil liegt ausnahmslos unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Die Konzentrationen der seit August 2019 untersuchten PAK (EPA) sind in allen Schächten mit max. $3,9 \mu\text{g/l}$ gering.

In der Vergangenheit war der **Schacht D** im Vergleich zu den anderen Schächten wegen seiner geringen Sauerstoffgehalte $<6 \text{ mg/l}$, seiner besonders hohen Leitfähigkeit mit z. T. $>10.000 \text{ } \mu\text{S/cm}$ und seiner sehr hohen Chloridkonzentrationen $>2.000 \text{ mg/l}$ auffällig (vgl. [1], Tab. 1).

Dies bestätigte sich bei den Folgebeprobungen in den Jahren 2017/2018 zunächst nicht: Die Chemie in Schacht D war vergleichbar mit der Chemie in den übrigen Schächten. Seit der Beprobung im November 2018 werden jedoch wie zuvor in **Schacht D** auch für CSB, DOC und Ammonium wieder dauerhaft vergleichbar hohe Werte nachgewiesen (vgl. Abb. 11). Die übrigen Schächte zeigen hierbei weiterhin, auch während der jeweiligen Pumpversuche, keine deutlichen Auffälligkeiten.

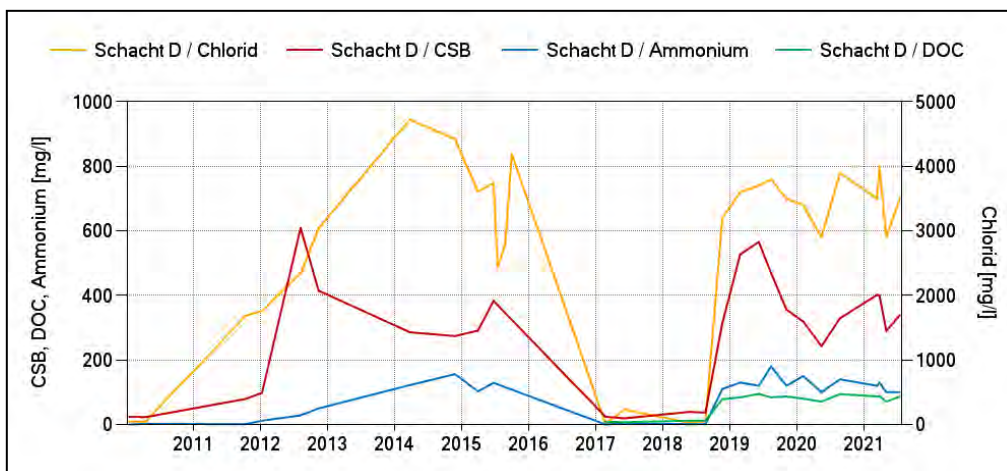


Abb. 11: Ganglinien ausgewählter Parameter in Schacht D

Es ist anzunehmen, dass die verringerten Konzentrationen in Schacht D möglicherweise damit zusammenhängen, dass im betreffenden Zeitraum kein Sickerwasser aus diesem Schacht gefördert wurde. Bei der kontinuierlichen Entnahme von Sickerwasser stellen sich wahrscheinlich höhere Sickerwasserkonzentrationen (ohne Fällung, Festlegung oder gasförmige Emissionen) als bei der Probenahme nach langen Standzeiten ein.

Schwermetalle

Bei den bisher in den Schächten festgestellten **Titan**-Konzentrationen handelt es sich um einmalige Nachweise bis max. $90 \text{ } \mu\text{g/l}$ ohne präferiertes Vorkommen in einem bestimmten Schacht. **Vanadium** ist dauerhaft in allen Schächten, jedoch nur in relativ geringen Konzentrationen bis $250 \text{ } \mu\text{g/l}$ (Schacht E) vorhanden.

In den Schächten D und E sind über den Gesamtzeitraum leichte Anstiege der Konzentration, in Schacht D aber auch wieder ein Abfall im Jahr 2021 zu erkennen (Abb. 12).

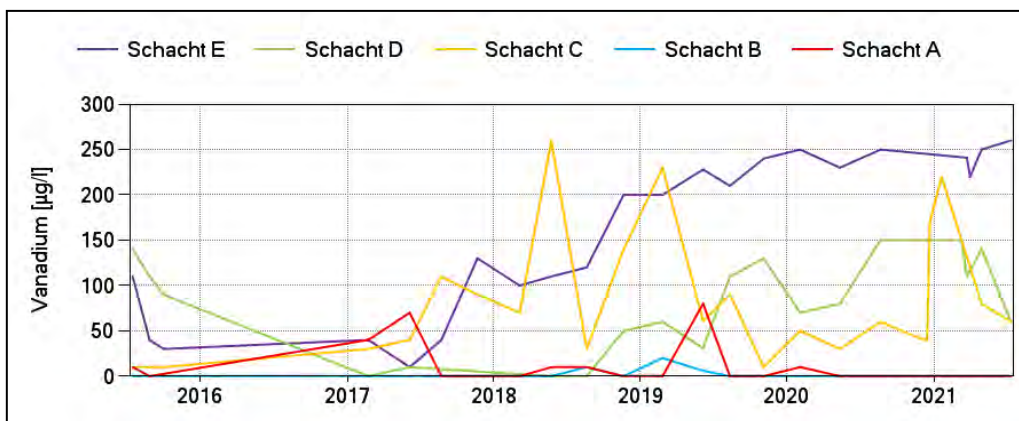


Abb. 12: Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den Schächten

Die **Molybdän**-Nachweise sind in allen Schächten, insbesondere in den Schächten C und E mit rd. 500 bis >10.000 µg/l hoch, wobei auch hier Schacht E einen steigenden Trend aufweist (vgl. Abb. 13), der allerdings seit Ende 2020 deutlich abflacht. Auffallend ist, dass die Beprobungen im Rahmen der Pumpversuche an Schacht E deutlich niedrigere Konzentrationen ergeben haben.

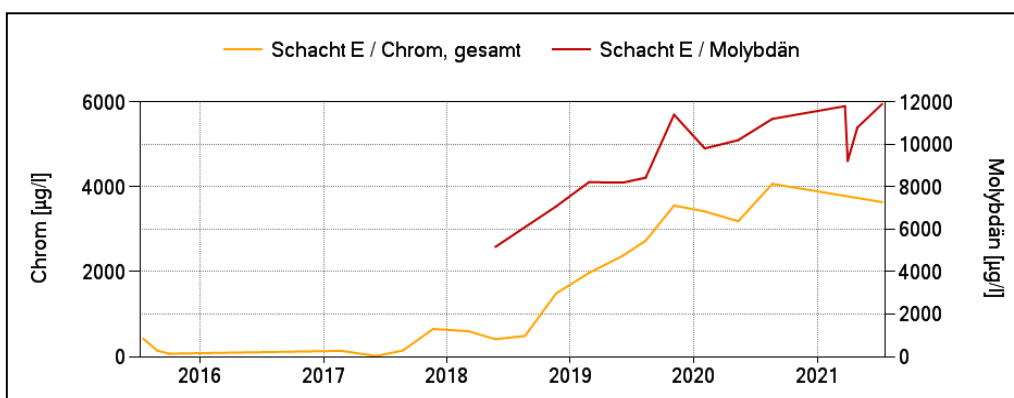


Abb. 13: Ganglinien auffälliger Schwermetalle (Chrom und Molybdän) in Schacht E

Zum Vergleich: Im Eluat der Pellets wurden Konzentrationen um 200 µg/l nachgewiesen. Das Molybdän rührt daher wahrscheinlich eher von den Schlacken her als von den eingelagerten Pellets.

Vereinzelt wird in den Schächten A bis D **Chrom** (max. 300 µg/l, Schacht D) nachgewiesen. In **Schacht E** hingegen liegt die Chromkonzentration seit November 2017 dauerhaft über dem Vergleichswert (350 µg/l gem. Änderungsbescheid) und weist bis Ende 2020 einen stark steigenden Trend auf. Im Jahr 2020 wird ein Maximum von 4.070 µg/l erreicht (vgl. Abb. 13). Der Anteil an **Chrom VI** beträgt fast durchgehend 90 bis 100 %. Der seit dem Jahr 2018 feststellbare Anstieg der **Chrom_{gesamt}**-Konzentrationen in Schacht E ist ab dem Jahr 2020 deutlich abgeflacht, im Jahr 2021 sinken die Konzentrationen wieder.

Für **Zink** liegen ebenfalls dauerhafte Nachweise vor, der Vergleichswert (Änderungsbescheid: 300 µg/l) wird jedoch nur selten überschritten (max. 810 µg/l in Schacht D, Juni 2017).

Vereinzelt werden in den Schächten auch **Cadmium** (max. 12 µg/l, Schacht E), **Kupfer** (max. 160 µg/l, Schacht A) und **Nickel** (max. 31 µg/l, Schacht D) festgestellt. Dabei werden wie bisher nur selten die Vergleichswerte gem. Änderungsbescheid (Kreis Wesel 1999, vgl. [10]) in geringem Maß überschritten.⁸

4.2.2 Sickerwassermessstellen

Das Wasser in den Sickerwassermessstellen (B2, B4) zeichnet sich durch sehr hohe **el. Leitfähigkeiten** (rd. 10.000 bis 40.000 µS/cm) sowie hohe **Chlorid- und Sulfatkonzentrationen** aus (2.300 bis 13.000 mg/l bzw. 510 bis 2.800 mg/l). Die Leitfähigkeitswerte liegen im Vergleich zu den Sickerwasserschächten um etwa das Dreifache höher, für Sulfat um etwa das Sechsfache. Auch die deutlich höheren **Wassertemperaturen** bis >31 °C (im Mittel rd. 27 °C) weisen auf nicht abgeschlossene Abbinde-, Mobilisierungs- und Umsetzungsprozesse im oberen Verfüllungskörper hin. Eine Ausnahme bildet B3, in der mit Leitfähigkeiten um 10.000 µS/cm, 850 bis 1.150 mg/l Chlorid und 14 bis 99 mg/l Sulfat erheblich geringere Werte gemessen wurden. Mit durchschnittlich 19,4 °C ist auch die Wassertemperatur deutlich geringer. Als Erklärung bietet sich u. E. an, dass in diesem Bereich Abfälle mit deutlich abweichender chemischer Zusammensetzung abgelagert wurden als in den durch die Messstellen B2/B4 erschlossenen Bereichen.

Die Messstellen weisen weiterhin neben einem hohen **CSB** (chemischer Sauerstoffbedarf, max. 1.960 mg/l in B3) und **DOC** (gelöster organischer Sauerstoffbedarf, max. 740 mg/l in B3) hohe **Ammonium**-Werte (bis 1.100 mg/l in B3), **Natrium**-Konzentrationen (max. 3.900 mg/l in B4) und **Schwermetall**-Konzentrationen (Nickel bis 388 µg/l in B3, Zink bis 400 µg/l in B3) auf.

Vanadium wird vorwiegend in B2 (max. 600 µg/l) nachgewiesen mit aktuell fallendem Trend. **Titan** ist nur vereinzelt nachweisbar (max. 370 µg/l in B3).

Ein Einfluss der inzwischen installierten Logger mit Titangehäuse auf das untersuchte Wasser ist unwahrscheinlich, da die maximalen Titanwerte in den Sickerwassermessstellen bereits festgestellt wurden, als noch keine Titanlogger verbaut waren.

⁸ Die dargestellten Werte sollen hier lediglich als Richtwerte für die Bewertung der festgestellten Schadstoffkonzentrationen dienen. Hierbei werden Grenzwerte für zulässige Eluat-Konzentrationen aus verschiedenen Abfallarten bei der Anlieferung unterschieden. Die Grenzwerte gelten für diverse zur Ablagerung genehmigte Abfälle, gewonnen mit einem 10:1-Eluat-Aufschluss, der allerdings nicht die realen Milieubedingungen im Verfüllungskörper darstellt.



Abb. 14: Ganglinien der el. Leitfähigkeit in den SiWa-Messstellen

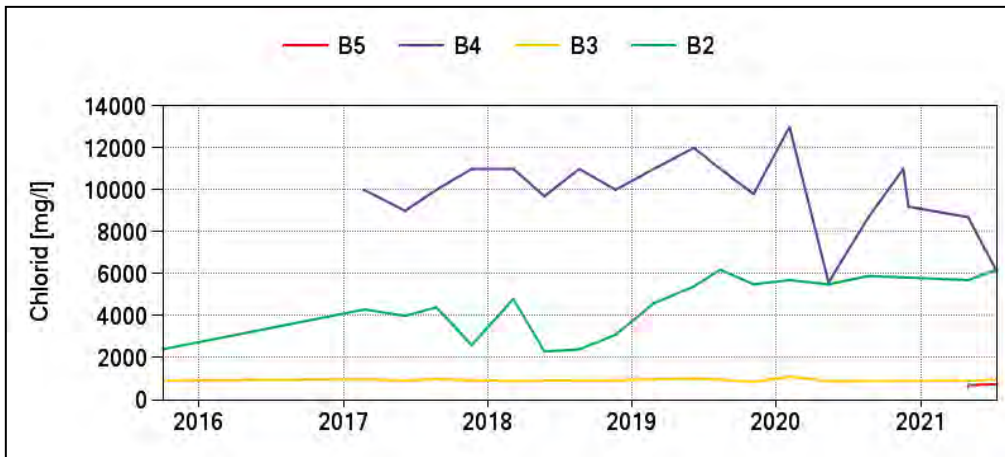


Abb. 15: Ganglinien der Chlorid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

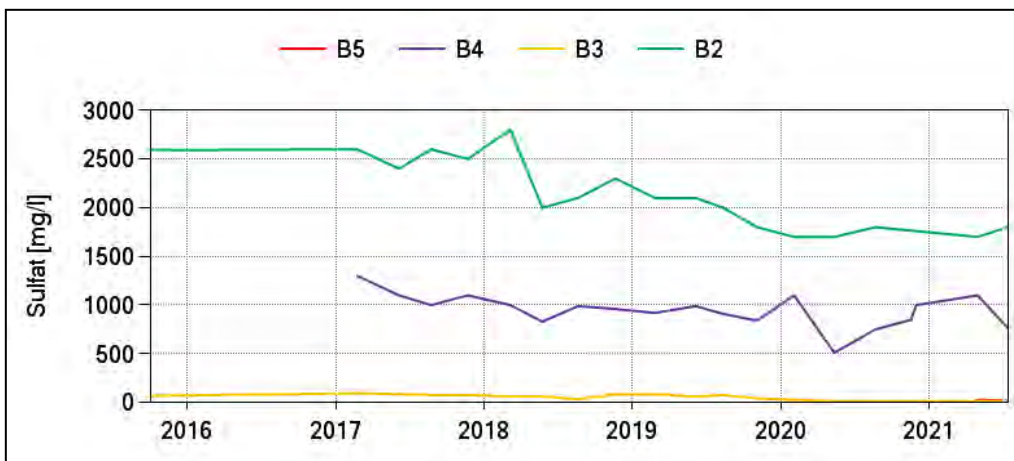


Abb. 16: Ganglinien der Sulfat-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

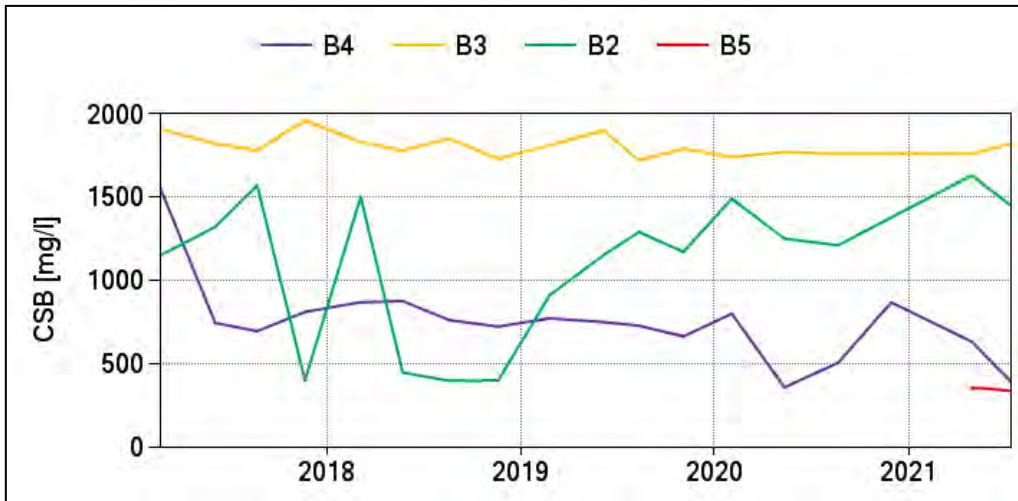


Abb. 17: Ganglinien des CSB in den SiWa-Messstellen

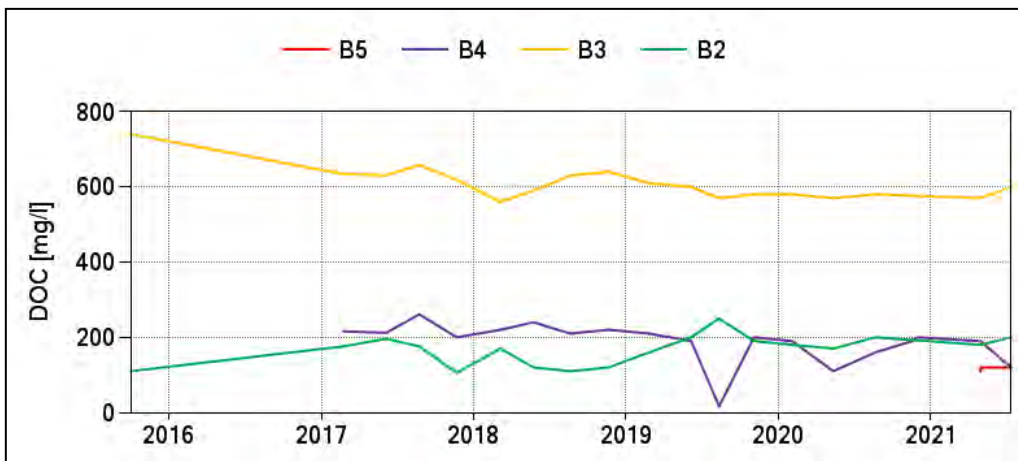


Abb. 18: Ganglinien des DOC in den SiWa-Messstellen

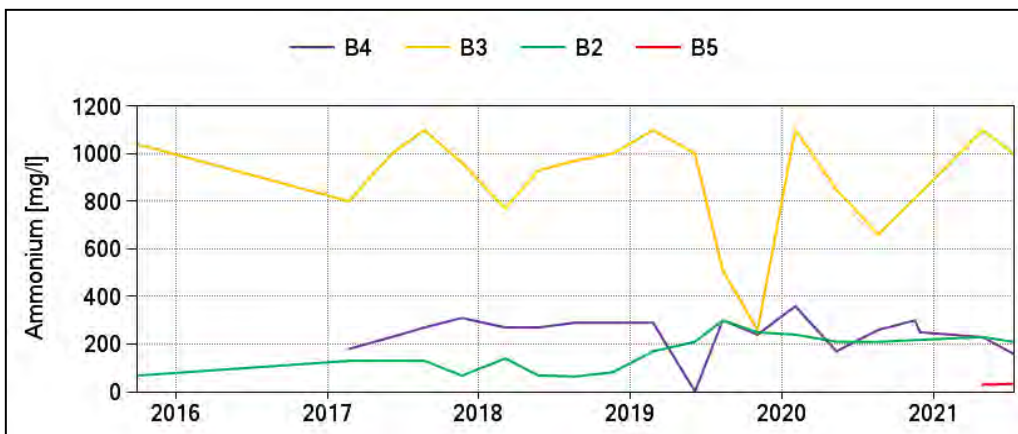


Abb. 19: Ganglinien der Ammonium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

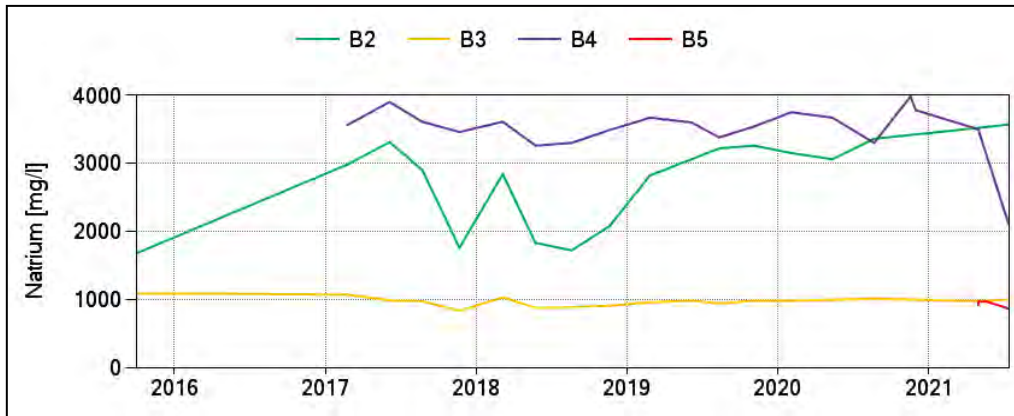


Abb. 20: Ganglinien der Natrium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

In allen Sickerwassermessstellen liegen **BTEX** in geringen Konzentrationen bis 17,3 µg/l (B2) vor. Eine Untersuchung erfolgte im Jahr 2021 nicht. **Cyanide** liegen bei max. 0,22 mg/l (B4), **LHKW** werden dauerhaft nicht nachgewiesen (Eluat der Pellets: >10 µg/l Dichlormethan).

Molybdän wird in den Sickerwassermessstellen zwischen 10 µg/l und 730 µg/l mit den höchsten Gehalten in B4 gemessen. Die Werte liegen damit deutlich unter denen der Schächte. Damit überschreiten auch die Molybdänkonzentrationen in den Sickerwassermessstellen die Eluat-Werte, wie sie in den Pellets gemessen wurden (um 200 µg/l, vgl. [4]).

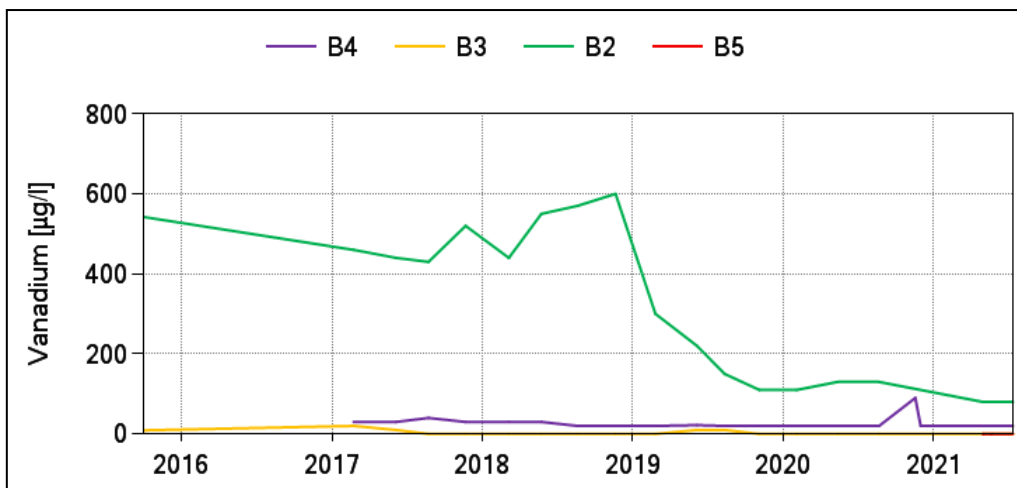


Abb. 21: Ganglinien der Vanadium-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

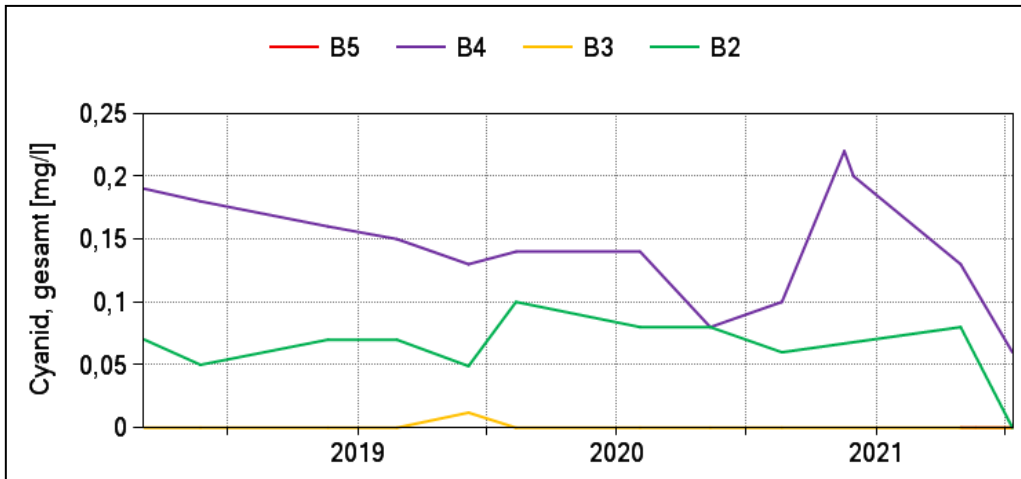


Abb. 22: Ganglinien der Cyanid-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

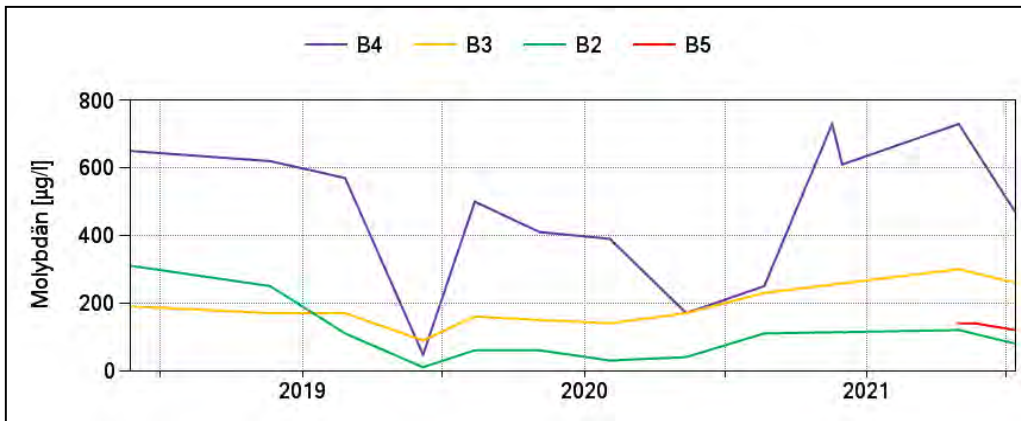


Abb. 23: Ganglinien der Molybdän-Konzentrationen in den SiWa-Messstellen

5 AUSWERTUNG DES PUMPVERSUCHS

5.1 Grundlagen der Pumpversuchsauswertungen

Mit den aus dem Pumpversuch gewonnenen Daten lassen sich folgende hydraulische Parameter mit den verschiedenen Auswerteverfahren bestimmen:

- Transmissivität T
- Speicherkoeffizient S
- Durchlässigkeitsbeiwert k_f

Die hydraulische Auswertung des Pumpversuchs erfolgte halbautomatisch mit Hilfe des Programms „HydroTec Version 8.1.0 pro“ (© GeoLogik Software GmbH). Das Programm bietet sowohl für freie als auch für gespannte Grundwasserverhältnisse verschiedene Möglichkeiten der Auswertung von Pumpversuchen sowie unterschiedliche rechnerische Verfahren, die zur Auswertung herangezogen werden können.

Die Auswertungen erfolgen je nach Verlauf der charakteristischen Absenkkurven über die instationären Verfahren nach THEIS und THEIS mit JACOB-Korrektur, Zeit-Absenkungsverfahren, Wiederanstiegsverfahren und Abstand-Absenkungsverfahren (vgl. auch Langguth & Voigt, 2001⁹) unter Berücksichtigung der jeweiligen Aquifermächtigkeiten und hydraulischen Verhältnisse (gespannt/frei).

Im Folgenden werden die einzelnen Auswerteverfahren kurz erläutert und anschließend die Ergebnisse der hydraulischen Pumpversuchsauswertung tabellarisch zusammengefasst. Eine ausführliche Erläuterung und Herleitung der Verfahren finden sich in der Fachliteratur (z. B. Langguth & Voigt, 2001).

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Verfahren für quasi-homogene Verhältnisse im Absenkungsbereich entwickelt wurden, die jedoch in einem Verfüllungskörper, insbesondere in der Verfüllung Mühlenberg mit ihrer sehr differenzierten Verfüllhistorie, nicht vorliegen. Die folgenden ermittelten Werte sind daher unter diesen Vorbehalt zu stellen.

Methode nach THEIS und THEIS mit JACOB-Korrektur

Die Methode nach THEIS beruht auf dem Überlagerungsprinzip (Superpositionsprinzip). Hierbei wird die THEIS-Standardkurve mit der tatsächlich festgestellten Absenkkurve des Brunnens während des Pumpversuchs zur Deckung gebracht.

⁹ Die in der Fachliteratur (u. a. Langguth & Voigt, 2001; Jordan & Weder, 1995) zitierten und hier angewandten Verfahren zur Pumpversuchsauswertung wurden sämtlich für Vertikalfilterbrunnen hergeleitet.

Die Absenkkurve des Brunnens wird aus dem Abstand r (Radius Brunnen), der Absenkung s über mehrere Zeitpunkte und der Entnahmemenge (Q) bestimmt.

Ermittelt werden Zahlenwerte für die hydraulischen Parameter Transmissivität (T), Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) und Speicherkoeffizient (S). Der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) wird indirekt mit Hilfe der Transmissivität (T) und der (durchschnittlichen) wassererfüllten Mächtigkeit (m) bestimmt.

Bei der Methode nach THEIS mit JACOB-Korrektur wird die beobachtete Absenkung durch die korrigierte gemittelte Absenkung angeglichen.

Wiederanstiegsverfahren nach AGARWAL + THEIS

Die Auswertung der Wiederanstiegskurven nach AGARWAL + THEIS dient der Bestimmung der Transmissivität T . Anstelle der Absenkungsdifferenz Δs wird hierbei die residuale (verbleibende) Absenkung Δs_r eingesetzt.

Weitere Auswerteverfahren

Es wurden weitere Auswerteverfahren getestet, die im Folgenden genannt und kurz beschrieben werden. Grundproblem bei der Auswertung der Versuche an den Sickerwasserbrunnen ist, dass über den Schichtaufbau in der Verfüllung und die entsprechenden Durchlässigkeiten keine belastbaren Daten vorliegen, anhand derer eine entsprechende Auswertung möglich wäre. Verfahren, in denen mehrere pumpversuchsbeeinflusste Messstellen verwendet werden, sind nicht anwendbar, da keine Werte an benachbarten Messpunkten vorliegen.

Auswertung für „leaky aquifers“

Die restriktiven Modellannahmen nach THEIS bezüglich der Ausdehnung und Isotropie des Aquifers lassen sich durch das genannte Superpositionsprinzip – z. B. für variable Pumpraten, randliche Begrenzungen (neg. Randbedingungen) und Korrekturterme (z. B. WEEKS für anisotrope Verhältnisse und unvollkommene Brunnen) – entsprechend programmtechnisch anders auswerten. Allerdings sind die zu treffenden Annahmen als Voraussetzung für eine fachgerechte Auswertung nicht seriös abschätzbar, da die Isotropie innerhalb des Verfüllungskörpers als sehr gering angenommen werden muss. Gleiches gilt für die Auswertungen für Multi-Layer-Lösungen nach Hemker & Maas (1987)¹⁰.

Auswertungen für Multi-Aquifer-Systeme

Die Auswertungen können nur durchgeführt werden, wenn Daten für zwei durch eine Aquitarde getrennte Grundwasserleiter vorhanden sind, bei denen in einem der beiden Aquifere eine Entnahme durchgeführt wird, deren Auswirkung

¹⁰ C.J. Hemker & C. Maas (1987): Unsteady flow to wells in layered and fissured aquifer systems, in: Journal of Hydrology 90, 3-4 (1987), S. 231-249.

in dem anderen Grundwasserleiter beobachtet wird. Damit sind sie für die durchgeführten Versuche nicht anwendbar.

Auswertungen für Doppelporositätsmodelle

Streng genommen sind diese Auswertungen für Kluftaquifere anwendbar, bei denen der Aquifer aus Blöcken und Klüften besteht. Damit können spezifische Durchlässigkeiten und weitere Parameter für die beiden Bereiche definiert werden. Die Annahme ist hierbei, dass zunächst die Klüfte entwässern, anschließend die langsamer ansprechenden und weniger Wasser liefernden Poren des Gesteinskörpers. Die exemplarisch durchgeführten Auswertungen an Schacht E ergaben keine sinnvollen und auswertbaren Typkurven. Die Erweiterung auf die Berücksichtigung von SKIN-Effekten (MÖNCH) waren ebenfalls nicht zielführend.

5.1.1 Ermittlung der pumpversuchsrelevanten Rahmendaten für den Ausbau der Schächte als Grundlage für die Pumpversuchsauswertung

Zur Ermittlung der Rahmendaten sind die sickerwassererfüllten Abschnitte der Verfüllung im unmittelbaren Umfeld der Schächte zu ermitteln, um überschlägige Durchlässigkeiten berechnen zu können. Diese wurden so abgeleitet, dass die jeweiligen Sickerwasserspiegel der Schächte als Jahresmittelwerte der Jahre 2019 bis 2021 ermittelt und mit den abgeschätzten Ausbautiefen (vgl. Abschn. 2.2) der Schächte (Annahme: Ausbau bis zur Basis der Verfüllung) verrechnet wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 enthalten.

Tab. 7: Überschlägige Ermittlung der sickerwassererfüllten Mächtigkeiten

Bezeichnung	MPH (mNN)	Basis Verfüllung = Ausbautiefe ca. (mNN)	Ausbautiefe (m. u. GOK)	Abschätzung Sickerwasserstand Wasserspiegel Mittelwert 2019-2021 (mNN)	Sickerwassererfüllte Mächtigkeit (m)	Ausbau-durchmesser (mm)
B4	77,94	35,027	42,3	ca. 42,7	ca. 11	DN150
B5	55,592	46,6	7,5	ca. 48,0	ca. 5 ¹¹	DN125
Schacht A	65,59	ca. 35	ca. 36	ca. 39,50	ca. 3,5	>DN1.000
Schacht B	55,46	ca. 30	ca. 25	ca. 42	ca. 12	>DN1.000
Schacht C	77,24	ca. 30	ca. 47	ca. 41,0	ca. 11	>DN1.000
Schacht D	63,3	ca. 32,5	ca. 31	ca. 40,9	ca. 8	>DN1.000
Schacht E	58,1	ca. 32,5	ca. 26	ca. 41,00	ca. 8	>DN1.000

¹¹ Annahme für die Auswertung

Die sickerwassererfüllten Mächtigkeiten liegen damit zwischen 5 m und max. 12 m. Die Ausbaudurchmesser für die Schächte wurden einheitlich mit 1 m angenommen. Ausnahme ist Schacht C, für den an der Basis des Schachts ein Durchmesser von DN2.000 dokumentiert ist.

5.1.2 Entwicklung der Sickerwasserstände während des Pumpversuchs

In den Abbildungen 24 bis 30 (s. u.) sind die Sickerwasserstandsentwicklungen an den Brunnen und Sickerwassermessstellen in separaten Diagrammen für den Pumpversuchszeitraum dargestellt. Der Verlauf der Pumpversuchskurven wird verbal beschrieben.

5.1.2.1 Schacht A

An Schacht A wurden zwei Pumpstufen mit 0,5 bzw. 0,4 m³/h Fördermenge eingestellt. Es ist erkennbar, dass bei einer Förderung von 0,5 m³/h eine zu starke Absenkung erfolgt (Versteilung der Absenkung nach ca. 4 Tagen Förderung). Eine Beharrung wird mit der Fördermenge nicht erreicht. Nach dem Pumpstopp und dem Wiederanstieg auf ein Niveau von ca. 34,5 mNN wird eine geringere Fördermenge von 0,4 m³/h eingestellt, die resultierende Absenkung liegt deutlich unter dem vorherigen Betrag im Bereich weniger Dezimeter. Der anschließende Wiederanstieg verläuft langsam bis auf ein Niveau deutlich vor Pumpversuchsbeginn (ca. 36 bis 36,1 mNN). Im anschließenden Verlauf sind die Reaktionen auf weitere kurzzeitige Entnahmen nach den eigentlichen Pumpversuchen erkennbar. Die Absenkungen liegen insgesamt bei max. ca. 2 bis 3 m. Der Wiederanstieg verläuft immer langsam innerhalb mehrerer Tage.

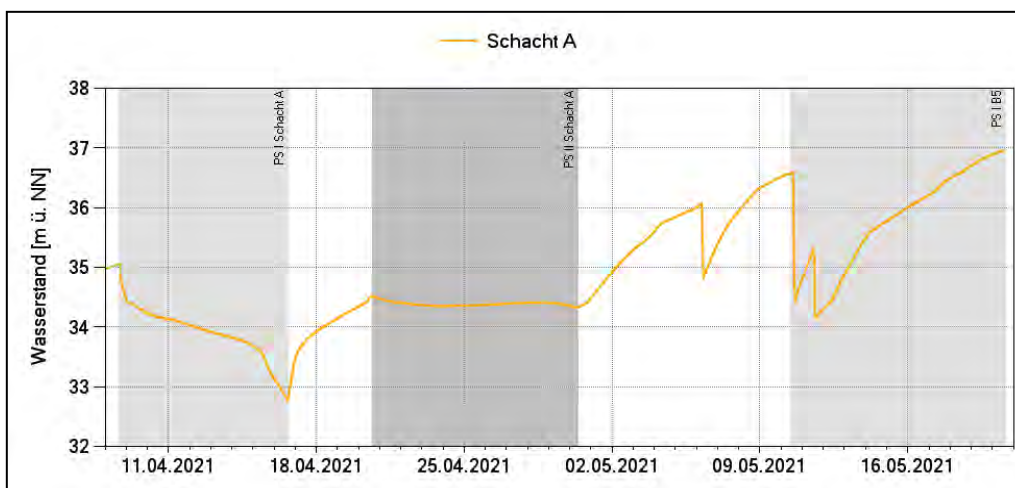


Abb. 24: Ganglinie Schacht A

Die dauerhaft einstellbare Fördermenge an Schacht A liegt auf Grundlage des Ganglinienverlaufs bei max. 0,4 m³/h. Im Langzeitbetrieb ist es möglich, dass sich die dauerhaft gewinnbare Fördermenge verringert und ein intermittierender Pumpenbetrieb an Schacht A durchgeführt werden muss.

5.1.2.2 Schacht B

Schacht B zeigt bei einer Fördermenge von 0,5 m³/h eine Absenkung von ca. 1 m. Ein Beharrungszustand ist nach ca. 3 Tagen erreicht. Witterungsbedingt wurde die Förderung zwischen dem 06.02.2021 und dem 16.02.2021 ausgesetzt. Der Wiederanstieg nach Pumpenstopp erfolgt über mehrere Tage. In der 2. Pumpstufe (1 m³/h) ist die Absenkung mit ca. 3 m deutlich größer, die Steigerung der Fördermenge auf 1,3 m³/h ab dem 22.02.2021 führt zu einer weiteren deutlich steileren Absenkung um mehr als 7 m. Die Absenkkurve war mit gängigen Auswerteverfahren nicht seriös auswertbar. Nach dem Pumpenstopp am 25.02.2021 erfolgt ein unmittelbarer Wiederanstieg innerhalb weniger Stunden bis auf das Niveau vor Beginn der höheren Pumpstufe, flacht dann allerdings deutlich ab. Das deutet darauf hin, dass mit der 2. Pumpstufe ein erweitertes Einzugsgebiet angesprochen wurde, das jedoch nur begrenzt Wasser nachliefert. Die erkennbaren Veränderungen des Wasserspiegels an Schacht C am 24.02.2021 sind durch Förderungen am Schacht C selbst bedingt.

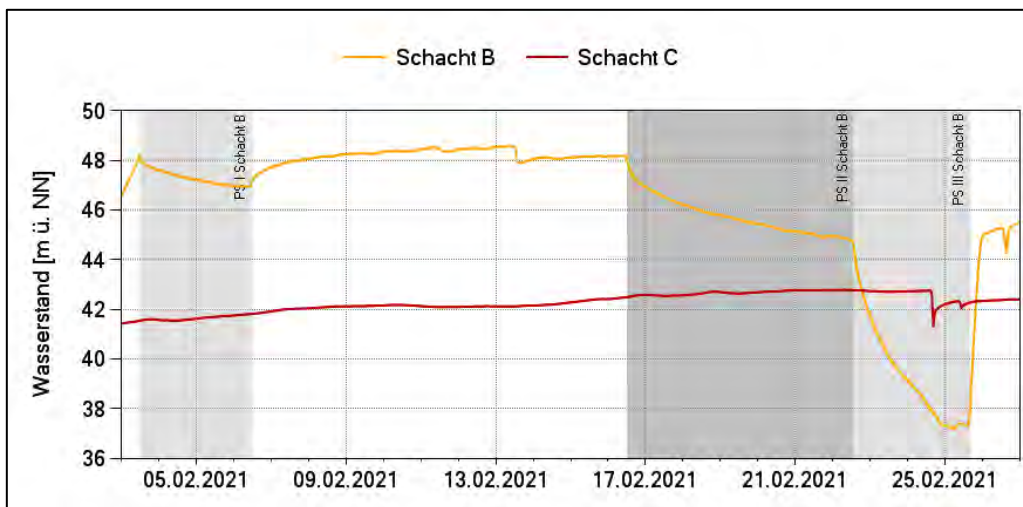


Abb. 25: Ganglinie Schacht B und C

In der Auswertung [10] (s. Tab. 1) wurde die Vermutung geäußert, dass die beiden Schächte B und C (Entfernung ca. 100 m) interagieren. Die Sickerwasserganglinien während der Pumpversuche zeigen jedoch, dass keine unmittelbare Beeinflussung erkennbar ist. Die Schwankungen des Schachts C sind nicht unmittelbar bedingt durch die Pumpversuchsentnahmen an Schacht B. Der Trend des Sickerwasserstandes an Schacht C ist während der gesamten Zeit des Pumpversuchs an Schacht B ansteigend.

Die dauerhaft einstellbare Fördermenge an Schacht B liegt auf Grundlage des Ganglinienverlaufs bei max. 0,5 bis 1 m³/h. Im Langzeitbetrieb ist zu erwarten, dass sich die dauerhaft gewinnbare Fördermenge verringert und dass ein intermittierender Pumpenbetrieb an Schacht B oder ein Dauerbetrieb mit max. 1 m³/h durchgeführt werden können.

Anmerkung: In Dok. 5 wurde für die Darstellung des Grundwasserstands eine falsche MPH hinterlegt, daher weichen die absoluten Höhen in der Dokumentation ab.

5.1.2.3 Schacht C

An Schacht C wurde zu Beginn des Pumpversuchs eine Fördermenge von 1 m³/h eingestellt (07.12.2021). Am 14.12.2021 wurde die Fördermenge trotz noch nicht eingetretener Beharrung auf 2 m³/h erhöht. Ein technischer Pumpenausfall ist am 15.12.2020 zu erkennen. Nach der Reparatur wurde der Pumpbetrieb mit 2 m³/h fortgeführt, der allerdings eine deutliche Versteilung der Absenkung zur Folge hatte. Auf dem Niveau von ca. 33 mNN wurde die Förderung beendet, um ein Trockenfallen der Pumpe zu verhindern. Der Wiederanstieg erfolgt zunächst schnell innerhalb weniger Stunden, anschließend jedoch deutlich verzögert bis ca. 2 m unter das Ausgangsniveau. Am 04.01.2021 wurde die Förderung mit 1,3 m³/h wieder aufgenommen. Gut zu erkennen ist, dass im Brunnen auf einem Niveau von ca. 37,5 mNN eine Beharrung erreicht wird. Nach Pumpenstopp am 20.01.2021 erfolgt ein kurzer, schneller Wiederanstieg, der sich dann deutlich abflacht. Das Ausgangsniveau wird erst Ende Februar 2021 wieder erreicht.

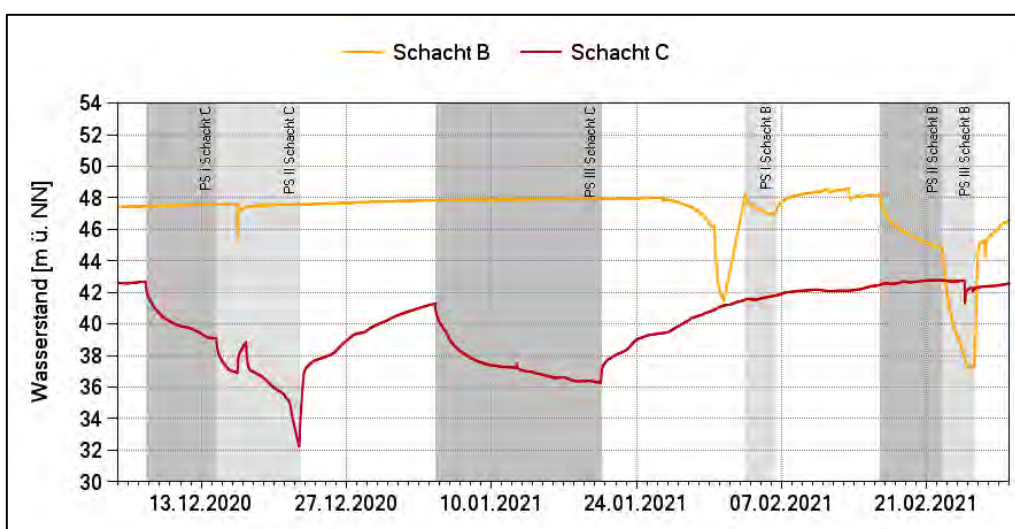


Abb. 26: Ganglinie Schacht B und C

Die dauerhaft einstellbare Fördermenge an Schacht C liegt auf Grundlage des Ganglinienverlaufs bei max. 1,3 m³/h. Im Langzeitbetrieb ist zu erwarten, dass sich die dauerhaft gewinnbare Fördermenge verringert und ein Pumpenbetrieb an Schacht C mit max. 1,3 m³/h durchgeführt werden kann.

5.1.2.4 Schacht D

Der Verlauf der Wasserstandsganglinie an Schacht D in den ersten drei Pumpstufen zwischen dem 11.03.2021 und 19.03.2021 ist uneinheitlich. Bei einer Förderung von 0,3 m³/h in der ersten Pumpstufe zeigt sich ein sehr steiler Verlauf der Absenkung, die anschließende Reduzierung auf 0,2 m³/h zwischen dem 12. und 16.03.2021 führt zu einem Anstieg des Sickerwasserspiegels. Ab dem 16.03.2021 erfolgte eine Förderung mit 0,4 m³/h, die am 18.03.2021 auf 0,45 m³/h gesteigert wurde. Technisch bedingt musste der Pumpversuch am 19.03.2021 unterbrochen werden. Am 22.03.2021 wurde eine Fördermenge von 0,5 m³/h eingestellt. Die sich einstellende Absenkung erfolgt kontinuierlich bis auf ein Niveau von ca. 34,5 mNN mit Beharrung. Der Wiederanstieg im Schacht D verläuft vergleichsweise schnell innerhalb von zwei Tagen bis fast auf das Ausgangsniveau.

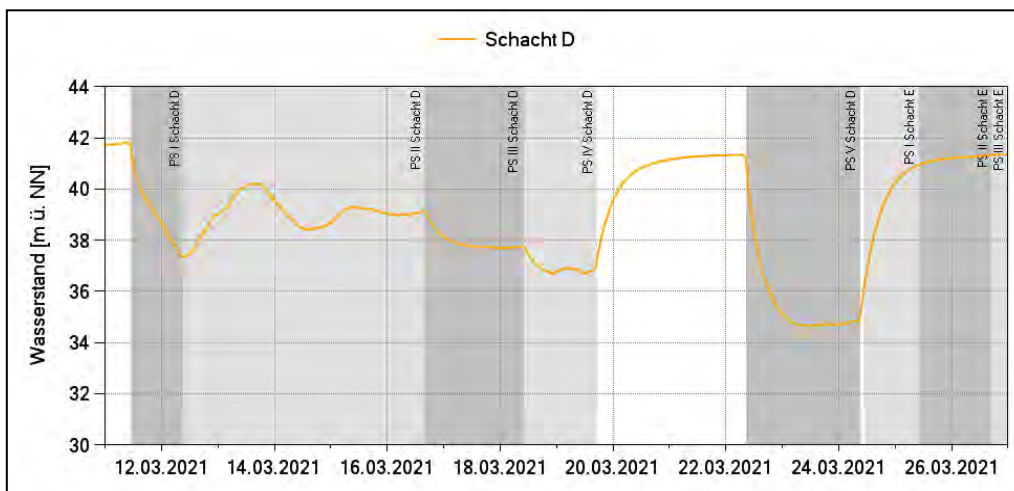


Abb. 27: Ganglinie Schacht D

Die dauerhaft einstellbare Fördermenge an Schacht D im Langzeitbetrieb liegt auf Grundlage des Ganglinienverlaufs bei max. 0,5 m³/h.

5.1.2.5 Schacht E

In Schacht E erfolgt während der einzelnen Pumpstufen eine gut erkennbare Absenkung des Sickerwasserspiegels zwischen dem 24.03.2021 und dem 31.03.2021. Die Fördermengen wurden schrittweise von 0,25 auf 0,6 m³/h gesteigert. Die weitere Erhöhung der Fördermenge auf 0,7 m³/h hat nach der erreichten Beharrung am 31.03.2021 eine weitere Absenkung ohne erkennbare Beharrung zur Folge. Nach Abschalten der Pumpe am 01.04.2021 erfolgt ein vergleichsweise schneller Wiederanstieg auf ca. 1 m unterhalb des Ausgangsniveaus.

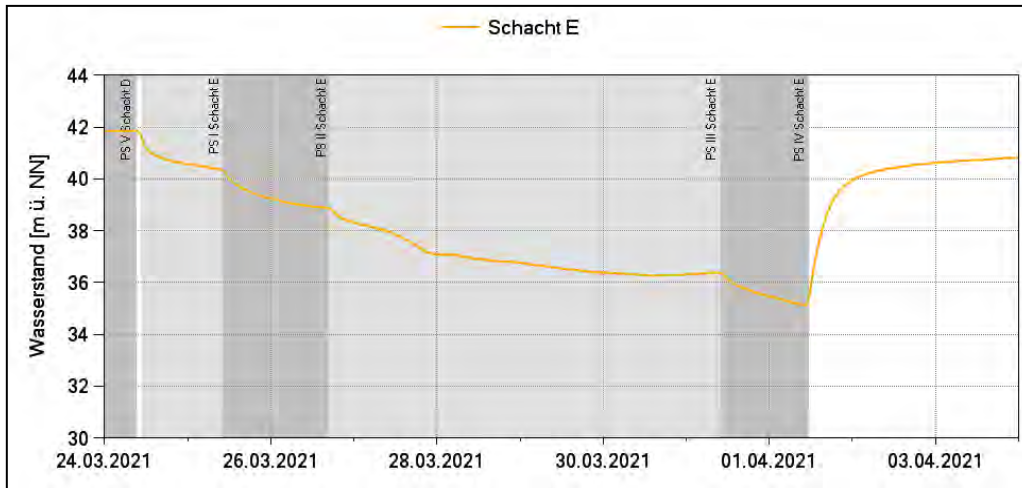


Abb. 28: Ganglinie Schacht E

Die dauerhaft einstellbare Fördermenge an Schacht E im Langzeitbetrieb liegt auf Grundlage des Ganglinienverlaufs bei max. 0,6 m³/h.

5.1.2.6 B4

Die zu Beginn eingestellte Fördermenge von 0,18 m³/h führte an B4 zu einer deutlichen und schnellen Absenkung um ca. 7 m. Um ein Trockenfallen der Pumpe zu verhindern, wurde die Förderung am 18.11.2020 eingestellt. Am 23.11.2021 wurde die Förderung mit 0,15 m³/h wieder aufgenommen. Die sich einstellende Absenkung liegt bei ca. 6 m, eine Beharrung wird jedoch nicht erreicht. Der Wiederanstieg nach Pumpenstopp am 30.11.2021 erfolgt vergleichsweise schnell und bis auf das Ausgangsniveau.

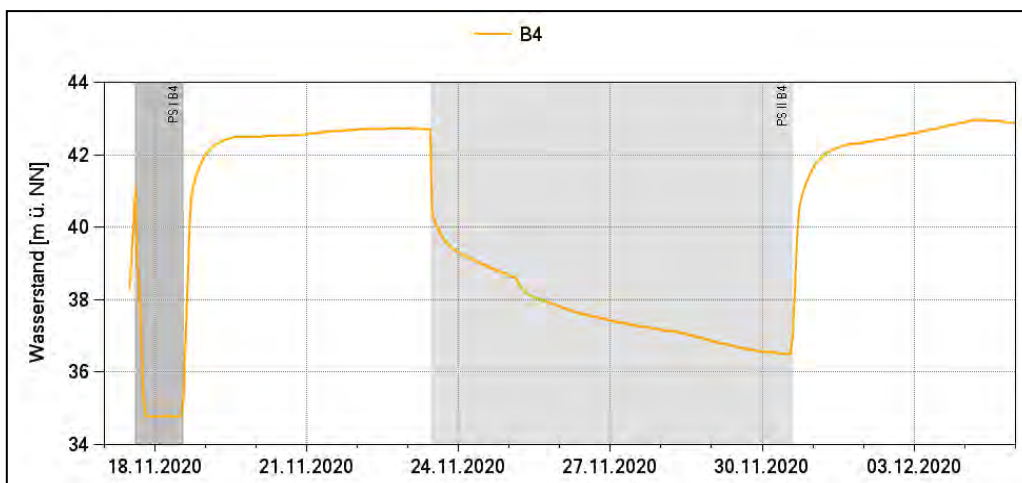


Abb. 29: Ganglinie B4

Die dauerhaft einstellbare Fördermenge an B4 liegt auf Grundlage des Ganglinienverlaufs bei max. 0,15 m³/h. Im Langzeitbetrieb ist zu erwarten, dass sich die dauerhaft gewinnbare Fördermenge verringert und ein intermittierender Pumpenbetrieb an B4 oder ein Dauerbetrieb mit max. 0,1 m³/h durchgeführt werden können.

5.1.2.7 B5

An B5 wurde ab dem 10.05.2021 mit einer konstanten Fördermenge von 0,18 m³/h gefördert. Die sich einstellende Absenkung liegt bei ca. 0,6 m. Ab dem 13.05.2021 schwanken die Sickerwasserstände in B5 deutlich um ca. 0,3 m. Eine Beharrung stellt sich nicht ein. Der Wiederanstieg an B5 verläuft langsam und unregelmäßig bis auf das Ausgangsniveau. Anzumerken ist, dass aufgrund eines Sondendefekts die erste Stunde der Wasserstandsmessung nicht aufgezeichnet wurde. Die parallel durchgeführte Handmessung zum Einbau zeigte einen Anfangswasserstand vor Pumpversuchsbeginn bei ca. 48,5 mNN. Weiterhin zeigen die Auswertungen der Datenaufzeichnungen der Multiparametersonden fehlende Messwerte zwischen dem 19. und 21.05.2021. Die Wasserstandsganglinie zeigt einen seit dem 15.05.2021 unregelmäßigen Verlauf mit Schwankungen im 0,2 m-Bereich, die auf schwankende Fördermengen hindeuten, was allerdings messtechnisch nicht zu belegen ist. Die Probenahme am 21.05.2021 vormittags erfolgte jedoch bei laufender Förderpumpe aus dem Förderstrom.



Abb. 30: Ganglinie B5

Die dauerhaft einstellbare Fördermenge an B5 liegt auf Grundlage des Ganglinienverlaufs bei max. 0,18 m³/h. Im Langzeitbetrieb ist zu erwarten, dass sich die dauerhaft gewinnbare Fördermenge verringert und dass ein intermittierender Pumpenbetrieb an B5 oder ein Dauerbetrieb mit max. 0,1 bis 0,15 m³/h durchgeführt werden können.

5.2 Hydraulische Parameter für die Schächte und Sickerwassermessstellen

In Dokumentation 3 sind die Ergebnisse der Berechnungen und die Auswertediagramme für die Entnahmebauwerke zusammengestellt.

Die ermittelten Durchlässigkeiten der Schächte liegen zwischen 2×10^{-5} m/s und $7,5 \times 10^{-8}$ m/s, im Mittel bei ca. $6,2 \times 10^{-6}$ m/s. Die Transmissivitäten liegen im Mittel bei $4,2 \times 10^{-5}$ m²/s bei einem Wertebereich zwischen 1×10^{-4} m/s und 8×10^{-7} m/s.

Die Speicherkoeffizienten wurden aus Messungen aus den Pumpbrunnen selbst berechnet. Da die Formeln zur Auswertung der Pumpversuche i.d.R. nicht auf den Brunnen selbst angewandt werden dürfen, sind die berechneten Speicherkoeffizienten u. E. nicht verwendbar, da die Berechnungsergebnisse nicht plausibel sind. Die Auswirkungen auf die prognostizierten gewinnbaren Wassermengen sind jedoch gering und u. E. vertretbar.

Die Pumpversuchsergebnisse in den Sickerwasserschächten sind schwer zu interpretieren, weil zum einen nicht immer echte Ruhewasserspiegel zum Start der Messungen vorlagen und sich zeigte, dass über begrenzte und kurze Zeiträume eine stärkere Förderung möglich war, dann aber der Zufluss zum jeweiligen Entnahmebauwerk stark abnahm und sich zum größten Teil keine Beharung einstellte. Teilweise erschwerten Ausfälle der Pumpen und der Messeinrichtungen die Auswertung. Der Wiederanstieg stellte sich sehr unterschiedlich und erst wieder über längere Zeiträume ein. Die Auswertung erfolgte daher über Abschnitte mit charakteristischen Kurvenverläufen einzelner Pumpversuchsstufen oder integrativ über den Gesamtverlauf mehrerer Pumpstufen.

5.3 Abschätzung von Reichweiten der Entnahmen

Unter Berücksichtigung von berechneten mittleren Durchlässigkeiten lassen sich nach KUSSAKIN und nach SICHARDT Reichweiten der Entnahmen berechnen. Die Ergebnisse sind in Dokumentation 6 enthalten. Hierbei muss angemerkt werden, dass die angegebenen Absenkungen aus den Diagrammen zum Ganglinienverlauf abgeleitet wurden, jedoch als mittlere Absenkungen zu verstehen sind, da teilweise keine Stationarität eingetreten ist.

Die berechneten Reichweiten liegen nach den überschlägigen Berechnungen für beide Verfahren in vergleichbaren Größenordnungen zwischen <5 m und max. 40 m. Die Größenordnungen sind u. E. plausibel. Das bestätigt die Annahme, dass die Sickerwasserbrunnen den Bereich unmittelbar um den Entnahmeort entwässern und keinen Gesamtwirkbereich an der Verfüllungsbasis erfassen können.

6 BEWERTUNG

6.1 Hydraulische Parameter

Die mittels der Pumpversuchsauswertung erhaltenen Werte für Durchlässigkeiten und Transmissivitäten im Umfeld der Schächte und Sickerwassermessstellen liegen im Bereich der erwarteten Größenordnungen unter Berücksichtigung der Verhältnisse im Verfüllungskörper und sind damit plausibel. Die Auswertung ist jedoch auf der Grundlage von Annahmen erfolgt, für die es nur eine geringe belastbare Datengrundlage gibt. Dies betrifft insbesondere den Ausbau der Schächte und die erreichten Ausbautiefen, die auf Grundlage der Verfüllgeometrie abgeschätzt wurden. Die wassererfüllte Mächtigkeit wurde überschlägig aus dem Vergleich der Ruhewasserspiegel und der Verfüllungsbasis abgeschätzt. Die Variation der Eingangsgrößen kann ggf. leicht geänderte Ergebnisse bei den hydraulischen Parametern ergeben.

Die ermittelten Speicherkoeffizienten streuen je nach Verfahren und Bauwerk über einen großen Wertebereich. Die Größenordnungen von Speicherkoeffizienten für gespannte Grundwasserleiter liegen nach der Literatur und unseren Erfahrungen zwischen 10^{-5} und 10^{-3} . Bei ungespannten Porengrundwasserleitern entspricht die Speicherkapazität der nutzbaren Porosität und liegt in der Größenordnung von 0,10 bis 0,25.

Die hydraulischen Parameter erlauben eine überschlägige Einschätzung der Charakterisierung der jeweiligen Einzugsgebiete der Bauwerke, dürfen jedoch nicht auf den gesamten Verfüllungskörper übertragen werden.

6.2 Abschätzung der maximal gewinnbaren Wassermengen an den Entnahmebauwerken

In Tabelle 8 sind die auf der Grundlage der Pumpversuchsauswertung abgeschätzten dauerhaft gewinnbaren Fördermengen - unter der Voraussetzung, dass ein Dauerbetrieb möglich ist - enthalten.

Tab. 8: Gewinnbare Sickerwassermengen Verfüllung Mühlenberg

Bauwerk	Gewinnbare Sickerwassermengen		
	m ³ /h	m ³ /d	m ³ /a
Schacht A	0,4	9,6	3.504
Schacht B	1	24	8.760
Schacht C	1,3	31,2	11.388
Schacht D	0,5	12	4.380
Schacht E	0,6	14,4	5.256
B4	0,1	2,4	876
B5	0,15	3,6	1.314
Summe	4,05	97,2	35.478

Unter der Voraussetzung einer kontinuierlichen Entnahme an den Sickerwasserfassungselementen lassen sich auf Grundlage der Pumpversuchsauswertung maximal ca. 35.500 m³ Sickerwasser pro Jahr aus der Verfüllung Mühlenberg entnehmen. Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten bezüglich der möglichen technischen Umsetzung und ggf. nur diskontinuierlich möglichen Entnahmen aus einzelnen Bauwerken sollte die Summe mit einem Sicherheitsabschlag von 15 % in die weiteren Betrachtungen eingehen, so dass von einer realistisch gewinnbaren Sickerwassermenge von 30.000 m³/a ausgegangen werden kann.

Die Abfuhr des Sickerwassers richtet sich derzeit im Wesentlichen nach betrieblichen Gegebenheiten (hydraulische Leistungsfähigkeit der Aufbereitung, Abfuhr an Werktagen).

Die zu fördernde und abzureinigende Sickerwassermenge liegt damit bei ca. 4 m³/h bzw. ca. 100 m³/d. Langfristig ist davon auszugehen, dass bei der zu erwartenden Wirksamkeit der Oberflächenabdichtung die Mengen zurückgehen werden.

6.3 Gegenseitige Beeinflussung der Sickerwasserfassungselemente / Reichweiten

Eine gegenseitige Beeinflussung der Entnahmen an den Bauwerken ist auf der Grundlage der Pumpversuchsauswertung nicht feststellbar. Absenkungen oder Druckstöße, die durch die Entnahmen an einem Bauwerk an anderen Bauwerken ohne Förderung entstehen können – wie in der Literatur beschrieben und in Projekten der ahu GmbH festgestellt –, waren nicht zu beobachten. Die Reichweiten der Entnahmen sind daher nicht über Reaktionen in Umfeldmessstellen bestimmbar, sie lassen sich nur auf Grundlage von „Faustformeln“ und Volumenbetrachtungen abschätzen.

Aufgrund des heterogenen Aufbaus der Verfüllung, sowohl lateral als auch vertikal, ist nicht zu erwarten, dass sich ein einheitlicher Sickerwasserspiegel innerhalb des Verfüllungskörpers einstellt.

6.4 Langfristige Entwicklung der Trends der Sickerwasserstände

Die Entwicklung der Sickerwasserstände im Verfüllungskörper ist wie in den vergangenen Jahren uneinheitlich.

In den Sickerwassermessstellen B2 und B4 ist der Trend zwar noch ansteigend, aber insgesamt mit einer geringeren Steigung ab ca. Anfang 2019. In der Sickerwassermessstelle B3, die die höchsten Wasserstände aufweist, sind seit dem Jahr 2019 sinkende Sickerwasserstände zu beobachten. In den neu errichteten Sickerwassermessstellen B5 bis B7 ist noch kein eindeutiger Trend zu beobachten, da der bisherige Beobachtungszeitraum noch zu kurz ist.

In den Schächten sind noch keine eindeutigen Reaktionen der Ruhewasserspiegel festzustellen. An Schacht A hat die kontinuierliche Entnahme im Rahmen des Pumpversuchs im April 2021 sinkende Wasserstände bewirkt; der Anstieg erreicht allerdings fast wieder das Niveau vor Beginn des Versuchs. Schacht E zeigt weiterhin einen ansteigenden Ruhewasserstand.

6.5 Hydrochemie

Die Daten der Sickerwasserchemischen Untersuchungen zeigen weiterhin örtlich und im zeitlichen Verlauf ein variables Bild. Es werden – wie bisher – auch nach der Auswertung der Pumpversuchsanalytik in den Schächten deutliche Unterschiede in den Schwermetallkonzentrationen (i. W. Chrom/Chrom VI, Nickel, Molybdän, Titan und Kupfer) festgestellt. Die Schwermetalle Chrom (i. W. als Chrom VI vorliegend) und Molybdän in Schacht E sowie Vanadium in den Schächten C, D und E steigen an.

Die Sickerwassermessstellen sind höher mit Ammonium/DOC belastet als die Schächte.

Die in Abschnitt 4.2 dargestellten Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen zeigen, dass eine kontinuierliche Förderung an den Sickerwasser-schächten den Chemismus nicht wesentlich ändert. Einzelne Parameter wie z. B. Chlorid und Natrium in Schacht B sinken, erreichen dann aber wieder das übliche Niveau. Die Ergebnisse fügen sich gut in die bisherigen Ergebnisse ein.

Die hydrochemischen Untersuchungen während der Pumpversuche an den Entnahmebauwerken ergaben daher keine wesentlichen neuen Erkenntnisse, die für die Optimierung der Sickerwasserfassung erforderlich wären.

7 EMPFEHLUNGEN

Wir empfehlen auf der Grundlage der Ergebnisse der Pumpversuchsauswertung (Hydraulik und Hydrochemie, Sickerfassung, Mengen) folgende Maßnahmen:

Sickerwasser-Monitoring

- Fortführung Betrieb der Datenlogger inkl. B5 bis B7 mit zweimonatlichen Auslesungen und Darstellung der Sickerwasserstandsentwicklung;
- Fortführung des hydrochemischen Monitorings des Sickerwassers an den Fassungelementen inkl. aller Sickerwassermessstellen (B2 bis B7);
- u. E. Reduzierung des Parameterumfangs (z. B. KW-GW, CKW) möglich.

Organisation / Berichte

- regelmäßige Statusberichte (jährlich) zur Entwicklung der Sickerwasserstände im Verfüllungskörper und zur Entwicklung der Sickerwasserkonzentrationen mit dem Ziel, eine kontinuierlich wachsende und belastbare Datengrundlage für eine Bewertung zu erhalten;
- jährliche Statusberichte zum Betrieb der Sickerwasserfassung (Entnahmemengen, Betriebszeiten, Chemismus) mit dem Ziel, eine kontinuierlich wachsende und belastbare Datengrundlage für eine Bewertung zu erhalten;
- jährliche Aufstellung einer Sickerwasserbilanz zur Abschätzung der Wirksamkeit der Oberflächenabdichtung einerseits und der Sickerwasserentnahmen andererseits.

Betrieb der Sickerwasserfassungen

- Sicherstellung und Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der Schächte, z. B. durch geeignete Vorplanungen zum Ersatz nicht mehr nutzbarer Sickerwasserschächte;
- Sicherstellung der Umsetzbarkeit der im Rahmen der Pumpversuchsauswertung abgeschätzten Entnahmemengen von mind. 30.000 m³/a, um das in der Verfüllung befindliche Sickerwasser möglichst schnell fassen und ableiten zu können;
- Dokumentation des Ausbauszustands der Schächte, der Höhenlagen der Sohlen und Rohrübergänge sowie von deren Zustand.

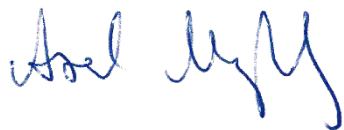
Die Planung weiterer Maßnahmen zur Intensivierung der Sickerwasserentnahme und -behandlung ist u. E. zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht notwendig, da die im Lauf der Jahre 2021 und 2022 gewinnbaren Kenntnisse zunächst abgewartet werden müssen.

Die Planung ist abhängig von den Ergebnissen der Gesamt-Gefährdungsabschätzung für die Verfüllung Mühlenberg. Unabhängig davon sind folgende Arbeiten, die sich aus den weiteren im Jahr 2021 durchgeführten Untersuchungen ergeben haben, auszuführen:

- Nachbesserung der Anbindung der Oberflächenabdichtung an den Randgraben;
- Nachbesserung des Dichtkeils im südwestlichen Bereich der Verfüllung um die Schürfe S4 und S5;
- Ertüchtigung des Randgrabens;
- Bewertung der Ergebnisse der Wasserqualität und von Sedimentuntersuchungen des Randgrabens nach der Einrichtung von definierten Probenahmestellen im Randgraben.

Die Ergebnisse der Grundwasserbeobachtung außerhalb der Verfüllung müssen ebenfalls abgewartet und in die weiteren Betrachtungen einbezogen werden.

Aachen, November 2021, aktualisiert Mai 2022



Dipl.-Geol. A. Meßling (ö.b.u.v.S)



- Höhenlinie, berechnet aus DEM Feb. 2021
- ⊕ Grundwassermessstelle, Bestand
- ⊕ Grundwassermessstelle, neu
- ▲ Bodenluftmessstelle
- ⊕ Planung flache LS-Messstellen
- Lemberg-Box
- Sickerwasserschacht
- ⊗ Sickerwassermessstelle
- Profilschnitt Schurf, durchgeführt
- ⋯ Tagebaugrenze nach Angaben der Fa. Nottenkämper

NOTTENKÄMPER

Auswertung der Pumpversuche im Sickerwasser der Verfüllung Mühlenberg

Übersichtslageplan		Anlage 1		
entworfen : AM	Datum: Nov. 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:3.000	Projektzeichen: NOTT4
gezeichnet : CL				
geprüft :				



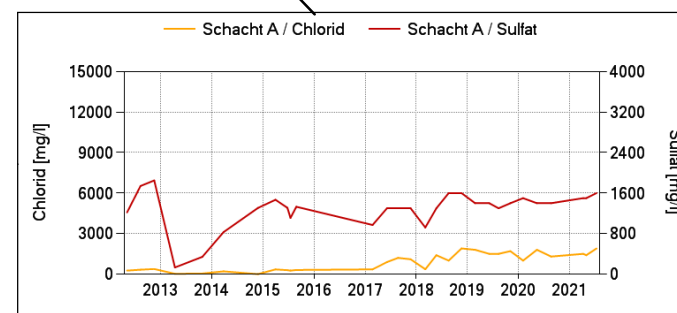
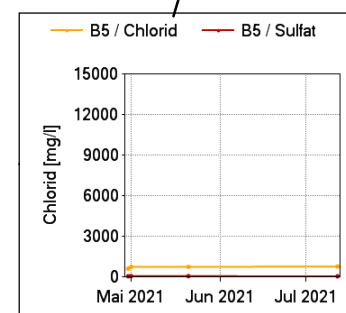
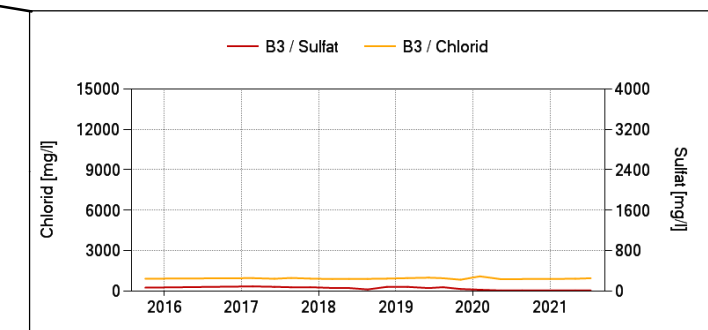
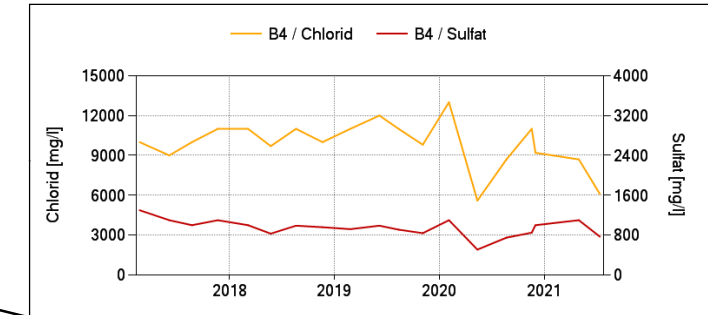
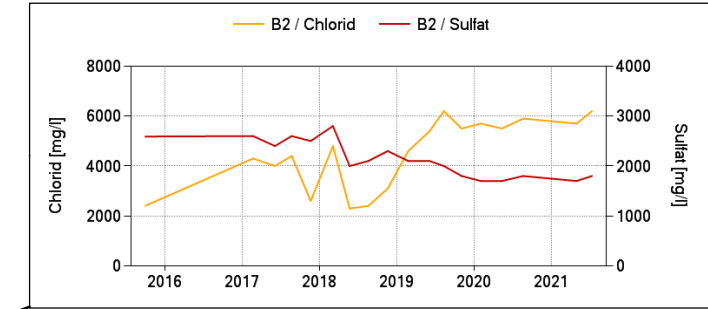
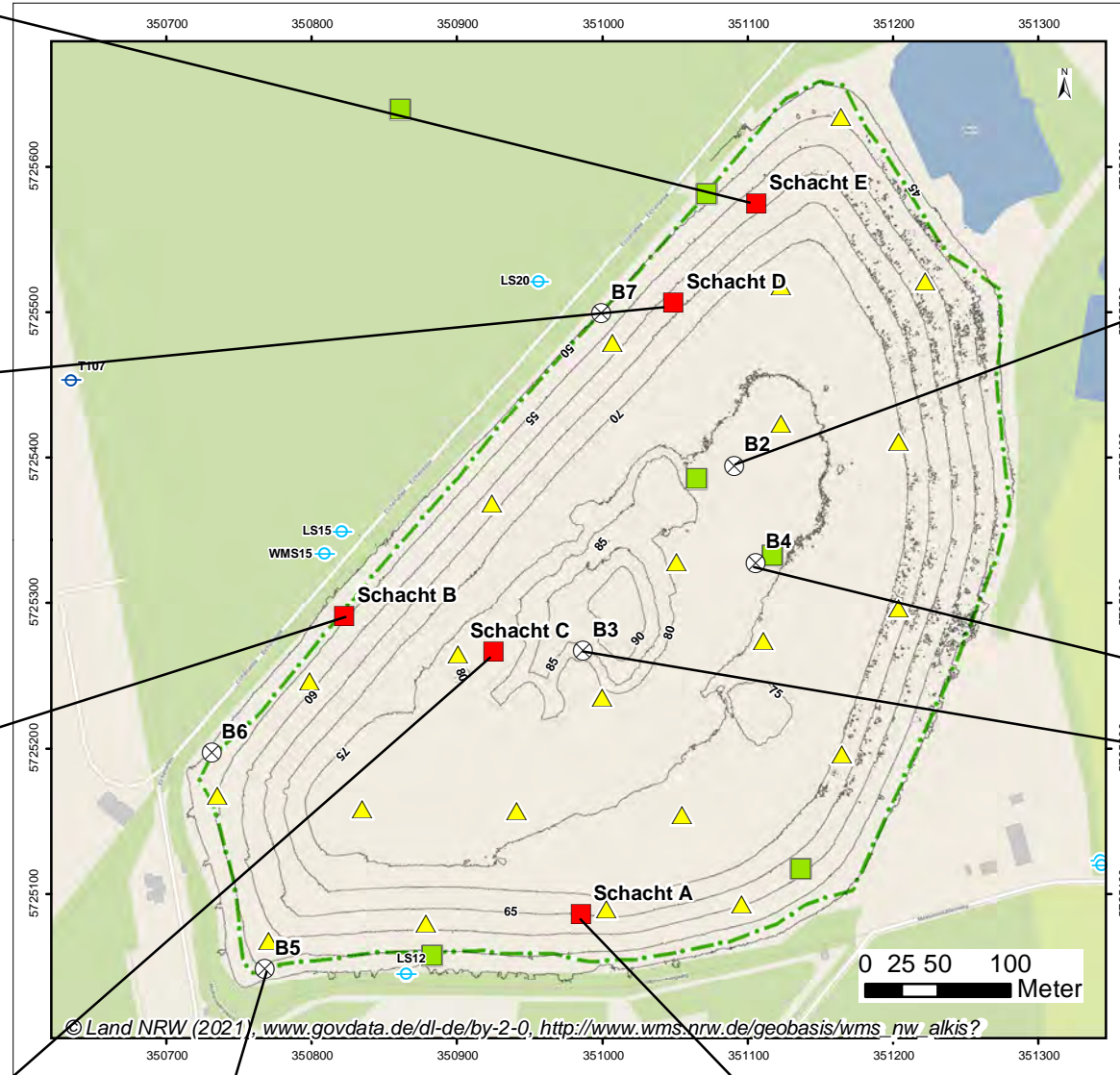
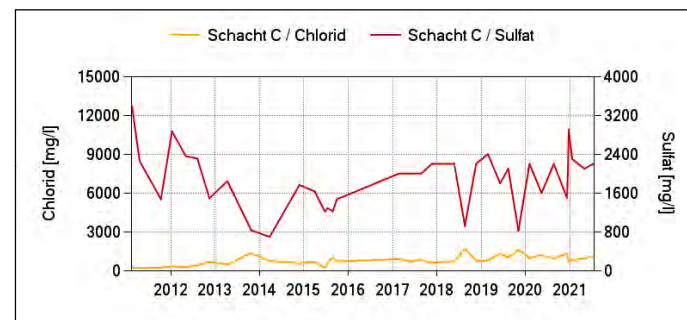
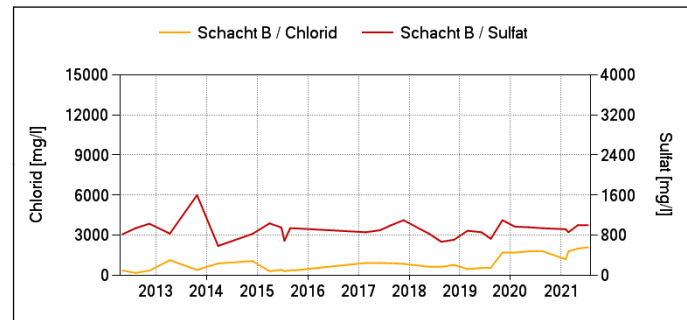
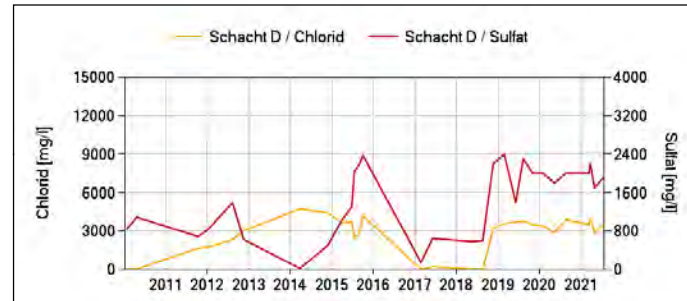
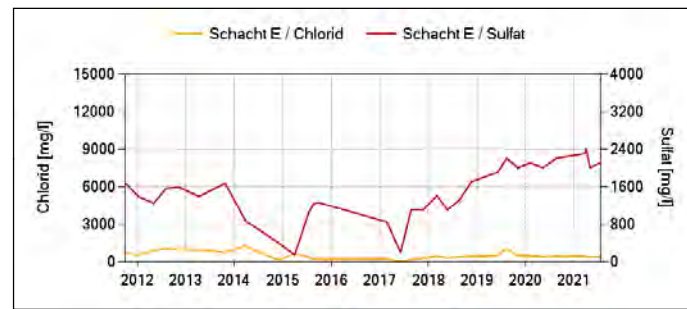
Bezeichnung	Datum	Elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C	pH-Wert	Redoxpotential	Sauerstoff	Temperatur, Wasser	chemischer Sauerstoffbedarf	gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC)	Chlorid	Sulfat	Natrium	Ammonium	Ammonium-Stickstoff	Cyanid, gesamt	Cyanid, leicht freisetzbar	Kohlenwasserstoffe, Gesamt	Benzol	Toluol	Ethylbenzol	o-Xylol (1,2-Dimethylbenzol)	m-Xylol und p-Xylol	Summe BTEX (berechnet)	Mesitylen (1,3,5-Trimethylbenzol)	Pseudocumol (1,2,4-Trimethylbenzol)	Hemellitol (1,2,3-Trimethylbenzol)	Summe BTEX und TMB	Tetrachlorethen	Trichlorethen	cis-1,2-Dichlorethen	trans-1,2-Dichlorethen	1,1,1-Trichlorethan	1,1-Dichlorethen	1,2-Dichlorethan	Tetrachlormethan	Trichlormethan (Chloroform)	Dichlormethan	Summe nachgewiesener LHKW
		µS/cm	ohne	mV	mg/l	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Schacht D	12.07.2021	12990	9,4			18,5	338	86	3500	1900	1830	100	77,7	0,11	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	30.04.2021	12780	9,9	-	-	9,6	290	71	2900	1700	1790	100	77,7	0,17	<0,05	<1000	0,7	<1	<1	<1	<1	0,7	<1	<1	<1	0,7	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	24.03.2021	13800	9,15	-	-	24,5	400	88	4000	2200	2350	130	100,9	0,19	0,016	<100	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	11.03.2021	12100	9,4	-	-	23,5	402	87	3500	2000	2170	120	93,2	0,22	<0,05	<1000	0,7	<1	<1	<1	<1	0,7	<1	<1	<1	0,7	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	21.08.2020	15540	9,9	-	-	22	329	94	3900	2000	2480	140	108,7	0,21	<0,05	<1000	0,7	<1	<1	<1	<1	0,7	<1	<1	<1	0,7	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	12.05.2020	12480	9,6	-	-	16,4	243	71	2900	1800	1840	100	77,7	0,15	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	03.02.2020	13620	9,9	-	-	17,7	319	80	3400	2000	2060	150	116,5	0,19	<0,05	<1000	0,6	<1	<1	<1	<1	0,6	<1	<1	<1	0,6	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	04.11.2019	15080	9,9	-	-	19,9	356	87	3500	2000	2390	120	93,2	0,22	<0,05	<1000	0,7	<1	<1	<1	<1	0,7	<1	<1	<1	0,7	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	12.08.2019	15230	9,9	-	-	21,1	470	84	3800	2300	2350	180	139,8	0,25	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	06.06.2019	12490	9,5	-	-	20,8	566	95	3700	1400	1880	120	93,2	0,09	<0,005	<1000	0,6	<1	<1	<1	<1	0,6	<1	<1	<1	0,6	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	25.02.2019	14180	10	-	-	18,6	527	84	3600	2400	2330	130	100,9	0,25	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	20.11.2018	13150	9,9	-	-	15,8	314	78	3200	2200	2020	110	85,4	0,2	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	20.08.2018	1546	7,7	-	-	31,1	37	12	47	600	40,5	1,3	1	-	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.05.2018	1444	7,8	-	-	29,2	39	12	29	580	27,1	1	0,8	<0,05	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,5	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<1,0	0
	05.06.2017	2270	-	-	-	16,7	19	6,9	230	650	205	3,9	3,1	-	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.02.2017	4410	-	-	-	12,6	24	8,5	11	150	12,2	<0,5	<0,4	-	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	01.10.2015	12510	8,7	-	-	-	-	-	4190	2370	1840	-	-	-	-	<1000	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.08.2015	12171	9,2	-	-	-	-	-	2800	2180	1870	-	-	-	-	<1000	0,7	<1	<1	<1	<1	0,7	<1	<1	<1	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.07.2015	13618	-	-	-	-	-	-	2440	2040	2120	-	-	-	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Schacht E	12.07.2021	5510	10,1	-	-	17,3	21	2,4	360	2100	694	10	7,8	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	30.04.2021	5290	10,2	-	-	13,2	<15	1,6	340	2000	651	9,5	7,4	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	01.04.2021	5000	8,7	-	-	20,2	<15	1,9	360	2400	540	8,5	6,6	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	24.03.2021	5710	9,7	-	-	14,4	32	4,6	410	2300	626	8,5	6,6	0,012	<0,005	<100	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	<0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	21.08.2020	5480	10	-	-	15,6	15	1,5	400	2200	650	7,1	5,5	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	12.05.2020	5340	9,8	-	-	14,6	<15	1,9	370	2000	638	8	6,2	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	03.02.2020	5270	9,8	-	-	11,1	17	2,1	430	2100	658	7	5,4	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	04.11.2019	5500	9,7	-	-	14,9	16	1,6	440	2000	722	7,2	5,6	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	12.08.2019	6380	9,4	-	-	19,3	73	12	1000	2200	815	20	15,5	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	06.06.2019	4720	9,2	-	-	16	<15	1,6	470	1900	548	3,7	2,9	0,005	<0,005	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	25.02.2019	4570	9,5	-	-	11,3	28	1,4	410	1800	553	4,2	3,3	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	20.11.2018	4450	9,7	-	-	11,9	<15	1,7	400	1700	498	3,8	3,0	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<0,5	<1	0
	20.08.2018	3950	8,7	-	-	13,9	<15	1,9	350	1300	386	3,3	2,6	-	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24.05.2018	3440	8,9	-	-	14,8	<15	2,1	300	1100	322	3,5	2,7	<0,05	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<0,5	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<1,0	0
	06.03.2018	3800	-	-	-	11,4	<15	1,8	390	1400	402	5,7	4,4	<0,05	<0,05	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21.11.2017	3390	-	-	-	13,2	15	3,2	290	1100	307	1,5	1,2	-	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23.08.2017	2860	-	-	-	16,9	23	5,4	150	1100	199	4,9	3,8	-	-	<1000	<0,5	<1	5,4	2	4,2	11,6	<1	<1	<1	11,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05.06.2017	638	-	-	-	14	18	8,3	12	190	16,5	<0,5	<0,4	-	-	<1000	<0,5	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.02.2017	2250	-	-	-	11,4	27	5,3	210	840	254	4,7	3,7	-	-	<1000	<0,5	<1																			

Bezeichnung	Datum	Arsen µg/l	Blei µg/l	Cadmium µg/l	Chrom VI (sechswertig) µg/l	Chrom, gesamt µg/l	Kupfer, gesamt µg/l	Molybdän µg/l	Nickel µg/l	Quecksilber µg/l	Titan µg/l	Vanadium µg/l	Zink µg/l	Naphthalin µg/l	Acenaphthylen µg/l	Acenaphthen µg/l	Fluoren µg/l	Phenanthren µg/l	Anthracen µg/l	Fluoranthren µg/l	Pyren µg/l	Benzo[a]anthracen µg/l	Chrysen µg/l	Benzo[b]fluoranthren µg/l	Benzo[k]fluoranthren µg/l	Benzo[a]pyren µg/l	Indeno[1,2,3-cd]Pyren µg/l	Dibenz[a,h]anthracen µg/l	Benzo[ghi]perylen µg/l	Summe PAK (EPA) µg/l	Summe PAK ohne Naphtalin µg/l		
B2	12.07.2021	140	7	<1	<100	16	13	80	77	0,6	<50	80	190	0,55	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,67	0,12	
	30.04.2021	150	15	1	<100	14	12	120	72	<0,5	<50	80	960	0,42	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,49	0,07		
	21.08.2020	150	<5	<1	<100	17	9	110	86	<0,5	<50	130	40	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,15	0		
	12.05.2020	60	<5	<1	<100	16	8	40	87	<0,5	<50	130	70	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0		
	03.02.2020	60	<5	<1	<100	18	6	30	77	<0,5	<50	110	50	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05		
	04.11.2019	140	<5	<1	<100	16	10	60	88	<0,5	50	110	70	0,38	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,41	0,03		
	12.08.2019	150	<5	<1	<300	27	23	60	84	3,5	130	150	60	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19	0,01		
	06.06.2019	115	2	<1	28	38	4	10	79	<0,1	10	220	36																				
	25.02.2019	140	<5	<1	<200	63	13	110	92	1,4	-	300	90																				
	20.11.2018	<50	14	<1	<100	126	46	250	87	0,6	50	600	220																				
	20.08.2018	<50	<5	<1	<100	122	7	-	78	<0,5	<50	570	80																				
	24.05.2018	<50	-	<1	<100	102	9	310	94	<0,5	<50	550	120																				
	06.03.2018	120	<5	<1	<300	74	<5	-	122	3,3	<50	440	30																				
	21.11.2017	<50	<5	<1	<100	102	<5	-	90	<0,5	<50	520	<1																				
23.08.2017	130	<5	<1	<100	68	<5	-	154	<0,5	<50	430	30																					
05.06.2017	120	<5	<1	<100	78	<5	-	128	<0,5	<50	440	20																					
22.02.2017	110	<5	<1	<100	87	<5	-	107	<10	<50	460	20																					
02.10.2015	18	<1	<1	<50	61	<1	-	123	<0,1	<10	542	10																					
B3	12.07.2021	<50	<5	<1	<100	12	<5	260	322	<0,5	<50	<10	230	0,41	<0,05	0,3	0,11	0,05	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,89	0,48		
	30.04.2021	<50	8	<1	<100	11	<5	300	311	<0,5	<50	<10	530	0,66	0,09	0,27	0,11	<0,05	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,15	0,49		
	21.08.2020	<50	<5	<1	<100	11	<5	230	323	<0,5	<50	<10	210	<0,5	<0,05	0,3	0,11	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,47	0,47		
	12.05.2020	<50	<5	<1	<100	11	<5	170	305	<0,5	<50	<10	80	0,34	0,06	0,19	0,07	<0,05	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,67	0,33		
	03.02.2020	<50	<5	<1	<100	11	<5	140	276	<0,5	<50	<10	90	0,29	<0,05	0,16	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,45	0,16		
	04.11.2019	<50	<5	<1	<100	11	6	150	296	<0,5	370	<10	130	0,69	0,77	0,12	0,36	0,29	0,03	0,06	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,36	1,67		
	12.08.2019	<50	7	<1	<100	12	10	160	307	<0,5	50	10	210	0,68	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	0,03	0,06	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,61	0,93		
	06.06.2019	11	2	<1	<8	9	3	89	282	<0,1	10	10	120																				
	25.02.2019	<50	<5	<1	<100	10	<5	170	311	<0,5	-	<10	260																				
	20.11.2018	<50	6	<1	<100	10	7	170	294	0,6	<50	<10	290																				
	20.08.2018	<50	<5	<1	<100	11	5	-	303	<0,5	<50	<10	180																				
	24.05.2018	<50	-	<1	<300	9	<5	190	289	<0,5	<50	<10	100																				
	06.03.2018	<50	6	<1	<100	12	7	-	330	2,6	<50	<10	210																				
	21.11.2017	<50	<5	<1	<100	8	7	-	287	<0,5	<50	<10	40																				
23.08.2017	<50	6	<1	<100	11	8	-	349	<0,5	80	<10	400																					
05.06.2017	<50	6	<1	<100	14	10	-	334	0,6	<50	10	340																					
22.02.2017	<50	55	1	<100	19	80	-	351	<0,5	100	20	800																					
02.10.2015	10	<1	<1	<50	11	1	-	388	<0,1	10	9	19																					

Bezeichnung	Datum	Arsen µg/l	Blei µg/l	Cadmium µg/l	Chrom VI (sechswertig) µg/l	Chrom, gesamt µg/l	Kupfer, gesamt µg/l	Molybdän µg/l	Nickel µg/l	Quecksilber µg/l	Titan µg/l	Vanadium µg/l	Zink µg/l	Naphthalin µg/l	Acenaphthylen µg/l	Acenaphthen µg/l	Fluoren µg/l	Phenanthren µg/l	Anthracen µg/l	Fluoranthren µg/l	Pyren µg/l	Benzo[a]anthracen µg/l	Chrysen µg/l	Benzo[b]fluoranthren µg/l	Benzo[k]fluoranthren µg/l	Benzo[a]pyren µg/l	Indeno[1,2,3-cd]Pyren µg/l	Dibenz[a,h]anthracen µg/l	Benzo[ghi]perylen µg/l	Summe PAK (EPA) µg/l	Summe PAK ohne Naphtalin µg/l	
B4	12.07.2021	<50	<5	<1	<100	7	10	470	48	<0,5	<50	20	280	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	0,01	
	30.04.2021	<50	<5	<1	<100	6	6	730	69	<0,5	<50	20	260	0,1	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19	0,09	
	30.11.2020	<50	<5	<1	<100	<5	<5	610	64	<0,5	<50	20	10	0,39	<0,05	0,15	<0,05	0,07	0,03	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,66	0,27	
	17.11.2020	<50	52	1	<100	48	104	730	127	0,7	550	90	390	0,25	<0,05	0,15	<0,05	0,17	0,04	0,23	0,23	0,06	0,05	0,06	0,01	0,06	0,03	<0,01	0,03	1,37	1,12	
	21.08.2020	<50	<5	<1	<100	5	9	250	55	<0,5	<50	20	110	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0	
	12.05.2020	<50	<5	<1	<100	<5	8	170	38	<0,5	<50	20	120	<0,1	0,99	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,99	0,99
	03.02.2020	<50	<5	<1	<100	<5	6	390	66	<0,5	<50	20	80	<0,5	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01
	04.11.2019	<50	<5	<1	<100	<5	6	410	71	<0,5	<50	20	100	0,22	0,55	0,64	<0,05	<0,05	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,42	1,2
	12.08.2019	<50	<5	<1	<100	<5	7	500	81	<0,5	<50	20	120	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02
	06.06.2019	27	2	<1	<8	2	5	47	83	<0,1	20	22	62																			
	25.02.2019	<50	<5	<1	<100	<5	7	570	110	<0,5	-	20	90																			
	20.11.2018	<50	<5	<1	<100	<5	5	620	117	<0,5	<50	20	60																			
	20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	5	-	139	<0,5	<50	20	60																			
	24.05.2018	<50	-	<1	<100	<5	<5	650	153	<0,5	<50	30	60																			
	06.03.2018	<50	<5	1	<100	7	9	-	135	2	<50	30	50																			
21.11.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	133	<0,5	<50	30	10																				
23.08.2017	<50	6	<1	<100	10	20	-	163	<0,5	60	40	100																				
05.06.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	105	0,8	<50	30	20																				
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	6	8	-	96	<0,5	<50	30	40																				
B5	12.07.2021	<50	<5	<1	<100	13	52	120	132	<0,5	<50	<10	20	0,45	<0,05	0,48	<0,05	0,66	0,02	0,11	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,79	1,34
	21.05.2021	<50	<5	<1	<100	<5	198	140	316	<0,5	<50	<10	10	0,52	<0,05	0,47	<0,05	1,2	0,03	0,13	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,42	1,9
	30.04.2021	<50	<5	<1	<100	<5	20	140	113	<0,5	<50	<10	70	0,51	<0,05	0,49	<0,05	0,81	0,01	0,11	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2	1,49	
Schacht A	12.07.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	890	<5	<0,5	<50	<10	80	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,03
	30.04.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	830	80	<0,5	<50	<10	360	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	08.04.2021	<50	<5	<1	<100	<5	64	780	59	<0,5	<50	<10	100	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	0,03	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,06
	21.08.2020	<50	<5	<1	<100	<5	31	670	<5	<0,5	<50	<10	330	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,01	0,05	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	0,14
	12.05.2020	<50	<5	<1	<100	<5	19	1050	<5	<0,5	<50	<10	80	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,03
	03.02.2020	<50	<5	<1	<100	6	6	600	<5	<0,5	90	10	90	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,01	0,05	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	0,14
	04.11.2019	<50	<5	<1	<100	10	11	1050	<5	<0,5	90	<10	550	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,21	0,04	0,34	0,24	0,12	0,12	0,15	0,05	0,08	0,05	0,02	0,06	1,48	1,48	
	12.08.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	850	<5	<0,5	<50	<10	120	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,01	0,04	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	0,14
	06.06.2019	8	<1	0,3	<8	1	2	1220	3	<0,1	<10	80	94																			
	25.02.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	1060	<5	<0,5	-	<10	40																			
	20.11.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	1000	<5	<0,5	<50	<10	70																			
	20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	6	<0,5	<50	10	120																			
	24.05.2018	<50	-	<1	<100	<5	<5	1070	<5	<0,5	<50	10	120																			
	06.03.2018	<50	11	<1	<100	<5	160	-	<5	0,9	<50	<10	310																			
	21.11.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	<10	20																			
23.08.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	<10	110																				
05.06.2017	<50	<5	2	<100	<5	30	-	<5	<0,5	<50	70	210																				
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	137	8	-	17	<0,5	<50	40	390																				
27.08.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	<10	70																				
16.07.2015	<50	5	<1	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	10	140																				

Bezeichnung	Datum	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom VI (sechswertig)	Chrom, gesamt	Kupfer, gesamt	Molybdän	Nickel	Quecksilber	Titan	Vanadium	Zink	Naphthalin	Acenaphthylen	Acenaphthen	Fluoren	Phenanthren	Anthracen	Fluoranthren	Pyren	Benzo[a]anthracen	Chrysen	Benzo[b]fluoranthren	Benzo[k]fluoranthren	Benzo[a]pyren	Indeno[1,2,3-cd]Pyren	Dibenz[a,h]anthracen	Benzo[ghi]perylen	Summe PAK (EPA)	Summe PAK ohne Naphtalin			
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		
Schacht B	12.07.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	720	<5	<0,5	<50	<10	50	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05		
	30.04.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	660	16	<0,5	<50	<10	16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0			
	22.02.2021	11	<1	<1	<8	<1	4	858	6	<0,1	<10	<2	41	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0			
	03.02.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	490	7	<0,5	<50	<10	70	0,52	<0,05	0,49	0,11	0,06	0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,23	0,71			
	21.08.2020	<50	<5	<1	<100	<5	<5	700	<5	<0,5	<50	<10	30	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,06			
	12.05.2020	<50	<5	<1	<100	<5	<5	700	5	<0,5	<50	<10	370	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02			
	03.02.2020	<50	<5	<1	<100	<5	13	640	<5	<0,5	<50	<10	70	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02			
	04.11.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	690	<5	<0,5	<50	<10	40	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0			
	12.08.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	590	16	<0,5	<50	<10	50	0,99	<0,05	2,4	0,51	<0,05	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,91	2,92			
	06.06.2019	4	<1	<1	<8	<1	<1	477	11	<0,1	<10	6	114																					
	25.02.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	380	12	<0,5	-	20	30																					
	20.11.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	650	16	<0,5	<50	<10	20																					
	20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	14	<0,5	<50	10	10																					
	24.05.2018	<50	-	<1	<100	<5	<5	450	12	<0,5	<50	<10	20																					
	21.11.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	<10	20																					
	23.08.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	9	<0,5	<50	<10	110																					
	05.06.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	12	<0,5	<50	<10	20																					
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	5	<5	-	15	<0,5	<50	<10	30																						
01.10.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	7	<0,5	<50	<10	30																						
27.08.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	7	<0,5	<50	<10	50																						
16.07.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	9	<0,5	<50	<10	50																						
Schacht C	12.07.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	3980	5	<0,5	<50	60	<1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0			
	30.04.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	4470	5	<0,5	<50	80	30	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0			
	20.01.2021	<50	<5	1	<100	<5	8	5960	5	<0,5	<50	220	50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0			
	22.12.2020	<50	<5	2	<100	<5	<5	8340	8	<0,5	<50	170	10	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0		
	15.12.2020	<50	<5	1	<100	<5	5	4080	7	<0,5	<50	40	60	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0		
	07.12.2020	<50	<5	2	<100	<5	5	3740	9	<0,5	<50	40	30	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0		
	21.08.2020	<50	<5	<1	<100	7	<5	4110	9	<0,5	<50	60	20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0			
	12.05.2020	<50	<5	<1	<100	<5	<5	3270	6	<0,5	<50	30	10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02		
	03.02.2020	<50	<5	2	<100	7	<5	4370	6	<0,5	<50	50	20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02		
	04.11.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	2800	9	<0,5	<50	10	<1	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0		
	12.08.2019	<50	<5	2	<100	<5	<5	4600	11	<0,5	<50	90	50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02		
	06.06.2019	26	<1	0,6	<10	<1	2	2940	9	<0,1	<10	61	10																					
	25.02.2019	<50	<5	1	<100	<5	<5	5800	6	<0,5	-	230	100																					
	20.11.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	4530	10	<0,5	<50	140	<1																					
	20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	8	<0,5	<50	30	20																					
	24.05.2018	<50	-	<1	<100	<5	<5	4690	6	<0,5	<50	260	<1																					
	06.03.2018	<50	<5	9	<100	<5	<5	-	7	<0,5	<50	70	70																					
21.11.2017	<50	<5	1	<100	<5	<5	-	5	<0,5	<50	90	<1																						
23.08.2017	<50	<5	2	<100	<5	7	-	8	<0,5	<50	110	220																						
05.06.2017	<50	<5	3	<100	<5	<5	-	6	<0,5	<50	40	20																						
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	6	<0,5	<50	30	10																						
01.10.2015	<50	<5	2	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	10	10																						
27.08.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	10	320																						
16.07.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	7	<0,5	<50	10	560																						

Bezeichnung	Datum	Arsen µg/l	Blei µg/l	Cadmium µg/l	Chrom VI (sechswertig) µg/l	Chrom, gesamt µg/l	Kupfer, gesamt µg/l	Molybdän µg/l	Nickel µg/l	Quecksilber µg/l	Titan µg/l	Vanadium µg/l	Zink µg/l	Naphthalin µg/l	Acenaphthylen µg/l	Acenaphthen µg/l	Fluoren µg/l	Phenanthren µg/l	Anthracen µg/l	Fluoranthren µg/l	Pyren µg/l	Benzo[a]anthracen µg/l	Chrysen µg/l	Benzo[b]fluoranthren µg/l	Benzo[k]fluoranthren µg/l	Benzo[a]pyren µg/l	Indeno[1,2,3-cd]Pyren µg/l	Dibenz[a,h]anthracen µg/l	Benzo[ghi]perylen µg/l	Summe PAK (EPA) µg/l	Summe PAK ohne Naphtalin µg/l	
Schacht D	12.07.2021	<50	<5	<1	<100	8	38	560	20	<0,5	<50	60	100	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	
	30.04.2021	<50	5	<1	<100	52	163	280	29	<0,5	<50	140	180	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0	
	24.03.2021	42	<1	<1	<8	29	152	581	55	<0,1	20	110	10	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,21	0,04	
	11.03.2021	<50	<5	<1	<100	25	12	470	32	<0,5	<50	150	60	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,27	<0	
	21.08.2020	<50	<5	<1	<100	39	<5	500	29	<0,5	<50	150	<1	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0	
	12.05.2020	<50	<5	<1	300	300	17	1280	14	<0,5	<50	80	100	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0	
	03.02.2020	<50	<5	<1	<100	13	51	430	18	<0,5	<50	70	100	0,14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	0	
	04.11.2019	<50	<5	<1	<100	19	41	580	28	<0,5	<50	130	220	0,18	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,36	0,18	
	12.08.2019	<50	<5	<1	<100	20	<5	670	31	3,4	<50	110	150	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19	0,02	
	06.06.2019	30	<1	0,3	<10	4	4	42	25	<0,1	10	31	19																			
	25.02.2019	<50	<5	<1	<100	8	<5	700	19	1,6	-	60	30																			
	20.11.2018	<50	<5	<1	<100	8	8	740	20	1,2	<50	50	60																			
	20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	-	<5	<0,5	<50	<10	60																			
	24.05.2018	<50	-	<1	<100	<5	<5	40	<5	<0,5	<50	<10	20																			
	05.06.2017	<50	<5	2	<100	18	70	-	10	<0,5	<50	10	810																			
	22.02.2017	<50	<5	<1	<100	9	<5	-	<5	<0,5	<50	<10	210																			
01.10.2015	<50	6	<1	<100	<5	80	-	16	<0,5	<50	90	90																				
27.08.2015	80	<5	<1	<100	<5	6	-	18	0,7	<50	110	30																				
16.07.2015	80	<5	<1	<100	8	7	-	23	1,4	<50	140	90																				
Schacht E	12.07.2021	<50	<1	<1	3700	3640	10	11900	<5	<0,5	<50	260	90	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0	
	30.04.2021	<50	11	2	3500	3450	15	10800	8	<0,5	<50	250	160	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0
	01.04.2021	<50	<5	2	<100	2720	56	9220	43	<0,5	<50	220	<1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0
	24.03.2021	4	<1	2,4	114	3630	37	11800	26	<0,1	<10	241	36	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0	<0
	21.08.2020	<50	<5	3	4100	4070	<5	11200	<5	<0,5	<50	250	20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0
	12.05.2020	<50	<5	3	3500	3190	8	10200	<5	<0,5	<50	230	100	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,12	0,08	0,02	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,26	0,26
	03.02.2020	<50	<5	4	3600	3420	7	9810	<5	<0,5	<50	250	90	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0	0	
	04.11.2019	<50	<5	4	3800	3560	11	11400	<5	<0,5	<50	240	200	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,03	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,06
	12.08.2019	<50	<5	3	1500	2730	15	8430	<5	<0,5	<50	210	420	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	0,1	
	06.06.2019	6	<1	1,8	2570	2380	2	8200	<1	<0,1	40	228	44																			
	25.02.2019	<50	<5	<1	400	1970	<5	8220	<5	<0,5	-	200	30																			
	20.11.2018	<50	<5	1	1500	1490	7	7080	<5	<0,5	<50	200	30																			
	20.08.2018	<50	<5	<1	200	488	<5	-	<5	<0,5	<50	120	60																			
	24.05.2018	<50	-	<1	400	410	<5	5170	<5	<0,5	<50	110	30																			
	06.03.2018	<50	<5	12	300	598	<5	-	<5	1	<50	100	50																			
	21.11.2017	<50	<5	1	540	653	<5	-	<5	<0,5	<50	130	10																			
23.08.2017	<50	<5	<1	<100	143	6	-	6	<0,5	<50	40	690																				
05.06.2017	<50	<5	<1	<100	15	<5	-	<5	<0,5	<50	10	300																				
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	136	<5	-	<5	<0,5	50	40	480																				
01.10.2015	<50	<5	3	<100	69	<5	-	<5	<0,5	<50	30	110																				
27.08.2015	<50	<5	<1	100	142	<5	-	<5	<0,5	<50	40	140																				
16.07.2015	<50	<5	<1	<100	426	<5	-	<5	<0,5	<50	110	590																				



- Höhenlinie, berechnet aus DEM Feb. 2021
- ⊕ Grundwassermessstelle, Bestand
- ⊕ Grundwassermessstelle, neu
- ▲ Bodenluftmessstelle
- Lemberg-Box
- Sickerwasserschacht
- ⊗ Sickerwassermessstelle
- ⋯ Tagebaugrenze nach Angaben der Fa. Nottenkämper

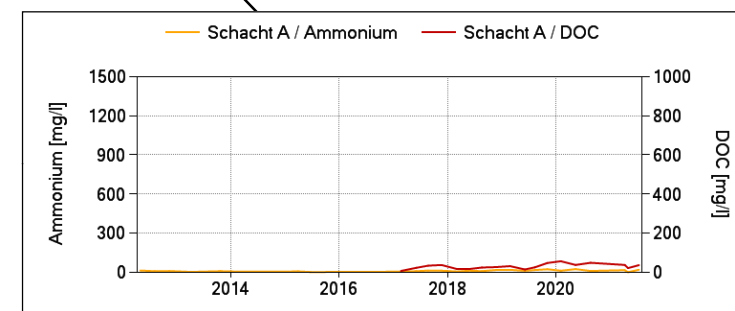
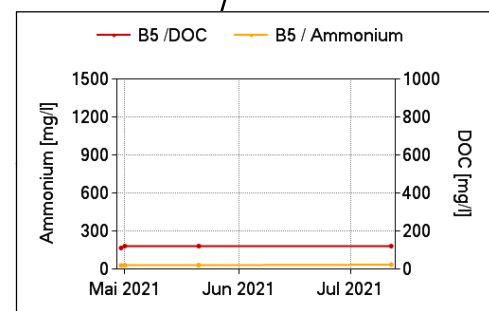
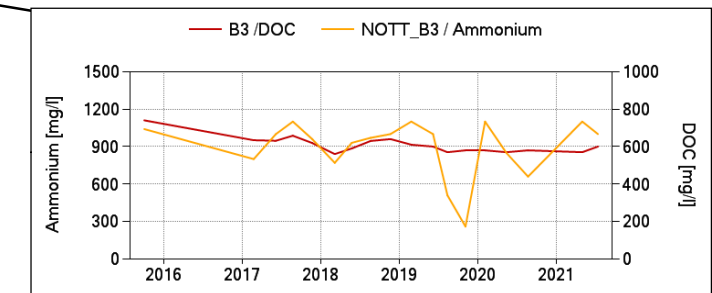
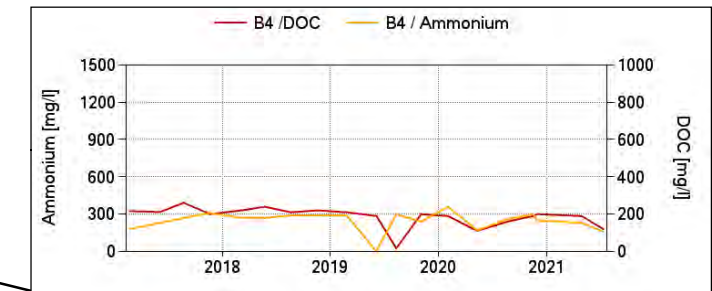
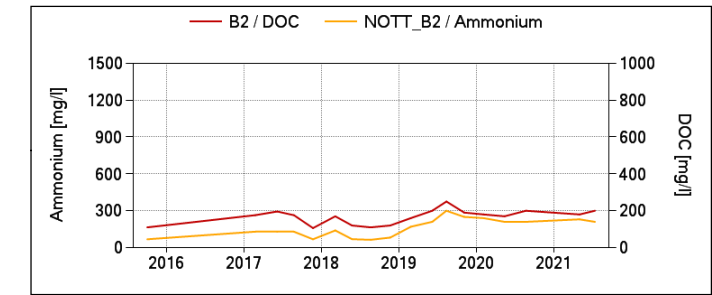
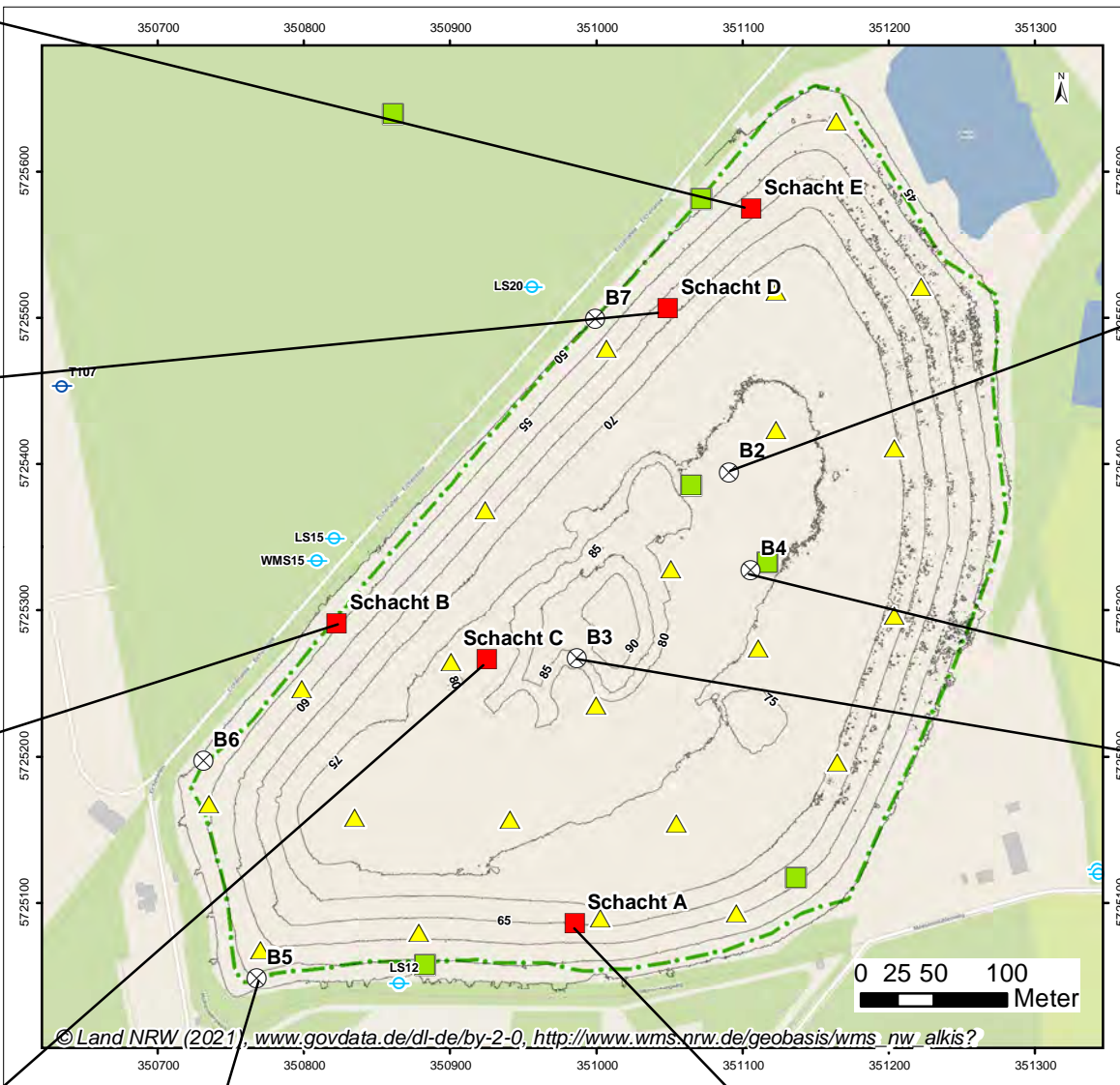
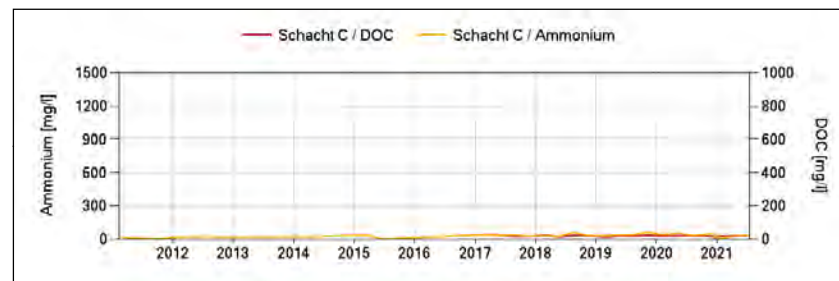
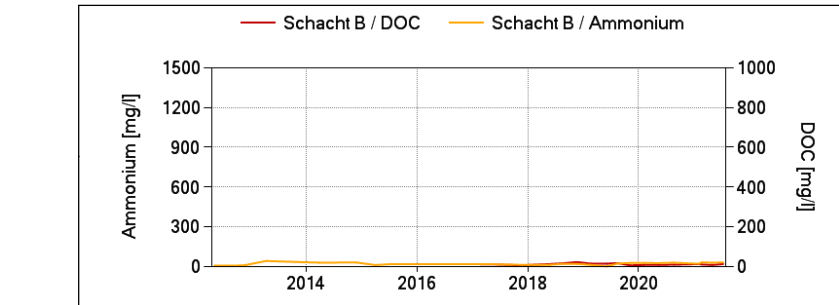
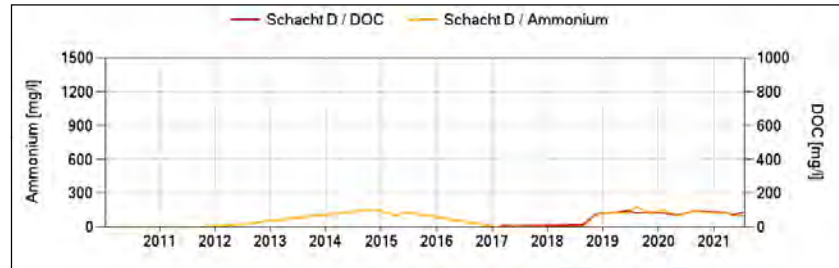
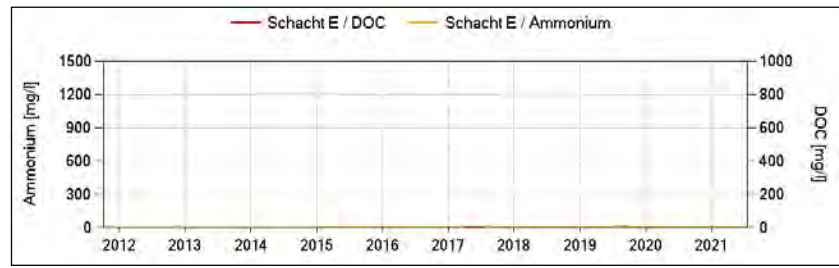
NOTTENKÄMPER

Auswertung der Pumpversuche im Sickerwasser der Verfüllung Mühlberg

Chlorid & Sulfat im Sickerwasser Anlage 3

entworfen : AM	Datum: Nov. 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:5.000	Projektzeichen: NOTT4
gezeichnet : CL				
geprüft :				

Wasser
Boden
Geomatik



- Höhenlinie, berechnet aus DEM Feb. 2021
- ⊕ Grundwassermessstelle, Bestand
- ⊕ Grundwassermessstelle, neu
- ▲ Bodenluftmessstelle
- Lemberg-Box
- Sickerwasserschacht
- ⊗ Sickerwassermessstelle
- ⋯ Tagesbaugrenze nach Angaben der Fa. Nottenkämper

NOTTENKÄMPER

Auswertung der Pumpversuche im Sickerwasser der Verfüllung Mühlenberg

Ammonium & DOC im Sickerwasser Anlage 4

entworfen : AM	Datum: Nov. 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:5.000	Projektzeichen: NOTT4
gezeichnet : CL				
geprüft :				

Wasser
Boden
Geomatik

Schacht E													
Datum	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom VI	Chrom, gesamt	Kupfer, gesamt	Molybdän	Nickel	Quecksilber	Titan	Vanadium	Zink	
12.07.2021	<50	<5	<1	<100	3700	3640	10	11900	<5	<0,5	<50	260	90
30.04.2021	<50	11	2	<100	3500	3450	15	10800	8	<0,5	<50	250	160
01.04.2021	<50	<5	2	<100	2720	56	9220	43	<0,5	<50	220	<1	<1
24.03.2021	4	<1	2,4	114	3630	37	11800	26	<0,1	<10	241	36	<1
21.08.2020	<50	<5	3	4100	4070	<5	11200	<5	<0,5	<50	250	20	<1
12.05.2020	<50	<5	3	3500	3190	8	10200	<5	<0,5	<50	230	100	<1
03.02.2020	<50	<5	4	3600	3420	7	9810	<5	<0,5	<50	250	90	<1
04.11.2019	<50	<5	4	3800	3560	11	11400	<5	<0,5	<50	240	200	<1
12.08.2019	<50	<5	3	1500	2730	15	8430	<5	<0,5	<50	210	420	<1
06.06.2019	6	<1	1,8	2570	2380	2	8200	<1	<0,1	40	228	44	<1
25.02.2019	<50	<5	<1	400	1970	<5	8220	<5	<0,5	<50	200	30	<1
20.11.2018	<50	<5	<1	1500	1490	7	7080	<5	<0,5	<50	200	30	<1
20.08.2018	<50	<5	<1	200	488	<5	<5	<5	<0,5	<50	120	60	<1
24.05.2018	<50	<5	<1	400	410	<5	5170	<5	<0,5	<50	110	30	<1
06.03.2018	<50	<5	12	300	598	<5	<5	1	<50	100	50	<1	<1
21.11.2017	<50	<5	1	540	653	<5	<5	<5	<0,5	<50	130	10	<1
23.08.2017	<50	<5	<1	<100	143	6	6	6	<0,5	<50	40	690	<1
05.06.2017	<50	<5	<1	<100	15	<5	<5	<5	<0,5	<50	10	300	<1
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	136	<5	<5	<5	<0,5	<50	50	40	480
01.10.2015	<50	<5	3	<100	69	<5	<5	<5	<0,5	<50	30	110	<1
27.08.2015	<50	<5	<1	100	142	<5	<5	<5	<0,5	<50	40	140	<1
16.07.2015	<50	<5	<1	<100	426	<5	<5	<5	<0,5	<50	110	590	<1

Schacht D													
Datum	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom VI	Chrom, gesamt	Kupfer, gesamt	Molybdän	Nickel	Quecksilber	Titan	Vanadium	Zink	
12.07.2021	<50	<5	<1	<100	8	38	560	20	<0,5	<50	60	100	<1
30.04.2021	<50	5	<1	<100	52	163	280	29	<0,5	<50	140	180	<1
24.03.2021	42	<1	<1	<8	29	152	581	55	<0,1	20	110	10	<1
11.03.2021	<50	<5	<1	<100	25	12	470	32	<0,5	<50	150	60	<1
21.08.2020	<50	<5	<1	<100	39	<5	500	29	<0,5	<50	150	<1	<1
12.05.2020	<50	<5	<1	300	300	17	1280	14	<0,5	<50	80	100	<1
03.02.2020	<50	<5	<1	<100	13	51	430	18	<0,5	<50	70	100	<1
04.11.2019	<50	<5	<1	<100	19	41	580	28	<0,5	<50	130	220	<1
12.08.2019	<50	<5	<1	<100	20	<5	670	31	3,4	<50	110	150	<1
06.06.2019	30	<1	0,3	<10	4	4	42	25	<0,1	10	31	19	<1
25.02.2019	<50	<5	<1	<100	8	<5	700	19	1,6	<50	60	30	<1
20.11.2018	<50	<5	<1	<100	8	8	740	20	1,2	<50	50	60	<1
20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	<5	<5	<0,5	<50	<10	60	<1
24.05.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	40	<5	<0,5	<50	<10	20	<1
05.06.2017	<50	<5	2	<100	18	70	<5	10	<0,5	<50	10	810	<1
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	9	<5	<5	<5	<0,5	<50	<10	210	<1
01.10.2015	<50	6	<1	<100	<5	80	<5	16	<0,5	<50	90	90	<1
27.08.2015	80	<5	<1	<100	<5	6	<5	18	0,7	<50	110	30	<1
16.07.2015	80	<5	<1	<100	8	7	<5	23	1,4	<50	140	90	<1

Schacht B													
Datum	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom VI	Chrom, gesamt	Kupfer, gesamt	Molybdän	Nickel	Quecksilber	Titan	Vanadium	Zink	
12.07.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	720	<5	<0,5	<50	<10	50	<1
30.04.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	660	16	<0,5	<50	<10	16	<1
22.02.2021	11	<1	<1	<8	<1	4	858	6	<0,1	<10	42	41	<1
03.02.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	490	7	<0,5	<50	<10	70	<1
21.08.2020	<50	<5	<1	<100	<5	<5	700	<5	<0,5	<50	<10	30	<1
12.05.2020	<50	<5	<1	<100	<5	<5	700	5	<0,5	<50	<10	370	<1
03.02.2020	<50	<5	<1	<100	<5	13	640	<5	<0,5	<50	<10	70	<1
04.11.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	690	<5	<0,5	<50	<10	40	<1
12.08.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	590	16	<0,5	<50	<10	50	<1
06.06.2019	4	<1	<1	<8	<1	<1	477	11	<0,1	<10	6	114	<1
25.02.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	380	12	<0,5	<50	<10	20	30
20.11.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	650	16	<0,5	<50	<10	20	<1
20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	14	<0,5	<50	<10	10	10	<1
24.05.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	450	12	<0,5	<50	<10	20	<1
21.11.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	<5	<5	<0,5	<50	<10	20	<1
23.08.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	9	<0,5	<50	<10	110	<1	<1
05.06.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	12	<0,5	<50	<10	20	<1	<1
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	5	<5	15	<0,5	<50	<10	30	<1	<1
01.10.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	7	<0,5	<50	<10	30	<1	<1
27.08.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	7	<0,5	<50	<10	50	<1	<1
16.07.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	9	<0,5	<50	<10	50	<1	<1

Schacht C													
Datum	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom VI	Chrom, gesamt	Kupfer, gesamt	Molybdän	Nickel	Quecksilber	Titan	Vanadium	Zink	
12.07.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	3980	5	<0,5	<50	60	<1	<1
30.04.2021	<50	<5	<1	<100	<5	<5	4470	5	<0,5	<50	80	30	<1
20.01.2021	<50	<5	1	<100	<5	8	5960	5	<0,5	<50	220	50	<1
22.12.2020	<50	<5	2	<100	<5	5	8340	8	<0,5	<50	170	10	<1
15.12.2020	<50	<5	1	<100	<5	5	4080	7	<0,5	<50	40	60	<1
07.12.2020	<50	<5	2	<100	<5	5	3740	9	<0,5	<50	40	30	<1
21.08.2020	<50	<5	<1	<100	7	<5	4110	9	<0,5	<50	60	20	<1
12.05.2020	<50	<5	<1	<100	<5	<5	3270	6	<0,5	<50	30	10	<1
03.02.2020	<50	<5	<1	<100	7	<5	4370	6	<0,5	<50	50	20	<1
04.11.2019	<50	<5	<1	<100	<5	<5	2800	9	<0,5	<50	10	<1	<1
12.08.2019	<50	<5	2	<100	<5	<5	4600	11	<0,5	<50	90	50	<1
06.06.2019	26	<1	0,6	<10	<1	2	2940	9	<0,1	<10	61	10	<1
25.02.2019	<50	<5	1	<100	<5	<5	5800	6	<0,5	<50	230	100	<1
20.11.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	4530	10	<0,5	<50	140	<1	<1
20.08.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	8	<0,5	<50	30	20	<1	<1
24.05.2018	<50	<5	<1	<100	<5	<5	4690	6	<0,5	<50	260	<1	<1
06.03.2018	<50	<5	9	<100	<5	<5	7	<0,5	<50	70	70	<1	<1
21.11.2017	<50	<5	1	<100	<5	<5	5	<0,5	<50	90	<1	<1	<1
23.08.2017	<50	<5	2	<100	<5	7	8	<0,5	<50	110	220	<1	<1
05.06.2017	<50	<5	3	<100	<5	<5	6	<0,5	<50	40	20	<1	<1
22.02.2017	<50	<5	<1	<100	<5	<5	6	<0,5	<50	30	10	<1	<1
01.10.2015	<50	<5	2	<100	<5	<5	7	<0,5	<50	10	10	<1	<1
27.08.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	7	<0,5	<50	10	320	<1	<1
16.07.2015	<50	<5	<1	<100	<5	<5	7	<0,5	<50	10	560	<1	<1

B3													
Datum	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom VI	Chrom, gesamt	Kupfer, gesamt	Molybdän	Nickel	Quecksilber	Titan	Vanadium	Zink	
12.07.2021	<50	<5	<1	<100	12	<5	260	322	<0,5	<50	<10	230	<1
30.04.2021	<50	<5	<1	<100	11	<5	300	311	<0,5	<50	<10	530	<1
21.08.2020	<50	<5	<1	<100	11	<5	230	323	<0,5	<50	<10	210	<1
12.05.2020	<50	<5	<1	<100	11	<5	170	305	<0,5	<50	<10	80	<1
03.02.2020	<50	<5	<1	&									

**Dokumentation 1:
Probenahmeprotokolle (33 Seiten)**

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A11

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 30.04.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht A

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 9:10

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>ohne</u>	Trübung *	<u>ohne</u>
Schaumbildung *	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>schwach muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>7</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>16,1</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>7,0</u>	_____	_____
Leitfähigkeit [µS/cm](25°C):	<u>7050</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A11

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 30.04.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht B

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 10:45

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>ohne</u>	Trübung *	<u>ohne</u>
Schaumbildung *	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>schwach muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>8</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>8,1</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>7,6</u>	_____	_____
Leitfähigkeit [μ S/cm](25°C):	<u>8060</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A11

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 30.04.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht C

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 11:00

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>ohne</u>	Trübung *	<u>ohne</u>
Schaumbildung *	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>schwach muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>8</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>15,2</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>9,2</u>	_____ [_____
Leitfähigkeit [µS/cm](25°C):	<u>6790</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A11

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 30.04.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht D

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 11:30

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>schwach braun</u>	Trübung *	<u>schwach</u>
Schaumbildung	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>deutlich muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>8</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>9,6</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>9,9</u>	_____	_____
Leitfähigkeit [µS/cm](25°C):	<u>12780</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A11

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 30.04.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht E

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 11:15

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>schwach grüngrau</u>	Trübung *	<u>schwach</u>
Schaumbildung *	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>schwach muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>8</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>13,2</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>10,2</u>	_____	_____
Leitfähigkeit [µS/cm](25°C):	<u>5290</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 30.04.2021 Uhrzeit: 12:15

Entnahmeort : Schembeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 2 UTM Rechtswert : 32U 0.351.095
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.395
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 75

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____
Gerät: Grundfos SQ1/65 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>46,2</u> m unter MP	Entnahmetiefe	<u>37,0</u> m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>35,57</u> m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u> l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u> m unter MP	Förderzeit	<u>/</u> min
Absenkung	<u>/</u> m	Fördermenge	<u>5</u> l

Beobachtungen am Grundwasser


Trübung	<u>ohne</u>	Bodensatz	<u>ohne</u>
Färbung	<u>schwach gelbbraun</u>	Sonstiges	_____
Geruch	<u>deutlich muffig</u>		_____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>9</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (ohne Kompensation)
Witterung:	<u>bedeckt</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (mit Kompensation)
Zeit [min]:	<u>/</u>		
Wassertemperatur [°C]:	<u>29,1</u>		
pH-Wert:	<u>9,1</u>		
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C):	<u>22200</u>		
Sauerstoffgehalt [mg/l]:	<u>/</u>		

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Bemerkungen: Filtration (Metalle) vor Ort ja

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____
Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 30.04.2021 Uhrzeit: 13:00

Entnahmeort : Schembeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 3 UTM Rechtswert : 32U 0.350.982
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.250
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 75

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____
Gerät: Grundfos SQ1/65 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>41,8</u> m unter MP	Entnahmetiefe	<u>ca. 32</u> m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>30,62</u> m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u> l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u> m unter MP	Förderzeit	<u>/</u> min
Absenkung	<u>/</u> m	Fördermenge	<u>5</u> l

Beobachtungen am Grundwasser

Trübung	<u>deutlich</u>	Bodensatz	<u>schwach</u>
Färbung	<u>deutlich dunkelbraun</u>	Sonstiges	_____
Geruch	<u>deutlich muffig</u>		_____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>9</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (ohne Kompensation)
Witterung:	<u>bedeckt</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (mit Kompensation)
Zeit [min]:	<u>/</u>		
Wassertemperatur [°C]:	<u>17,6</u>		
pH-Wert:	<u>8,3</u>		
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C):	<u>10440</u>		
Sauerstoffgehalt [mg/l]:	<u>/</u>		

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Bemerkungen: Filtration (Metalle) vor Ort ja

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 30.04.2021 Uhrzeit: 11:45

Entnahmeort : Schembeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 4 UTM Rechtswert : 32U 0.351.101
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.322
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 150

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____
Gerät: Grundfos SQ1/65 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>44,2</u> m unter MP	Entnahmetiefe	<u>37,0</u> m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>35,00</u> m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u> l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u> m unter MP	Förderzeit	<u>/</u> min
Absenkung	<u>/</u> m	Fördermenge	<u>5</u> l

Beobachtungen am Grundwasser


Trübung schwach Bodensatz ohne
Färbung schwach braun Sonstiges _____
Geruch deutlich muffig-faulig _____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>8</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (ohne Kompensation)
Witterung:	<u>bedeckt</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (mit Kompensation)
Zeit [min]:	<u>/</u>	_____	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>21,7</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>9,2</u>	_____	_____
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C):	<u>26000</u>	_____	_____
Sauerstoffgehalt [mg/l]:	<u>/</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Bemerkungen: Filtration (Metalle) vor Ort ja

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____
Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 30.04.2021 Uhrzeit: 9:45

Entnahmeort : Schembeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 5 UTM Rechtswert : 32U 0.350.770
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.048
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 125

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____
Gerät: Grundfos MP1 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>6,2</u> m unter MP	Entnahmetiefe	<u>ca. 5,3</u> m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>4,31</u> m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u> l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u> m unter MP	Förderzeit	<u>/</u> min
Absenkung	<u>/</u> m	Fördermenge	<u>5</u> m ³

Beobachtungen am Grundwasser


Trübung ohne Bodensatz ohne
Färbung ohne Sonstiges _____
Geruch deutlich muffig _____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>7</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (ohne Kompensation)
Witterung:	<u>bedeckt</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (mit Kompensation)
Zeit [min]:	<u>/</u>		
Wassertemperatur [°C]:	<u>13,7</u>		
pH-Wert:	<u>12,9</u>		
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C):	<u>12380</u>		
Sauerstoffgehalt [mg/l]:	<u>/</u>		

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Bemerkungen: Filtration (Metalle) vor Ort ja

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____
Unterschrift / Zeichen 

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13



Umwelt

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 12.07.2021 **Uhrzeit:** 12:40

Entnahmeort : Schermbeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 2 UTM Rechtswert : 32U 0.351.095
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.395
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 75

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____

Gerät: Grundfos SQ1/65 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>46,2</u>	m unter MP	Entnahmetiefe	<u>ca. 37,0</u>	m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>35,44</u>	m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u>	l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u>	m unter MP	Förderzeit	<u>/</u>	min
Absenkung	<u>/</u>	m	Fördermenge	<u>5</u>	l

Beobachtungen am Grundwasser

Trübung	<u>ohne</u>	Bodensatz	<u>ohne</u>
Färbung	<u>schwach gelbbraun</u>	Sonstiges	_____
Geruch	<u>deutlich muffig</u>		_____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>23</u>	Redoxpotential	<u>/</u>	mV (ohne Kompensation)
Witterung:	<u>wolkig</u>	Redoxpotential	<u>/</u>	mV (mit Kompensation)
Zeit [min]:	<u>/</u>			
Wassertemperatur [°C]:	<u>31,5</u>			
pH-Wert:	<u>9,1</u>			
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C):	<u>22100</u>			
Sauerstoffgehalt [mg/l]:	<u>/</u>			

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Bemerkungen: Filtration (Metalle) vor Ort ja

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13



Umwelt

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 12.07.2021 **Uhrzeit:** 13:40

Entnahmeort : Schermbeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 3 UTM Rechtswert : 32U 0.350.982
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.250
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 75

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____
Gerät: Grundfos SQ1/65 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>41,8</u> m unter MP	Entnahmetiefe	<u>ca. 32</u> m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>30,62</u> m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u> l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u> m unter MP	Förderzeit	<u>/</u> min
Absenkung	<u>/</u> m	Fördermenge	<u>5</u> l

Beobachtungen am Grundwasser

Trübung deutlich Bodensatz schwach
Färbung deutlich dunkelbraun Sonstiges _____
Geruch deutlich muffig _____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]: 23 Redoxpotential / mV (ohne Kompensation)
Witterung: wolkig Redoxpotential / mV (mit Kompensation)
Zeit [min]: /
Wassertemperatur [°C]: 24,2
pH-Wert: 8,2
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C): 10560
Sauerstoffgehalt [mg/l]: /

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Filtration (Metalle) vor Ort ja

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____
Unterschrift / Zeichen

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13



Umwelt

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 12.07.2021 **Uhrzeit:** 11:35

Entnahmeort : Schembeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 4 UTM Rechtswert : 32U 0.351.101
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.322
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 150

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____

Gerät: Grundfos SQ1/65 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>44,2</u> m unter MP	Entnahmetiefe	<u>ca. 36,0</u> m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>34,90</u> m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u> l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u> m unter MP	Förderzeit	<u>/</u> min
Absenkung	<u>/</u> m	Fördermenge	<u>5</u> l

Beobachtungen am Grundwasser

Trübung schwach Bodensatz ohne
Färbung schwach braun Sonstiges _____
Geruch deutlich muffig-faulig _____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>22</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (ohne Kompensation)
Witterung:	<u>wolkig</u>	Redoxpotential	<u>/</u> mV (mit Kompensation)
Zeit [min]:	<u>/</u>		
Wassertemperatur [°C]:	<u>28,9</u>		
pH-Wert:	<u>8,6</u>		
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C):	<u>18300</u>		
Sauerstoffgehalt [mg/l]:	<u>/</u>		

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Bemerkungen: Filtration (Metalle) vor Ort ja

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen

Probenahmeprotokoll Sickerwasser

analog DIN 38402 A13



Umwelt

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Projekt Nr: _____

Datum: 12.07.2021 **Uhrzeit:** 11:30

Entnahmeort : Schermbeck, Deponie Mühlenberg

Entnahmestelle: B 5 UTM Rechtswert : 32U 0.350.770
Art der Entnahmestelle: Brunnen Quelle UTM Hochwert : 5.725.048
 GWMS ÜF UF Durchmesser [mm] 125

Messpunkt (MP): Pegeloberkante (POK)

Probenahme

Art der Probenahme: Pumpprobe Schöpfprobe
 Zapfprobe _____

Gerät: Grundfos MP1 Zapfhahn _____
 Grundfos SQ2 Schöpfbecher
 Steigrohr (PVC) Schlauch (PVC)

Entnahmedaten

Teufe	<u>6,2</u> m unter MP	Entnahmetiefe	<u>ca. 5,3</u> m unter MP
Wasserspiegel vor PN	<u>4,41</u> m unter MP	Förderrate ca.	<u>/</u> l/min
Wasserspiegel nach Freipumpen	<u>/</u> m unter MP	Förderzeit	<u>/</u> min
Absenkung	<u>/</u> m	Fördermenge	<u>5</u> m ³

Beobachtungen am Grundwasser

Trübung ohne Bodensatz ohne
Färbung ohne Sonstiges _____
Geruch deutlich muffig _____

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]: 22 Redoxpotential / mV (ohne Kompensation)
Witterung: wolkig Redoxpotential / mV (mit Kompensation)

Zeit [min]: / _____
Wassertemperatur [°C]: 17,4 _____
pH-Wert: 12,9 _____
Leitfähigkeit [µS/cm] (25°C): 11830 _____
Sauerstoffgehalt [mg/l]: / _____

Transport der Probe

Thermobox ja Konservierung vor Ort ja
Bemerkungen: Filtration (Metalle) vor Ort ja

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 12.07.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht A

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 8:30

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung * ohne Trübung * ohne

Schaumbildung * ohne Geruch * schwach muffig

Schwimmstoffe * ohne Sonstiges _____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]: 19 freies Chlor [mg/l]: _____

Wassertemperatur [°C]: 18,1 _____

pH-Wert: 8,1 _____

Leitfähigkeit [µS/cm](25°C): 7880 _____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 12.07.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht B

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 9:15

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung * ohne Trübung * ohne

Schaumbildung * ohne Geruch * schwach muffig

Schwimmstoffe * ohne Sonstiges _____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]: 19 freies Chlor [mg/l]: _____

Wassertemperatur [°C]: 16,6 _____

pH-Wert: 8,9 _____

Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$](25°C): 7870 _____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 12.07.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht C

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 9:40

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>ohne</u>	Trübung *	<u>ohne</u>
Schaumbildung *	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>schwach muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>20</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>19,8</u>		_____
pH-Wert:	<u>9,2</u>		_____
Leitfähigkeit [µS/cm](25°C):	<u>6940</u>		_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 12.07.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht D

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 10:15

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>schwach braun</u>	Trübung *	<u>schwach</u>
Schaumbildung	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>deutlich muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>20</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>18,5</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>9,4</u>	_____	_____
Leitfähigkeit [µS/cm](25°C):	<u>12990</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Auftraggeber: ahu AG
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Projekt: A15159 Nottenkämper, SW Verfüllung Mühlenberg Blatt: _____

Datum: 12.07.2021

Entnahmestelle

Bezeichnung: Schacht E

Probenahme

Einzelstichprobe Uhrzeit: 10:45

Qualifizierte Stichprobe / Mischprobe

Beginn (Uhrzeit): _____ Dauer [min]: _____

zeitkontinuierlich

volumenproportional

durchflussproportional

manuell entnommen

Intervall [min]: _____

automatisch entnommen

Intervall [min]: _____

Beobachtungen am Abwasser

Färbung *	<u>schwach grüngrau</u>	Trübung *	<u>ohne</u>
Schaumbildung *	<u>ohne</u>	Geruch *	<u>schwach muffig</u>
Schwimmstoffe *	<u>ohne</u>	Sonstiges	_____

*: 0 = ohne / 1 = schwach / 2 = deutlich / 3 = stark

Messungen vor Ort

Lufttemperatur [°C]:	<u>8</u>	freies Chlor [mg/l]:	_____
Wassertemperatur [°C]:	<u>17,3</u>	_____	_____
pH-Wert:	<u>10,1</u>	_____	_____
Leitfähigkeit [µS/cm](25°C):	<u>5510</u>	_____	_____

Transport der Probe

Thermobox ja nein

Bemerkungen:

Probenehmer Dipl. Ing. Florian Sapper Anwesend _____

Unterschrift / Zeichen 

Datum der Probenahme: 17.11.20		Uhrzeit: 14:40		Probenbezeichnung: B4				
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg								
Bezeichnung der Messstelle: B4								
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle								
Probenahme								
Art der Probengewinnung: Zapfprobe			Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 0,18 u³/h								
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:								
Vor-Ort-Parameter								
Lufttemperatur [°C]:			Wassertemperatur (t) [°C]: 26					
Witterung am Probenahmetag: trocken			Witterung an den letzten 3 Tagen: trocken					
Geruch (ohne – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):								
Färbung (farblos – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):								
Trübung (keine, schwach, stark):								
Bodensatz (ohne, Spuren) geringfügig, wesentlich):								
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:								
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___°C	pH	Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)	
14:30	40,8		0,3	26	26,1	9,8		
14:35	40,0		0,25	24	25,9	9,9		
14:40	38,0		0,18	27	32,1	9,9		
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen								
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter								
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle								
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH			
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>								
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH								
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH								

Datum der Probenahme: 30.11.20	Uhrzeit: 14:00	Probenbezeichnung: B4							
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: B4									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe		Probenahmegerät: entfällt							
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 0,15									
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]:		Wassertemperatur (t) [°C]: 30,0							
Witterung am Probenahmetag: Regen		Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen							
Geruch (ohne) – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos) – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):									
Trübung (keine) schwach, stark):									
Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___ °C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
13:50	36,1		0,15	27,8	30,0	10,2			
13:55	36,1		0,13	27,7	29,9	10,3			
14:00	36,05		0,13	27,8	30,1	10,2			
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 7.12.2020		Uhrzeit: 17:00		Probenbezeichnung: Schacht c				
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg								
Bezeichnung der Messstelle: Schacht c								
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle								
Probenahme								
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt				
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 1 m³/h								
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:								
Vor-Ort-Parameter								
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]:				
Witterung am Probenahmetag: Regen				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen				
Geruch (ohne) schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):								
Färbung (farblos – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):								
Trübung (keine, schwach, stark):								
Bodensatz (ohne, Spuren, geringfügig, wesentlich):								
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:								
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei °C	pH	Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)	
16:50	43,5		1	17,1	7,1	9		
16:55	43,4		1	17,5	7,2	9		
17:00	43,4		1	19,0	7,2	8,9		
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen								
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter								
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle								
Datum/Uhrzeit:				Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>								
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH								
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH								

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 14.12.2020		Uhrzeit: 10:00		Probenbezeichnung: Schachtel C				
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg								
Bezeichnung der Messstelle: Schachtel C								
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle								
Probenahme								
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt				
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 1 m³/h								
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:								
Vor-Ort-Parameter								
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]: 23,1				
Witterung am Probenahmetag: Regen				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen				
Geruch (ohne) – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):								
Färbung (farblos) – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):								
Trübung (keine) schwach, stark):								
Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):								
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:								
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___ °C	pH	Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)	
9:50	40,1		1	23,1	7,5	7,4		
9:55	40,1		1	23,1	7,2	7,4		
10:00	40,1		1	23,12	7,2	7,55		
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen								
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter								
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle								
Datum/Uhrzeit:				Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>								
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH								
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH								

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 22.12.2020		Uhrzeit: 11:00		Probenbezeichnung: Schacht C				
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg								
Bezeichnung der Messstelle: Schacht C								
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle								
Probenahme								
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt				
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 2 m³/h								
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:								
Vor-Ort-Parameter								
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]: 17,2				
Witterung am Probenahmetag: Regen				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen				
Geruch (ohne <u>schwach</u> stark - <u>erdig</u> , modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):								
Färbung (<u>farblos</u> - schwach, stark - weiß, grau, gelb, grün, braun):								
Trübung (<u>keine</u> , schwach, stark):								
Bodensatz (<u>ohne</u> , Spuren, geringfügig, wesentlich):								
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:								
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___ °C	pH	Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)	
10:55	33,8		2	17,1	7,4	7,32		
10:57	33,8		2	17,2	7,41	7,33		
11:00	33,9		2	17,2	7,42	7,36		
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen								
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter								
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle								
Datum/Uhrzeit:				Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>								
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH								
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH								

Datum der Probenahme: 20.1.2021		Uhrzeit: 14:00		Probenbezeichnung: Schacht C					
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: Schacht C									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 1,3 w/h									
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]: 13,1					
Witterung am Probenahmetag: Regen, leicht				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen					
Geruch (ohne - schwach, stark - erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos - schwach, stark - weiß, grau, gelb, grün, braun):									
Trübung (keine, schwach, stark):									
Bodensatz (ohne, Spuren) geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei °C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
13:55	87,8		1,3	19,1	6,9	6,9			
13:57	87,81		1,3	19,1	6,95	7			
14:00	87,81		1,3	19,2	6,93	7,1			
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 3.2.2021		Uhrzeit: 12:20		Probenbezeichnung: Schacht B				
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg								
Bezeichnung der Messstelle: Schacht B								
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle								
Probenahme								
Art der Probengewinnung: Zapfprobe			Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]:			0,5 m³/h					
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:								
Vor-Ort-Parameter								
Lufttemperatur [°C]:			Wassertemperatur (t) [°C]: 12,1					
Witterung am Probenahmetag: Regen stark			Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen					
Geruch (ohne) – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):								
Färbung (farblos – schwach) stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):								
Trübung (keine, schwach, stark):								
Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):								
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:								
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___ °C	pH	Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)	
12:05	48,1	/	0,5	12,1	8,1	9,2		
12:08	48,0	/	0,5	12,3	8,1	9,1		
12:10	47,9	/	0,5	12,4	8,1	9,1		
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen								
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter								
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle								
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH			
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>								
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH								
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH								

Datum der Probenahme: 22.2.21		Uhrzeit: 13:00		Probenbezeichnung: Schacht B			
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg							
Bezeichnung der Messstelle: Schacht B							
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle							
Probenahme							
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt			
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 1 m³/h				1			
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:							
Vor-Ort-Parameter							
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]: 15,2			
Witterung am Probenahmetag: trocken				Witterung an den letzten 3 Tagen: trocken			
Geruch (ohne <u>schwach</u> , stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):							
Färbung (farblos – <u>schwach</u> stark – weiß, <u>grau</u> , gelb, grün, braun):							
Trübung (<u>keine</u> schwach, stark):							
Bodensatz (<u>ohne</u> Spuren, geringfügig, wesentlich):							
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:							
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___ °C	pH	Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
	45,0		1	15,2	8	8,2	
	45,1		1	15,2	7,9	8,2	
	45,0		1	15,3	8,1	8,3	
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen							
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter							
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle							
Datum/Uhrzeit:				Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH			
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>							
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH							
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH							

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 11.3.2021	Uhrzeit: 11:30	Probenbezeichnung: Schacht D							
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: Schacht D									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe		Probenahmegerät: entfällt							
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 0,3 w/h									
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]: 0,3									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]:		Wassertemperatur (t) [°C]: 22,8							
Witterung am Probenahmetag: Regen, wind		Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen							
Geruch (ohne – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):									
Trübung (keine, schwach, stark):									
Bodensatz (ohne, Spuren, geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___ °C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
11:25	41,0		0,3	22,8	14	10			
11:27	40,90		0,3	22,9	12	9,5			
11:30	40,58		0,3	23,5	12,1	9,4			
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Datum der Probenahme: 24.3.21		Uhrzeit: 9:00		Probenbezeichnung: Schachtel D					
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: Schachtel D									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 0,5 with									
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]: 0,5									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]: 24,5					
Witterung am Probenahmetag: Regen				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen					
Geruch (ohne) – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos) – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):									
Trübung (keine) schwach, stark):									
Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei __ °C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
8:55	34,90		0,5	24,6	13	9,1			
8:57	34,91		0,5	24,5	14,1	9,15			
8:59	39,90		0,5	24,5	13,8	9,15			
Probenvorbereitung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 24.3.21		Uhrzeit: 10:50		Probenbezeichnung: Schacht E					
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: Schacht E									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 0,25 m³/h									
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]: 14					
Witterung am Probenahmetag: Regen				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen					
Geruch (ohne <u>schwach</u> , stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, <u>aromatisch</u> , Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos <u>schwach</u> , stark – weiß, <u>grau</u> , gelb, grün, braun):									
Trübung (keine, <u>schwach</u> , stark):									
Bodensatz (ohne, <u>Spuren</u> , geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei __°C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
10:45	41,6		0,25	14	5,8	9,6			
10:47	41,5		0,26	14,2	5,7	9,7			
10:50	41,2		0,25	14,4	5,71	9,7			
Probenvorbehandlung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 1.4.2021		Uhrzeit: 11:00		Probenbezeichnung: Schacht E					
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: Schacht E									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 0,7 w³/h									
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]: 20,2					
Witterung am Probenahmetag: Trocken				Witterung an den letzten 3 Tagen: trocken					
Geruch (ohne) – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos) – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):									
Trübung (keine) schwach, stark):									
Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei _ °C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
10:55	35,1		0,71	20,2	4,9	8,6			
10:57	35,05		0,71	20,1	4,9	8,6			
10:59	35,02		0,70	20,2	5,0	8,5			
11:00	35,01		0,71	20,2	5,0	8,7			
Probenvorbereitung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämpfer GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Probenahmeprotokoll für Sickerwasser

Datum der Probenahme: 8.4.21		Uhrzeit: 16:20		Probenbezeichnung: Schachtel A					
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: Schachtel A									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]:				0,5 m³/h					
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]: 12				Wassertemperatur (t) [°C]: 18					
Witterung am Probenahmetag: trocken				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen					
Geruch (ohne) – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos – schwach, stark – weiß) grau, gelb, grün, braun):									
Trübung (keine, schwach, stark):									
Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei ___ °C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
16:05	85,0	/	0,5	18	7,2	8,1			
16:07	84,8	/	0,5	18	7,3	8,0			
16:10	84,7	/	0,5	19	7,5	8,0			
Probenvorbereitung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit: 9.04.2021					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Datum der Probenahme: 10.5.21 Uhrzeit: 11:30 Probenbezeichnung:

Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg

Bezeichnung der Messstelle: 35

Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle

Probenahme

Art der Probengewinnung: Zapfprobe Probenahmegerät: entfällt

Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]: 0,19

Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:

Vor-Ort-Parameter

Lufttemperatur [°C]: Wassertemperatur (t) [°C]: 15,2

Witterung am Probenahmetag: Regen Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen

Geruch (ohne – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):

Färbung (farblos – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):

Trübung (keine, schwach, stark):

Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):

Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:

Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei __ °C	pH	Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
<u>11:25</u>	<u>48,3</u>		<u>0,185</u>	<u>15,2</u>	<u>10,1</u>	<u>12,2</u>	
<u>11:28</u>	<u>48,2</u>		<u>0,19</u>	<u>15,25</u>	<u>10,2</u>	<u>12,2</u>	
<u>11:30</u>	<u>48,15</u>		<u>0,19</u>	<u>15,3</u>	<u>10,2</u>	<u>12,1</u>	

Probenvorbereitung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen

Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter

Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle

Datum/Uhrzeit: Auftraggeber/Institution: Nottenkämpfer GmbH

Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein

Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH

Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH

Datum der Probenahme: 20.05.21		Uhrzeit: 14:00		Probenbezeichnung:					
Anlass der Untersuchung: Sickerwasserpumpversuch Verfüllung Mühlenberg									
Bezeichnung der Messstelle: B5									
Art der Probenahmestelle: Zapfhahn Zulauf Durchflußzelle									
Probenahme									
Art der Probengewinnung: Zapfprobe				Probenahmegerät: entfällt					
Förderrate (bei Probenahme) [m³/h]:									
Gesamtfördervolumen (bis Probenahme) [m³]:									
Vor-Ort-Parameter									
Lufttemperatur [°C]:				Wassertemperatur (t) [°C]:					
Witterung am Probenahmetag: trocken				Witterung an den letzten 3 Tagen: Regen					
Geruch (ohne) – schwach, stark – erdig, modrig, faulig, jauchig, fischig, aromatisch, Chlor, Teer, Mineralöl):									
Färbung (farblos) – schwach, stark – weiß, grau, gelb, grün, braun):									
Trübung (keine) schwach, stark):									
Bodensatz (ohne) Spuren, geringfügig, wesentlich):									
Verlauf der Vor-Ort-Parameter während des Pumpens bis zur Probenahme:									
Uhrzeit	GW-Stand [m NN]	Pumpvolumen	Förderrate [m³/h]	Temp. [°C]	Lf [mS/cm] bei __ °C	pH			Bemerkungen (z. B. Beharrung erreicht)
13:50	484			15,7	14	118			
13:55	484			15,8	14,1	115			
14:00	483,5			15,8	14,2	105			
Probenvorbereitung/Probenbehälter Stabilisierung Ansäuerung vorgelegt in Probenahmegefäßen									
Kurier, Transportbedingungen: gekühlt, Transportbox Ablesung MPS siehe Vor Ort-Parameter									
Übergabe der Probe(n) an Untersuchungsstelle									
Datum/Uhrzeit:					Auftraggeber/Institution: Nottenkämper GmbH				
Fachgerecht (gekühlt, gefroren, dicht etc.): ja x /nein <input type="checkbox"/>									
Untersuchungsstelle/Labor: Eurofins Umwelt GmbH									
Verantwortlicher Probenehmer: Robert Jost, ahu GmbH									

Dokumentation 2:
Prüfberichte Labor (77 Seiten)

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02059185

Prüfberichtsnummer: AR-20-JA-006043-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper (EF Projekt 86758)

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 18.11.2020

Prüfzeitraum: 18.11.2020 - 02.12.2020

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Claudia Zell
Prüfleiterin
Tel. +49 241 9468622

Digital signiert, 02.12.2020
Günter Heimbüchel
Niederlassungsleitung

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt.-ID.Nr. DE 121 85 3679



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling
Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
info.wesseling@eurofins-umwelt.de
www.eurofins.de/umwelt

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		B4
				BG	Einheit	020245612

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	LG004	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	11000
Sulfat (SO ₄)	AN	LG004	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	850
Cyanide, gesamt	AN	LG004	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	0,22
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	LG004	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	LG004	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	300
----------	----	-------	--------------------------------	------	------	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,052
Cadmium (Cd)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001
Chrom (Cr)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,048
Eisen (Fe)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	12,1
Kupfer (Cu)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,104
Mangan (Mn)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,33
Molybdän (Mo)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,73
Natrium (Na)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	3980
Nickel (Ni)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,127
Vanadium (V)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,09
Zink (Zn)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,39

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	0,55
------------	----	-------	-----------------------------------	------	------	------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	LG004	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	0,0007
------------------	----	-------	---------------------------------	--------	------	--------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	LG004	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------	---------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	LG004	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	190
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	LG004	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	823
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	LG004	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	1,5

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Probenbezeichnung		B4
				BG	Einheit	020245612

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Benzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	2,8
Toluol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	2,3
Ethylbenzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	5,1

LHKW

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Vinylchlorid	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	LG004	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		B4
				BG	Einheit	020245612
PAK						
Naphthalin	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,25
Acenaphthylen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,15
Fluoren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,17
Anthracen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,04
Fluoranthen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,23
Pyren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,23
Benzo[a]anthracen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,06
Chrysen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,05
Benzo[b]fluoranthen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,06
Benzo[k]fluoranthen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01
Benzo[a]pyren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,06
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,03
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,03
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	1,37
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	1,12

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit LG004 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Dieser Prüfbericht ersetzt den Prüfbericht Nr. AR-20-JA-006244-01 vom 10.12.2020 aufgrund von Änderungen der Auftrags- und/oder der Probenbezeichnung(en).

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02060695
Prüfberichtsnummer: AR-20-JA-006244-02

Auftragsbezeichnung: Beprobung Verfüllung Mühlenberg Fa. Nottenkämper

Anzahl Proben: 1
Probenart: Abwasser
Probenahmedatum: 30.11.2020
Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 01.12.2020
Prüfzeitraum: 01.12.2020 - 09.12.2020

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Claudia Zell
Prüfleiterin
Tel. +49 241 9468622

Digital signiert, 10.12.2020
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
info.wesseling@eurofins-umwelt.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	B4
Probenahmedatum/ -zeit	30.11.2020
Probennummer	020252960

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	LG004	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	9200
Sulfat (SO ₄)	AN	LG004	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1000
Cyanide, gesamt	AN	LG004	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	0,20
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	LG004	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	LG004	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	250
----------	----	-------	--------------------------------	------	------	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,11
Kupfer (Cu)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Mangan (Mn)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
Molybdän (Mo)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,61
Natrium (Na)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	3780
Nickel (Ni)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,064
Vanadium (V)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,02
Zink (Zn)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,01

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	LG004	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------	-----------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	LG004	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------	---------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	LG004	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------	---------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	LG004	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	200
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	LG004	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	866
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	LG004	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	B4
Probenahmedatum/ -zeit	30.11.2020
Probennummer	020252960

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	2,8
Toluol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	2,0
Ethylbenzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	LG004	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	4,8

LHKW

Vinylchlorid	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	LG004	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	LG004	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Probenbezeichnung	B4
Probenahmedatum/ -zeit	30.11.2020
Probennummer	020252960

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,39
Acenaphthylen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,15
Fluoren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,07
Anthracen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,03
Fluoranthren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01
Pyren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01
Benzo[a]anthracen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,66
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	AN	LG004	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,27

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit LG004 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02063607

Prüfberichtsnummer: AR-20-JA-006510-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper (EF Projekt 86758)

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 14.12.2020

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 15.12.2020

Prüfzeitraum: 15.12.2020 - 22.12.2020

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Claudia Zell
Prüfleiterin
Tel. +49 241 9468622

Digital signiert, 22.12.2020
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
info.wesseling@eurofins-umwelt.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	14.12.2020
Probennummer	020265474

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1000
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	2000
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	15
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,19
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,005
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,20
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	4,08
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	853
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,007
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,04
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,06

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	18
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	62
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	14.12.2020
Probennummer	020265474

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		14.12.2020
				Probennummer		020265474
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02062002

Prüfberichtsnummer: AR-20-JA-006514-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper (EF Projekt 86758)

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 07.12.2020

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 08.12.2020

Prüfzeitraum: 08.12.2020 - 22.12.2020

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Claudia Zell
Prüfleiterin
Tel. +49 241 9468622

Digital signiert, 22.12.2020
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
info.wesseling@eurofins-umwelt.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	07.12.2020
Probennummer	020258701

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1300
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1500
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	50
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,002
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,33
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,005
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,08
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	3,74
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	1020
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,009
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,04
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,03

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	16
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	64
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	07.12.2020
Probennummer	020258701

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		07.12.2020
				Probennummer		020258701
Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02065044

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-000182-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper (EF Projekt 86758)

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 22.12.2020

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 23.12.2020

Prüfzeitraum: 23.12.2020 - 14.01.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Claudia Zell
Prüfleiterin
Tel. +49 241 9468622

Digital signiert, 14.01.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
info.wesseling@eurofins-umwelt.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	22.12.2020
Probennummer	020271751

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	680
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	2900
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	26
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,002
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,17
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,04
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	8,34
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	909
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,008
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,17
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,01

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	12
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	54
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	22.12.2020
Probennummer	020271751

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	1,6
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	1,6

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		22.12.2020
				Probennummer		020271751
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,07
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,07
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: **Prüfbericht zu Auftrag 02102537**Prüfberichtsnummer: **AR-21-JA-000471-01**Auftragsbezeichnung: **Nottenkämper (EF Projekt 86758)**Anzahl Proben: **1**Probenart: **Abwasser**Probenahmedatum: **20.01.2021**Probenehmer: **Auftraggeber**Probeneingangsdatum: **21.01.2021**Prüfzeitraum: **21.01.2021 - 01.02.2021**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Claudia Zell
Prüfleiterin
Tel. +49 241 9468622

Digital signiert, 01.02.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	20.01.2021
Probennummer	021009418

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	810
Sulfat (SO4)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	2300
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	1,1
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	2,31
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,008
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,10
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	5,96
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	895
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,005
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,22
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,05

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	17
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	90
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	Schacht C
Probenahmedatum/ -zeit	20.01.2021
Probennummer	021009418

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		20.01.2021
				Probennummer		021009418
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02105035

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-000656-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 04.02.2021

Prüfzeitraum: 04.02.2021 - 11.02.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 11.02.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht B
				BG	Einheit	021023384

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1200
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	920
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	22
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,16
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,13
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,49
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,007
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,07

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	578

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	13
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	53
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht B
				BG	Einheit	021023384

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht B
				BG	Einheit	021023384
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,52
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,49
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,11
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,06
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	1,23
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,71

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02108117
Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-000887-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper

Anzahl Proben: 1
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 22.02.2021
Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 23.02.2021
Prüfzeitraum: 23.02.2021 - 02.03.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 02.03.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht B
Probenahmedatum/ -zeit	22.02.2021
Probennummer	021031790

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	1800
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	860
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	0,008
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	33
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,011
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,070
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,004
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,224
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,858
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	915
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,006
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	mg/l	< 0,002
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	mg/l	0,041

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,008	mg/l	< 0,008
------------	----	-------------	------------------------------------	-------	------	---------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	11
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	38
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	0,10	mg/l	< 0,10

Probenbezeichnung	Schacht B
Probenahmedatum/ -zeit	22.02.2021
Probennummer	021031790

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht B
				Probenahmedatum/ -zeit		22.02.2021
				Probennummer		021031790
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02111703

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-001246-01

Auftragsbezeichnung: Beprobung Verfüllung Mühlenberg Fa. Nottenkämper

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 08.03.2021

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangdatum: 12.03.2021

Prüfzeitraum: 12.03.2021 - 19.03.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 19.03.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht D
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2021
Probennummer	021046751

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	3500
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	2000
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	0,22
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	120
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,025
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,74
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,012
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,06
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,47
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	2170
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,032
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,15
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,06

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	87
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	402
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	Schacht D
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2021
Probennummer	021046751

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	0,7
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	0,7

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht D
				Probenahmedatum/ -zeit		08.03.2021
				Probennummer		021046751
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,27
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,27
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02114061

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-001468-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper

Anzahl Proben: 1

Probenart: Wasser

Probenahmedatum: 24.03.2021

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 25.03.2021

Prüfzeitraum: 25.03.2021 - 01.04.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 01.04.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht E
Probenahmedatum/ -zeit	24.03.2021
Probennummer	021056109

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	410
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	2300
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	0,012
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	8,5
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,004
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	0,0024
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	3,63
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,111
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,037
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,004
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	11,8
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	626
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,026
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	mg/l	0,241
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	mg/l	0,036

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,008	mg/l	0,114
------------	----	-------------	------------------------------------	-------	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	4,6
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	32
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	0,10	mg/l	< 0,10

Probenbezeichnung	Schacht E
Probenahmedatum/ -zeit	24.03.2021
Probennummer	021056109

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht E
				Probenahmedatum/ -zeit		24.03.2021
				Probennummer		021056109
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02114056
Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-001487-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper

Anzahl Proben: 1
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 24.03.2021
Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangdatum: 25.03.2021
Prüfzeitraum: 25.03.2021 - 01.04.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 01.04.2021
Kerstin Roscher
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht D
Probenahmedatum/ -zeit	24.03.2021
Probennummer	021056057

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	4000
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	2200
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	0,19
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	0,016

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	130
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,042
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,029
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,582
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,152
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,042
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,581
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	2350
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,055
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	mg/l	0,110
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	mg/l	0,010

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,02
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,008	mg/l	< 0,008
------------	----	-------------	------------------------------------	-------	------	---------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	88
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	400
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	0,10	mg/l	< 0,10

Probenbezeichnung	Schacht D
Probenahmedatum/ -zeit	24.03.2021
Probennummer	021056057

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht D
				Probenahmedatum/ -zeit		24.03.2021
				Probennummer		021056057
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,17
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,21
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,04

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02115723

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-001607-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 01.04.2021

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 06.04.2021

Prüfzeitraum: 06.04.2021 - 13.04.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 13.04.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht E
Probenahmedatum/ -zeit	01.04.2021
Probennummer	021062555

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	360
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	2400
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	8,5
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,002
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	2,72
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,04
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,056
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	9,22
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	540
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,043
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,22
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	1,9
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	< 15
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	Schacht E
Probenahmedatum/ -zeit	01.04.2021
Probennummer	021062555

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht E
				Probenahmedatum/ -zeit		01.04.2021
				Probennummer		021062555
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02116227

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-001716-01

Auftragsbezeichnung: Beprobung Verfüllung Mühlenberg Fa. Nottenkämper

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 08.04.2021

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 09.04.2021

Prüfzeitraum: 09.04.2021 - 19.04.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 19.04.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Probenbezeichnung	Schacht A
Probenahmedatum/ -zeit	08.04.2021
Probennummer	021064489

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1500
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1500
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	0,23
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	17
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,25
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,064
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,34
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,78
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	1090
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,059
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,10

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	38
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	165
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Probenbezeichnung	Schacht A
Probenahmedatum/ -zeit	08.04.2021
Probennummer	021064489

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

				Probenbezeichnung		Schacht A
				Probenahmedatum/ -zeit		08.04.2021
				Probennummer		021064489
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,03
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,06
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,06

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02125033

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-002494-01

Auftragsbezeichnung: Nottenkämper

Anzahl Proben: 1

Probenart: Abwasser

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 21.05.2021

Prüfzeitraum: 21.05.2021 - 28.05.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 28.05.2021
Sebastian Baling
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		B5
				BG	Einheit	021100734

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	710
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	26
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	30
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	< 0,02
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,198
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,14
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	967
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,316
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,01

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	120
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	351
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07	1,0	mg/l	< 1,0

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		B5
				BG	Einheit	021100734

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾

LHKW

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
Dichlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen	AN	RE000 GI	berechnet		µg/l	(n. b.) ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08		µg/l	(n. b.) ¹⁾

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		B5
				BG	Einheit	021100734
PAK						
Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,52
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,47
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	1,2
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,03
Fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,13
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,07
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	2,42
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	1,90

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02121266

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-002667-01

Auftragsbezeichnung: Beprobung Verfüllung Mühlenberg Fa. Nottenkämper

Anzahl Proben: 9

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 30.04.2021

Probenehmer: Eurofins Umwelt West GmbH, Florian Sapper (externer Probenehmer)

Probeneingangsdatum: 03.05.2021

Prüfzeitraum: 03.05.2021 - 09.06.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 11.06.2021
Dr. Annemarie Deller
Prüfleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht A	Schacht B	Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085548	021085549	021085550
				BG	Einheit			

Probenahme

Probenahme Sickerwasser	AN	RE000 GI	DIN 38402-11 (A11): 2009-02			X	X	X
-------------------------	----	-------------	--------------------------------	--	--	---	---	---

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1400	2000	940
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1500	1000	2100
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,050	mg/l	0,20	< 0,05	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	1,6	30	31
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----	----	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,050	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0010	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,020	mg/l	0,18	3,15	1,43
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	0,34	1,21	0,16
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,020	mg/l	0,83	0,66	4,47
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,50	mg/l	1110	917	868
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,008	0,016	0,005
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	< 0,01	< 0,01	0,08
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	0,36	16,0	0,03

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------	--------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------	----------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,100	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-------	------	-------	-------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	22	8,3	19
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	77	45	90

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht A	Schacht B	Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085548	021085549	021085550
				BG	Einheit			
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe								
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	1,1	< 1,0	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	1,1	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾

PAK

Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht A	Schacht B	Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085548	021085549	021085550
				BG	Einheit			
PFAS								
Perfluorbutansäure (PFBA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,21	0,23	0,18
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,66	1,4	0,56
Perfluorpentansäure (PFPeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,16	0,14	0,16
Perfluorhexansäure (PFHxA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,21	0,19	0,17
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,012	< 0,010	0,11
Perfluorheptansäure (PFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,039	0,028	0,031
Perfluoroctansäure (PFOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,072	0,018	0,041
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,011	< 0,010	0,023
Summe PFOS / PFOA exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	0,083	0,018	0,064
Perfluornonansäure (PFNA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Summe PFT (PFAS) 10 Parameter exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	1,4	2,0	1,3

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht D	Schacht E	B 2
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085551	021085552	021085553
BG	Einheit							

Probenahme

Probenahme Sickerwasser	AN	RE000 GI	DIN 38402-11 (A11): 2009-02			X	X	X
-------------------------	----	-------------	--------------------------------	--	--	---	---	---

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	2900	340	5700
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1700	2000	1700
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,050	mg/l	0,17	< 0,05	0,08

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	100	9,5	230
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----	-----	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,050	mg/l	< 0,05	< 0,05	0,15
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,005	0,011	0,015
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0010	mg/l	< 0,001	0,002	0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,052	3,45	0,014
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,020	mg/l	2,29	2,74	2,28
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,163	0,015	0,012
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	0,09	0,03	0,06
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,020	mg/l	0,28	10,8	0,12
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,50	mg/l	1790	651	3520
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,029	0,008	0,072
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	0,14	0,25	0,08
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	0,18	0,16	0,96

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------	--------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------	----------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,100	mg/l	< 0,1	3,5	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-------	------	-------	-----	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	71	1,6	180
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	290	< 15	1630

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht D	Schacht E	B 2
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085551	021085552	021085553
				BG	Einheit			
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe								
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	0,7	< 0,5	2,3
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	3,8
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	1,3
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	0,7	(n. b.) ¹⁾	7,4

PAK

Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,08	< 0,05	0,42
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	0,07
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,08	(n. b.) ¹⁾	0,49
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	0,07

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht D	Schacht E	B 2
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085551	021085552	021085553
				BG	Einheit			
PFAS								
Perfluorbutansäure (PFBA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,50 ²⁾	0,030	< 1,0 ³⁾
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	15 ²⁾	< 0,010	22
Perfluorpentansäure (PFPeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,28	< 0,010	0,50
Perfluorhexansäure (PFHxA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,69	< 0,010	1,6
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,066	< 0,010	0,13
Perfluorheptansäure (PFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,21	< 0,010	0,53
Perfluoroctansäure (PFOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,34	< 0,010	2,5
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,043	< 0,010	0,14
Summe PFOS / PFOA exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	0,38	(n. b.) ¹⁾	2,6
Perfluornonansäure (PFNA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	0,068
Perfluordecansäure (PFDeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	0,16
Summe PFT (PFAS) 10 Parameter exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	17	0,030	28

Probenbezeichnung	B 3	B 4	B 5
Probenahmedatum/ -zeit	30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
Probennummer	021085554	021085555	021085556

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit			
-----------	------	-------	---------	----	---------	--	--	--

Probenahme

Probenahme Sickerwasser	AN	RE000 GI	DIN 38402-11 (A11): 2009-02			X	X	X
-------------------------	----	-------------	--------------------------------	--	--	---	---	---

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	920	8700	580
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	14	1100	20
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,050	mg/l	< 0,05	0,13	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	1100	230	28
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	------	-----	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,050	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,008	< 0,005	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0010	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,011	0,006	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,020	mg/l	5,71	0,46	0,16
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	0,006	0,020
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	0,05	0,04	< 0,01
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,020	mg/l	0,30	0,73	0,14
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,50	mg/l	974	3500	921
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,311	0,069	0,113
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	< 0,01	0,02	< 0,01
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,010	mg/l	0,53	0,26	0,07

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------	--------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------	----------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,100	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-------	------	-------	-------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	570	190	110
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	1760	631	356

				Probenbezeichnung		B 3	B 4	B 5
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085554	021085555	021085556
Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit			
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe								
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	1,1	3,1	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	1,0	9,0	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	2,1	12,1	(n. b.) ¹⁾

PAK

Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,66	0,10	0,51
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,09	0,09	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,27	< 0,05	0,49
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,11	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	0,81
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02	< 0,01	0,01
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	0,11
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	0,07
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	1,15	0,19	2,00
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,49	0,09	1,49

				Probenbezeichnung		B 3	B 4	B 5
				Probenahmedatum/ -zeit		30.04.2021	30.04.2021	30.04.2021
				Probennummer		021085554	021085555	021085556
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit			
PFAS								
Perfluorbutansäure (PFBA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,35	0,63	0,32
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	1,1	21	0,91
Perfluorpentansäure (PFPeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,41	0,29	0,34
Perfluorhexansäure (PFHxA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,82	0,37	0,51
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,32	0,12	0,57
Perfluorheptansäure (PFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,57	0,26	0,23
Perfluoroctansäure (PFOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,88	0,39	0,13
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	1,2	0,099	0,039
Summe PFOS / PFOA exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	2,1	0,49	0,17
Perfluorononansäure (PFNA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,071	0,032	0,018
Perfluordecansäure (PFDeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ²⁾	< 0,010	< 0,010
Summe PFT (PFAS) 10 Parameter exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	5,7	23	3,1

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

X - durchgeführt

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

²⁾ Die Bestimmungsgrenze musste aufgrund von Matrixeffekten erhöht werden.

³⁾ Die angewandte Bestimmungsgrenze weicht von der Standardbestimmungsgrenze (Spalte BG) ab aufgrund von Matrixstörungen.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 - Aachen

ahu GmbH
Wasser - Boden - Geomatik
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02134304

Prüfberichtsnummer: AR-21-JA-003699-01

Auftragsbezeichnung: Beprobung Verfüllung Mühlenberg Fa. Nottenkämper

Anzahl Proben: 9

Probenart: Abwasser

Probenahmedatum: 12.07.2021

Probenehmer: Eurofins Umwelt West GmbH, Florian Sapper (externer Probenehmer)

Probeneingangsdatum: 13.07.2021

Prüfzeitraum: 13.07.2021 - 10.08.2021

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Kerstin Roscher
Analytical Service Manager
Tel. +49 241 9468623

Digital signiert, 10.08.2021
Günter Heimbüchel
Niederlassungsleitung



Eurofins Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstrasse 20
D-50389 Wesseling

Tel. +49 2236 897 0
Fax +49 2236 897 555
umwelt-wesseling@eurofins.de
www.eurofins.de/umwelt

GF: Dr. André Bartholome, Dr. Thomas Henk,
Veronika Kutscher, Dr. Sebastian Witjes
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: UniCredit Bank AG
BLZ 207 300 17
Kto 7000001950
IBAN DE37 2073 0017 7000 0019 50
BIC/SWIFT HYVEDE33

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht A	Schacht B	Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139302	021139303	021139304
				BG	Einheit			

Probenahme

Probenahme Sickerwasser	AN	RE000 GI	DIN 38402-11 (A11): 2009-02			X	X	X
-------------------------	----	-------------	--------------------------------	--	--	---	---	---

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1900	2100	1100
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1600	1000	2200
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	0,18	< 0,05	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	20	32	32
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	----	----	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,36	0,06	0,40
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,34	0,30	0,09
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,89	0,72	3,98
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	1160	898	863
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,005
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01	< 0,01	0,06
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,08	0,05	< 0,01

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------	--------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------	----------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------	-------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	37	13	19
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	145	62	59

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht A	Schacht B	Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139302	021139303	021139304
				BG	Einheit			
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe								
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾

PAK

Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	0,05	< 0,05
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,02	< 0,01	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,03	0,05	(n. b.) ¹⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,03	0,05	(n. b.) ¹⁾

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht A	Schacht B	Schacht C
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139302	021139303	021139304
				BG	Einheit			
PFAS								
Perfluorbutansäure (PFBA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,23	0,27	0,27
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	1,0	1,9	1,3
Perfluorpentansäure (PFPeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,19	0,16	0,16
Perfluorhexansäure (PFHxA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,29	0,23	0,21
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,010	< 0,010	0,22
Perfluorheptansäure (PFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,023	0,027	0,030
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,053	0,025	0,040
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,010	0,010	0,021
Summe PFOS / PFOA exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	0,063	0,035	0,061
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ²⁾	< 0,20 ³⁾	< 0,050 ³⁾
Perfluorononansäure (PFNA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansäure (PFDeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFTrA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	0,012	< 0,010
2H,2H-Perfluordekansäure (H2PFDA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctan-sulfonsäure (H4PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	0,085
2H,2H,3H,3H-Perfluorunde-kansäure (H4PFUnA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktan-säure (PF-3,7-DMOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2FTS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Summe PFT (PFAS) 23 Parameter exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	1,8	2,6	2,3

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht D	Schacht E	B 2
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139305	021139306	021139307
				BG	Einheit			

Probenahme

Probenahme Sickerwasser	AN	RE000 GI	DIN 38402-11 (A11): 2009-02			X	X	X
-------------------------	----	-------------	--------------------------------	--	--	---	---	---

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	3500	360	6200
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	1900	2100	1800
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	0,11	< 0,05	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	100	10	210
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	-----	----	-----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	0,14
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	0,007
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,008	3,64	0,016
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,44	0,21	2,73
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,038	0,010	0,013
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,04	< 0,01	0,07
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,56	11,9	0,08
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	1830	694	3570
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,020	< 0,005	0,077
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,06	0,26	0,08
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,10	0,09	0,19

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------	--------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	0,0006
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------	----------	--------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1	3,7	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------	-----	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	86	2,4	200
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	338	21	1450

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht D	Schacht E	B 2
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139305	021139306	021139307
				BG	Einheit			
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe								
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	< 0,5	< 0,5	2,1
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	4,9
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	1,3
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	(n. b.) ¹⁾	(n. b.) ¹⁾	9,3

PAK

Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,50 ²⁾	< 0,05	0,55
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	0,06
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,02 ²⁾	< 0,01	0,06
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,01	(n. b.) ¹⁾	0,67
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,01	(n. b.) ¹⁾	0,12

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Schacht D	Schacht E	B 2
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139305	021139306	021139307
				BG	Einheit			
PFAS								
Perfluorbutansäure (PFBA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,63	< 0,20 ²⁾	0,38 ²⁾
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	16	< 0,10 ³⁾	21
Perfluorpentansäure (PFPeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,39	< 0,10 ³⁾	0,37
Perfluorhexansäure (PFHxA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,73 ²⁾	< 0,10 ³⁾	1,5
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,10 ³⁾	< 0,10 ³⁾	< 0,20 ³⁾
Perfluorheptansäure (PFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,13	< 0,050 ³⁾	0,43
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,59	< 0,050 ³⁾	2,7
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,16	< 0,010	0,13
Summe PFOS / PFOA exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	0,75	(n. b.) ¹⁾	2,8
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,030 ³⁾	< 0,050 ³⁾
Perfluorononansäure (PFNA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,028	< 0,050 ³⁾	0,12
Perfluordecansäure (PFDeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,014	< 0,050 ³⁾	0,43
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,050 ³⁾	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,050 ³⁾	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFTrA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,050 ³⁾	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,050 ³⁾	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,050 ³⁾	< 0,010
2H,2H-Perfluordekansäure (H2PFDA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	0,019
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctan-sulfonsäure (H4PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,18	< 0,010	0,16
2H,2H,3H,3H-Perfluorunde-kansäure (H4PFUnA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktan-säure (PF-3,7-DMOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2FTS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Summe PFT (PFAS) 23 Parameter exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	19	(n. b.) ¹⁾	27

Probenbezeichnung	B 3	B 4	B 5
Probenahmedatum/ -zeit	12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
Probennummer	021139308	021139309	021139310

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit			
-----------	------	-------	---------	----	---------	--	--	--

Probenahme

Probenahme Sickerwasser	AN	RE000 GI	DIN 38402-11 (A11): 2009-02			X	X	X
-------------------------	----	-------------	--------------------------------	--	--	---	---	---

Anionen

Chlorid (Cl)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	960	6100	740
Sulfat (SO ₄)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	5,0	mg/l	14	770	16
Cyanide, gesamt	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,05	mg/l	< 0,05	0,06	< 0,05

Kationen

Ammonium	AN	RE000 GI	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	1000	160	34
----------	----	-------------	-----------------------------------	------	------	------	-----	----

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Arsen (As)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Blei (Pb)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cadmium (Cd)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Chrom (Cr)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,012	0,007	0,013
Eisen (Fe)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	4,01	0,62	0,57
Kupfer (Cu)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	0,010	0,052
Mangan (Mn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,04	0,05	0,01
Molybdän (Mo)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	0,26	0,47	0,12
Natrium (Na)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,5	mg/l	997	2120	865
Nickel (Ni)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,322	0,048	0,132
Vanadium (V)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01	0,02	< 0,01
Zink (Zn)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,23	0,28	0,02

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 11885: 2009-09 Anhang A1

Titan (Ti)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
------------	----	-------------	--------------------------------------	------	------	--------	--------	--------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	AN	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0005	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
------------------	----	-------------	------------------------------------	--------	------	----------	----------	----------

Elemente aus der Originalprobe

Chrom (VI)	AN	RE000 GI	analog DIN ISO 15923-1: 2014-07	0,1	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
------------	----	-------------	------------------------------------	-----	------	-------	-------	-------

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN	RE000 GI	DIN EN 1484: 1997-08	1,0	mg/l	600	120	120
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	AN	RE000 GI	DIN 38409-41 (H41): 1980-12	15	mg/l	1820	393	336

				Probenbezeichnung		B 3	B 4	B 5
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139308	021139309	021139310
Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit			
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe								
Benzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	0,5	µg/l	0,9	1,6	< 0,5
Toluol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	3,7	< 1,0
Ethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
m-/p-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
o-Xylol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,3,5-Trimethylbenzol (Mesitylen)	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)	1,0	µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Summe BTEX + TMB	AN	RE000 GI	DIN 38407-9 (1): 1991-05 (MSD)		µg/l	0,9	5,3	(n. b.) ¹⁾

PAK

Naphthalin	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,41	0,10	0,45
Acenaphthylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,30	< 0,05	0,48
Fluoren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,11	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	0,05	< 0,05	0,66
Anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	0,02
Fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01	0,01	0,11
Pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	0,01	< 0,01	0,07
Benzo[a]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[a]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,89	0,11	1,79
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,48	0,01	1,34

				Probenbezeichnung		B 3	B 4	B 5
				Probenahmedatum/ -zeit		12.07.2021	12.07.2021	12.07.2021
				Probennummer		021139308	021139309	021139310
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit			
PFAS								
Perfluorbutansäure (PFBA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,50 ²⁾	< 0,50 ²⁾	0,43
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	1,3	16	0,91
Perfluorpentansäure (PFPeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 1,0 ³⁾	< 0,20 ³⁾	0,25
Perfluorhexansäure (PFHxA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	1,0	0,29	0,52
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 1,0 ³⁾	< 0,20 ³⁾	0,35
Perfluorheptansäure (PFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,36	0,19	0,077
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
Perfluoroctansäure (PFOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	1,1	0,36	0,13
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	1,0	0,067	0,037
Summe PFOS / PFOA exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	2,1	0,43	0,17
Perfluoroctansulfonamid (PFOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,15 ³⁾	< 0,030 ³⁾	< 0,050 ³⁾
Perfluorononansäure (PFNA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,056	0,034	0,028
Perfluordecansäure (PFDeA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	0,014	< 0,010
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
Perfluorundekansäure (PFUnA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
Perfluordodekansäure (PFDoA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
Perfluortridekansäure (PFTrA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
Perfluortetradekansäure (PFTA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
7H-Dodekanfluorheptansäure (HPFHpA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
2H,2H-Perfluordekansäure (H2PFDA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluorocan- sulfonsäure (H4PFOS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	0,26	0,045	0,10
2H,2H,3H,3H-Perfluorunde- kansäure (H4PFUnA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
Perfluor-3,7-dimethyloktan- säure (PF-3,7-DMOA)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
1H,1H,2H,2H-Perfluordecans- sulfonsäure (8:2FTS)	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03	0,010	µg/l	< 0,050 ³⁾	< 0,010	< 0,010
Summe PFT (PFAS) 23 Parameter exkl. BG	AN	RE000 GI	DIN 38407-42 (F42): 2011-03		µg/l	5,1	17	2,8

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

X - durchgeführt

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

²⁾ Die Bestimmungsgrenze musste aufgrund von Matrixeffekten erhöht werden.

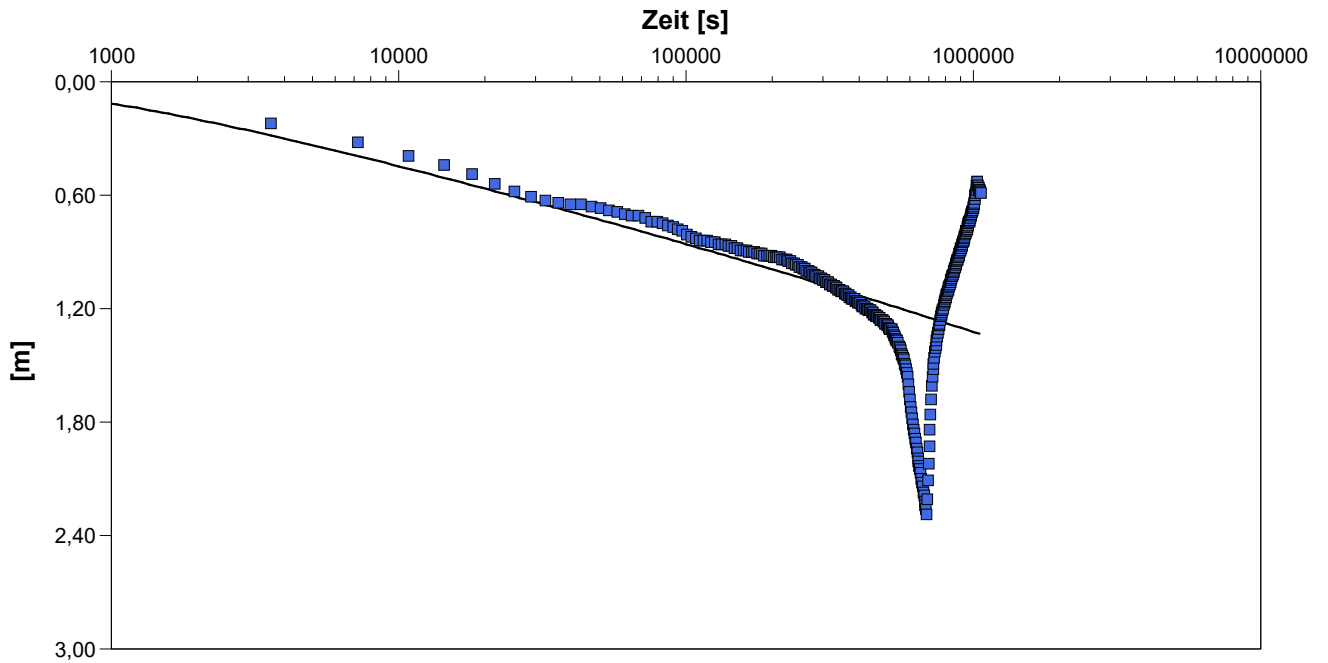
³⁾ Die angewandte Bestimmungsgrenze weicht von der Standardbestimmungsgrenze (Spalte BG) ab aufgrund von Matrixstörungen.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Dokumentation 3:
Auswertungen Hydrotec (30 Seiten)

		B4		B5		Schacht A		Schacht B		Schacht C		Schacht D		Schacht E	
		von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
Transmissivität	m ² /s	1,25E-05	2,13E-05	7,82E-05	9,87E-05	4,05E-05	7,00E-05	7,94E-06	1,17E-04	8,23E-07	2,14E-05	1,05E-06	4,87E-05	8,10E-06	5,63E-05
Durchlässigkeit	m/s	1,14E-06	1,94E-06	1,56E-05	1,97E-05	8,11E-06	1,40E-05	6,61E-07	9,75E-06	7,48E-08	1,47E-06	1,31E-07	6,09E-06	1,01E-06	7,03E-06
Speicherkoeffizient	dim.-los	1,30E-07		5,00E-01		1,09E-01	1,68E-01	4,53E-05	7,49E-02	3,28E-01	3,42E-01	6,59E-03		1,02E-01	5,00E-01

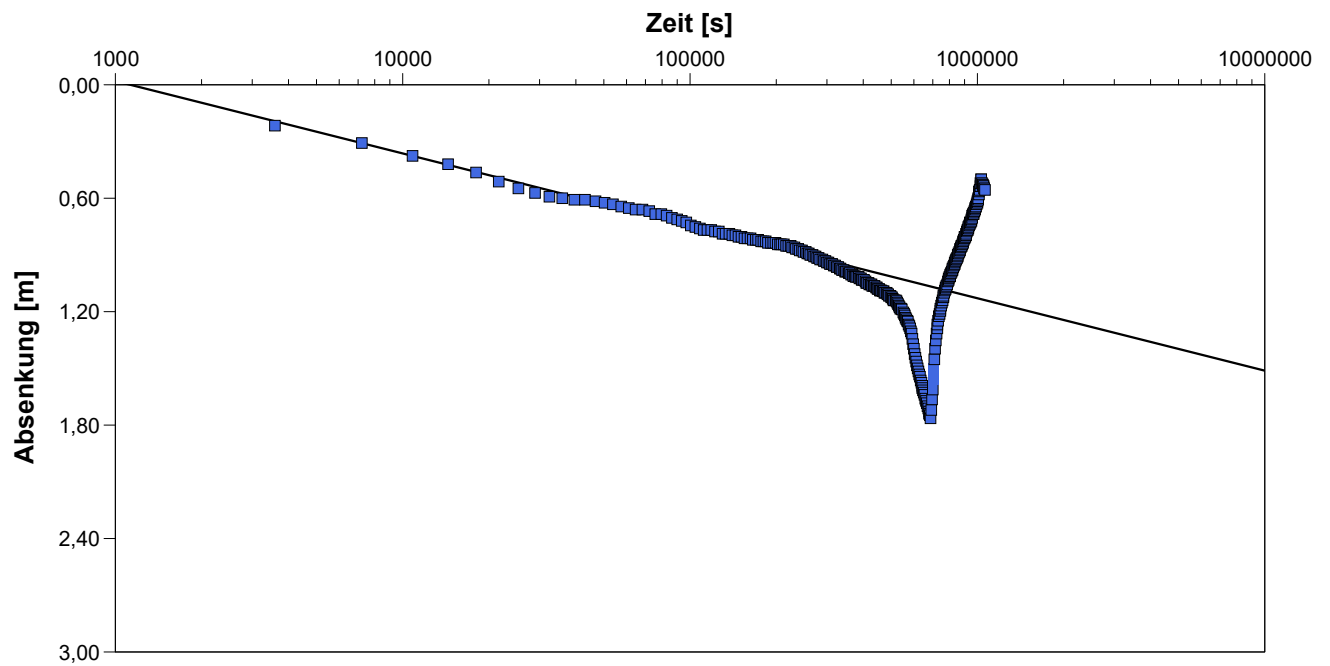
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht A	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1 THEISJ	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 5,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,5 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS mit Jacob-Korrektur

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht A	$7,00 \times 10^{-5}$	$1,40 \times 10^{-5}$	$1,09 \times 10^{-1}$	1,0	

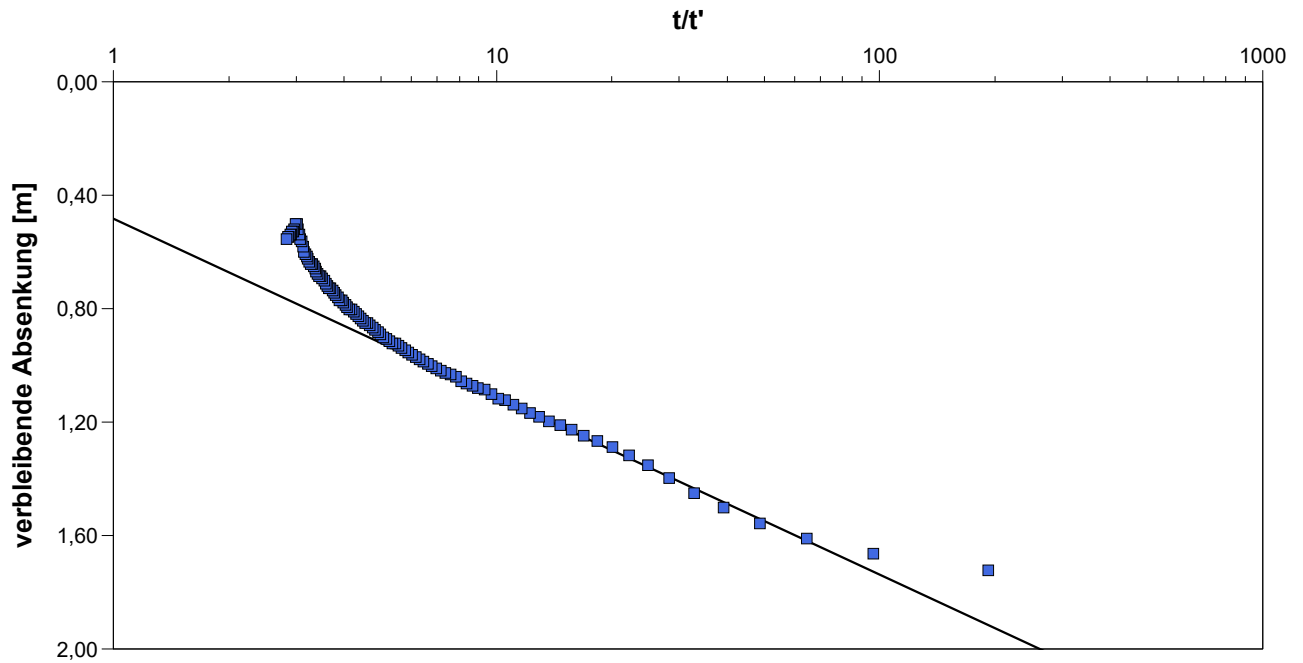
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe		Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	
Durchgeführt von: ahu		Bohrungen: Schacht A	
Bearbeiter: Meßling		PS1 - CJ	
Aquifermächtigkeit: 5,00 m		Förderrate: variabel, Ø 0,5 [m³/h]	
		Versuchsdatum: 05.11.2021	
		Datum: 05.11.2021	



Berechnungsergebnisse nach COOPER & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht A	$6,63 \times 10^{-5}$	$1,33 \times 10^{-5}$	$1,68 \times 10^{-1}$	1,0	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Bohrungen: Schacht A	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	Wiederanstieg	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 5,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,5 [m³/h]		

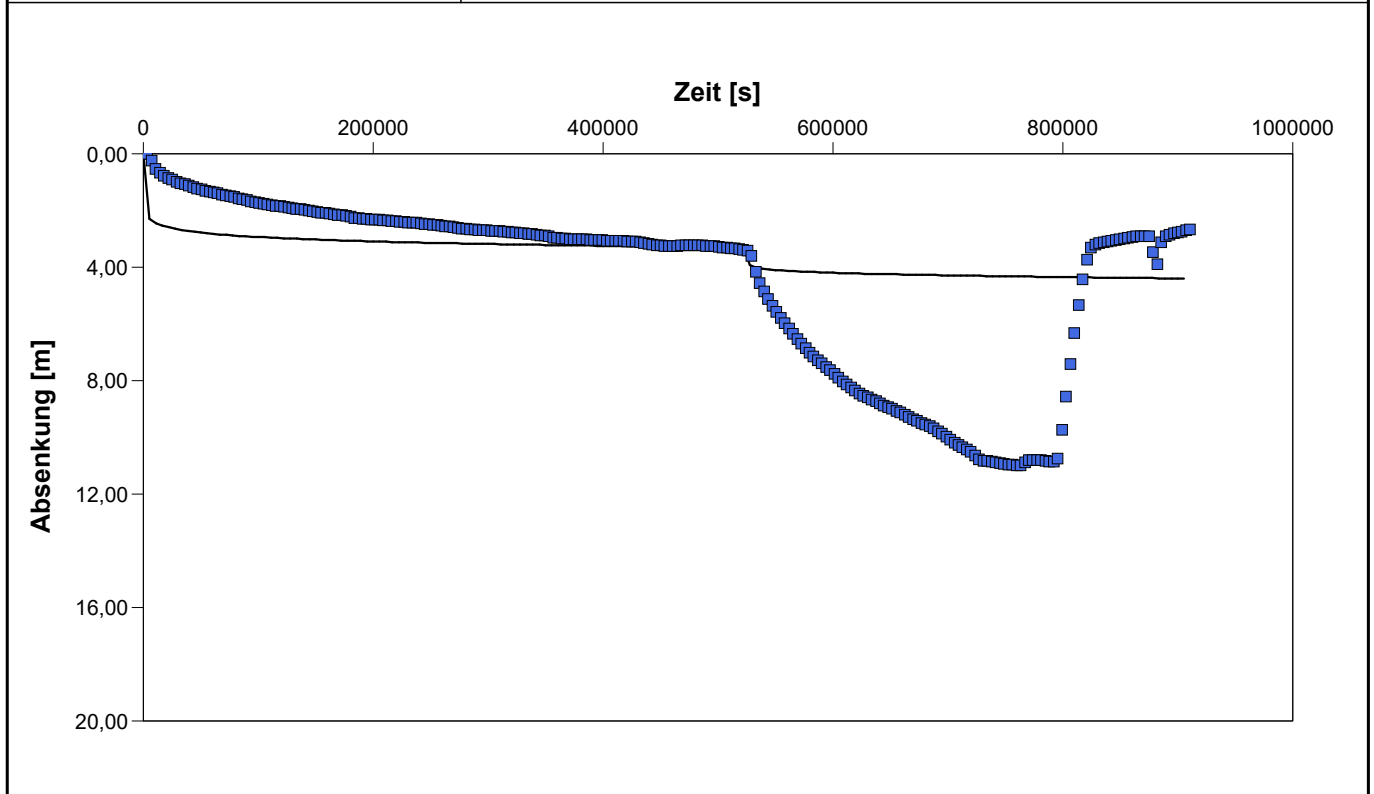


Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht A	$4,05 \times 10^{-5}$	$8,11 \times 10^{-6}$	1,0	

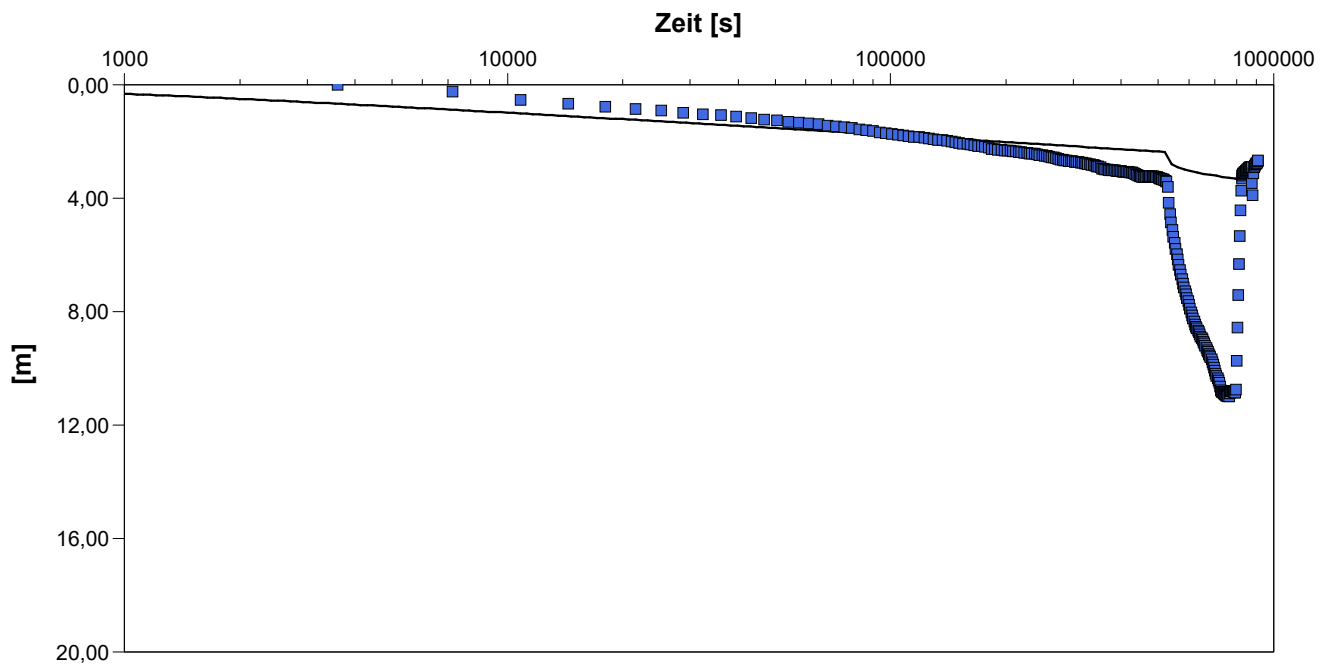
				Pumpversuchsauswertung				
				Projekt: Verfüllung Mühlenberg				
				Projekt-Nr:				
				Auftraggeber: Nottenkämper				
Ort: Hünxe			Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch			Brunnen: Schacht A		
Durchgeführt von: ahu						Versuchsdatum: 05.11.2021		
Aquifermächtigkeit: 5,00 m			Förderrate: variabel, Ø 0,5 [m³/h]					
	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	PS1 THEISJ	Meßling	05.11.2021	THEIS mit Jacob-Ko	Schacht A	$7,00 \times 10^{-5}$	$1,40 \times 10^{-5}$	$1,09 \times 10^{-1}$
2	PS1 - CJ	Meßling	05.11.2021	COOPER & JACOB	Schacht A	$6,63 \times 10^{-5}$	$1,33 \times 10^{-5}$	$1,68 \times 10^{-1}$
3	Wiederanstieg	Meßling	05.11.2021	THEIS Wiederanstie	Schacht A	$4,05 \times 10^{-5}$	$8,11 \times 10^{-6}$	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht B	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_THEIS	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 12,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,1009 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS					
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität	Hydraul. Durchlässigkeit	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr.	
	[m²/s]	[m/s]		[m]	
Schacht B	$9,87 \times 10^{-5}$	$8,22 \times 10^{-6}$	$4,53 \times 10^{-5}$	1,0	

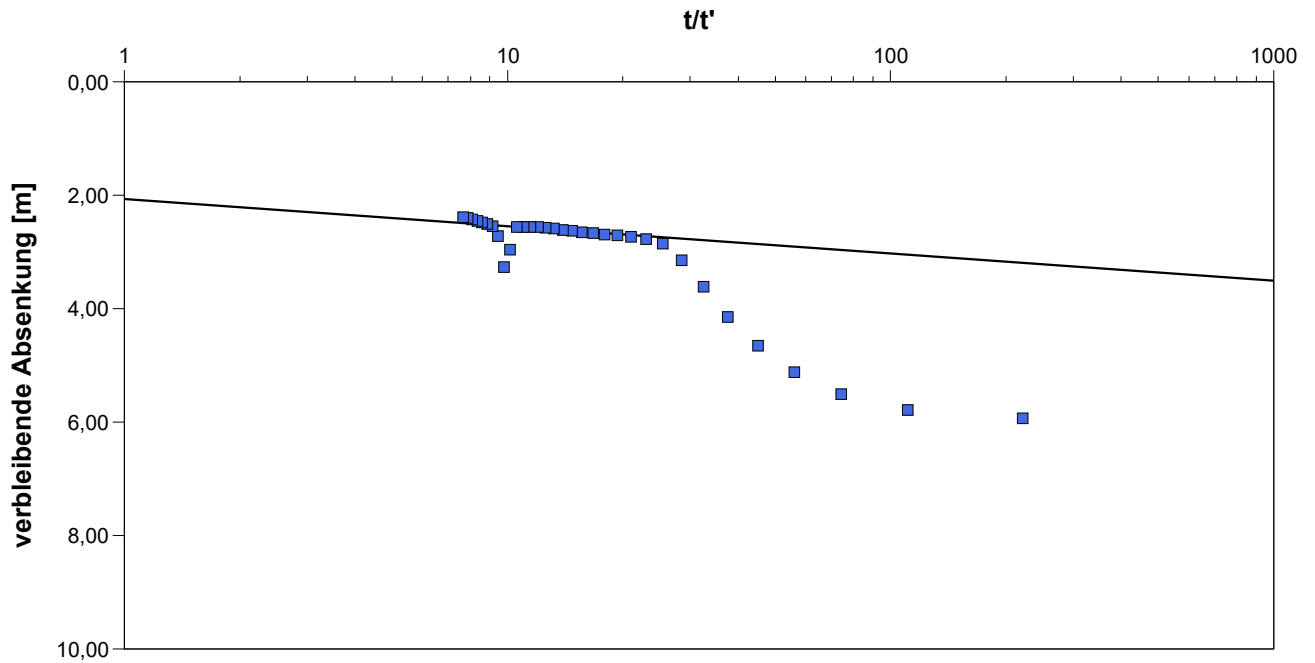
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht B	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS2_THEIS	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 12,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,1009 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS mit Jacob-Korrektur

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht B	$7,27 \times 10^{-5}$	$6,06 \times 10^{-6}$	$7,49 \times 10^{-2}$	1,0	

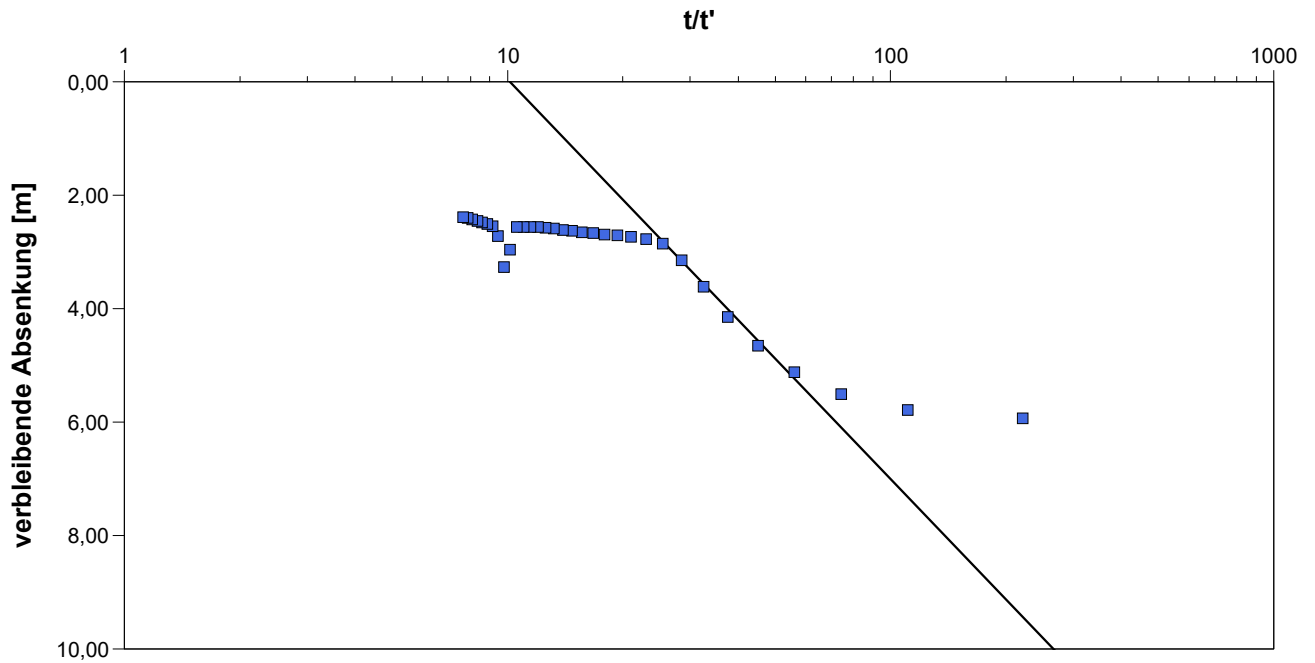
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht B	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	Wiederanstieg 1	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 12,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,1009 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht B	$1,17 \times 10^{-4}$	$9,75 \times 10^{-6}$	1,0	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht B	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	Wiederanstieg 2	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 12,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,1009 [m³/h]		

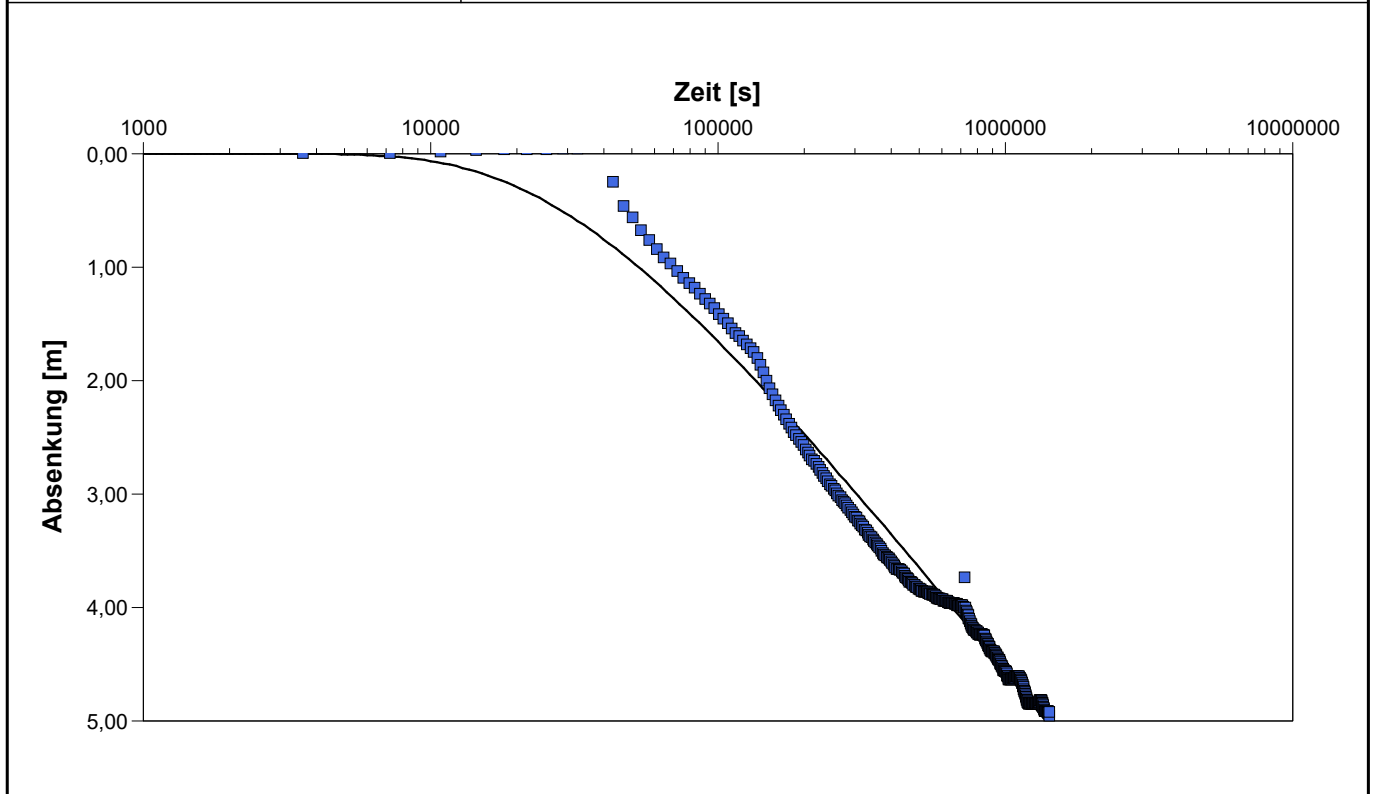


Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht B	$7,94 \times 10^{-6}$	$6,61 \times 10^{-7}$	1,0	

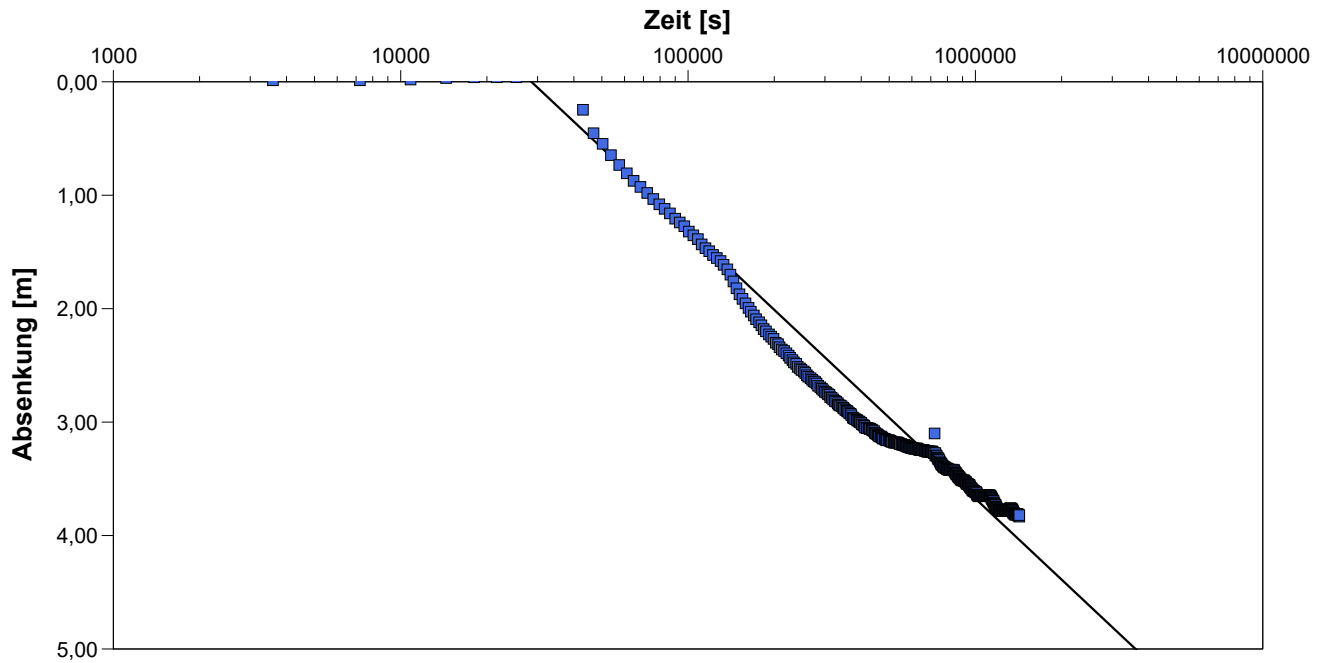
					Pumpversuchsauswertung			
					Projekt: Verfüllung Mühlenberg			
					Projekt-Nr:			
					Auftraggeber: Nottenkämper			
Ort: Hünxe			Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch			Brunner: Schacht B		
Durchgeführt von: ahu					Versuchsdatum: 05.11.2021			
Aquifermächtigkeit: 12,00 m			Förderrate: variabel, Ø 1,1009 [m³/h]					
	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	PS1_THEIS	Meßling	05.11.2021	THEIS	Schacht B	$9,87 \times 10^{-5}$	$8,22 \times 10^{-6}$	$4,53 \times 10^{-5}$
2	PS2_THEIS	Meßling	05.11.2021	THEIS mit Jacob-Kor	Schacht B	$7,27 \times 10^{-5}$	$6,06 \times 10^{-6}$	$7,49 \times 10^{-2}$
3	Wiederanstieg 1	Meßling	05.11.2021	THEIS Wiederanstie	Schacht B	$1,17 \times 10^{-4}$	$9,75 \times 10^{-6}$	
4	Wiederanstieg 2	Meßling	05.11.2021	THEIS Wiederanstie	Schacht B	$7,94 \times 10^{-6}$	$6,61 \times 10^{-7}$	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht C	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_THEIS	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 11,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS					
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht C	$1,62 \times 10^{-5}$	$1,47 \times 10^{-6}$	$3,28 \times 10^{-1}$	2,0	

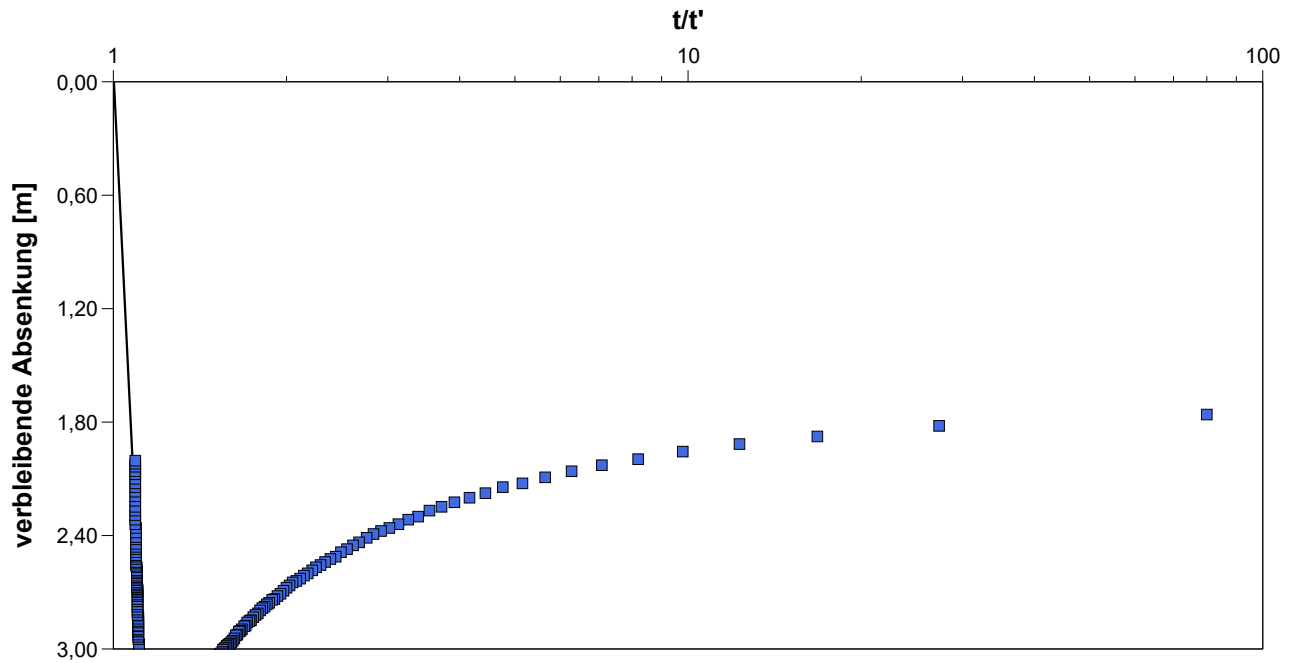
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Bohrungen: Schacht C	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_CJ1	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 11,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach COOPER & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht C	$2,14 \times 10^{-5}$	$1,94 \times 10^{-6}$	$3,42 \times 10^{-1}$	2,0	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Bohrungen: Schacht C	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	Wiederanstieg	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 11,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1 [m³/h]		

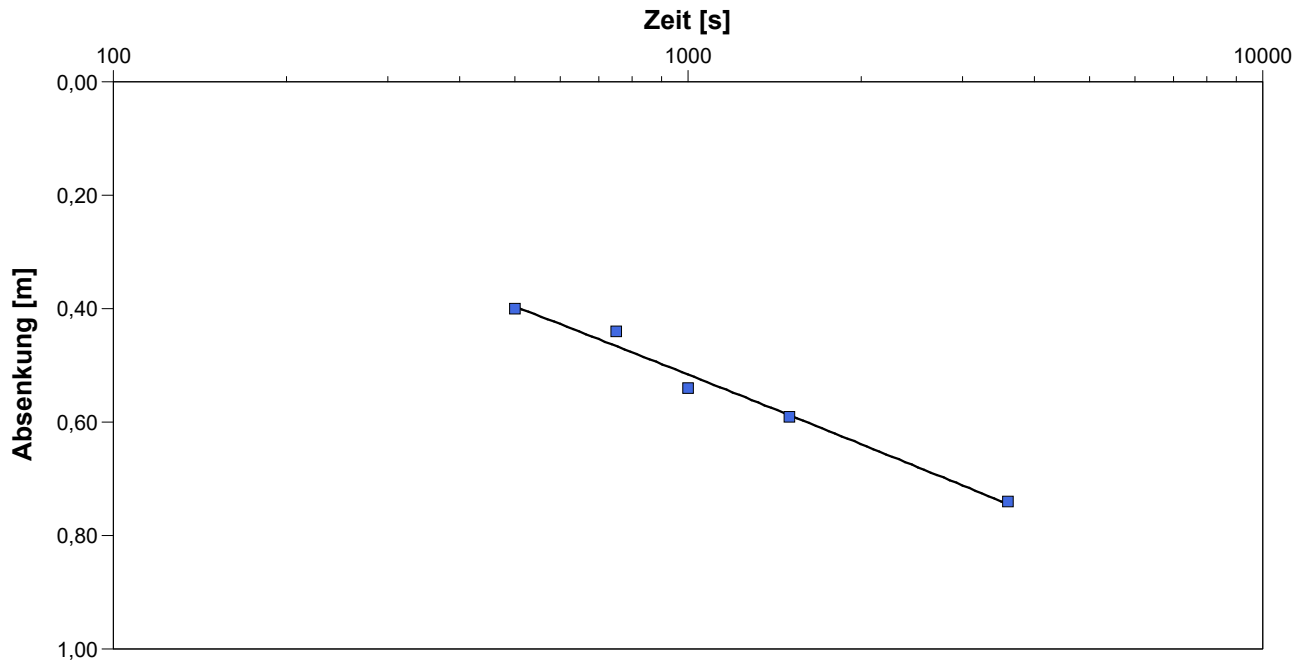


Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht C	$8,23 \times 10^{-7}$	$7,48 \times 10^{-8}$	2,0	

					Pumpversuchsauswertung			
					Projekt: Verfüllung Mühlenberg			
					Projekt-Nr:			
					Auftraggeber: Nottenkämper			
Ort: Hünxe			Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch			Bemerkungen: Schacht C		
Durchgeführt von: ahu					Versuchsdatum: 05.11.2021			
Aquifermächtigkeit: 11,00 m			Förderrate: variabel, Ø 1 [m³/h]					
	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	PS1_THEIS	Meßling	05.11.2021	THEIS	Schacht C	$1,62 \times 10^{-5}$	$1,47 \times 10^{-6}$	$3,28 \times 10^{-1}$
2	PS1_CJ1	Meßling	05.11.2021	COOPER & JACOB	Schacht C	$2,14 \times 10^{-5}$	$1,94 \times 10^{-6}$	$3,42 \times 10^{-1}$
3	Wiederanstieg	Meßling	05.11.2021	THEIS Wiederanstieg	Schacht C	$8,23 \times 10^{-7}$	$7,48 \times 10^{-8}$	

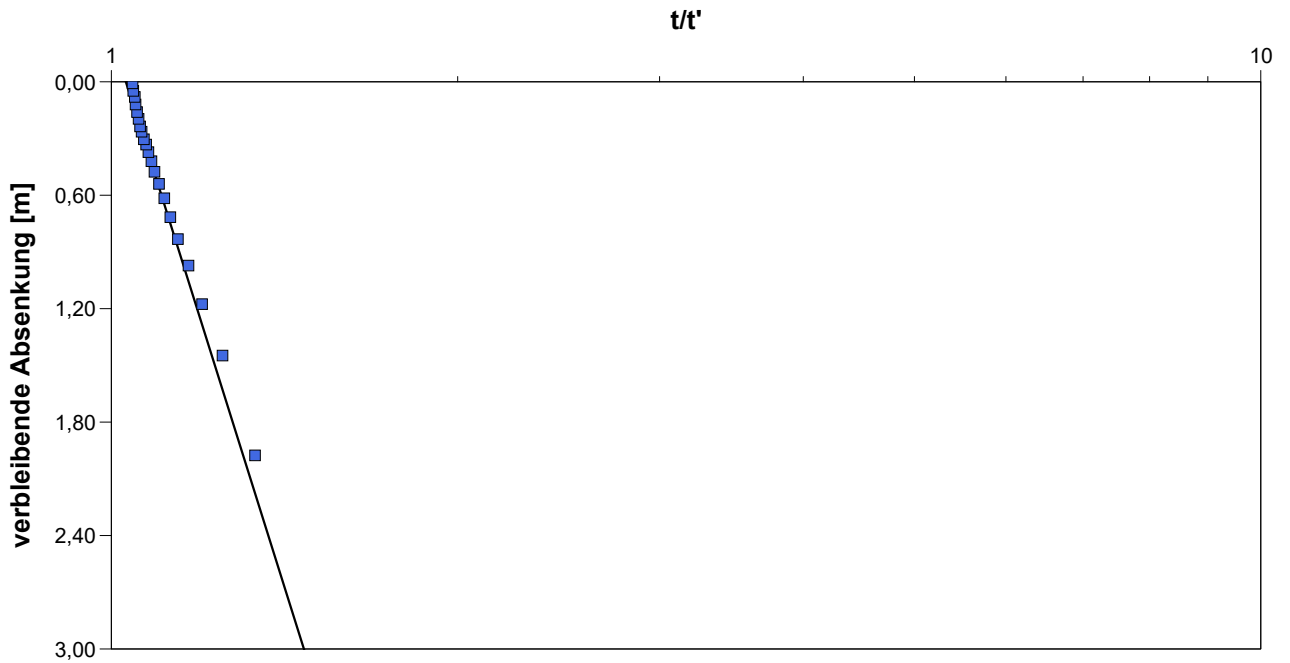
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht D	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_Theis	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,4 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht D	$4,87 \times 10^{-5}$	$6,09 \times 10^{-6}$	$6,59 \times 10^{-3}$	1,0	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Beobachtungsbrunnen: Schacht D	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_Wiederanstieg	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,4 [m³/h]		

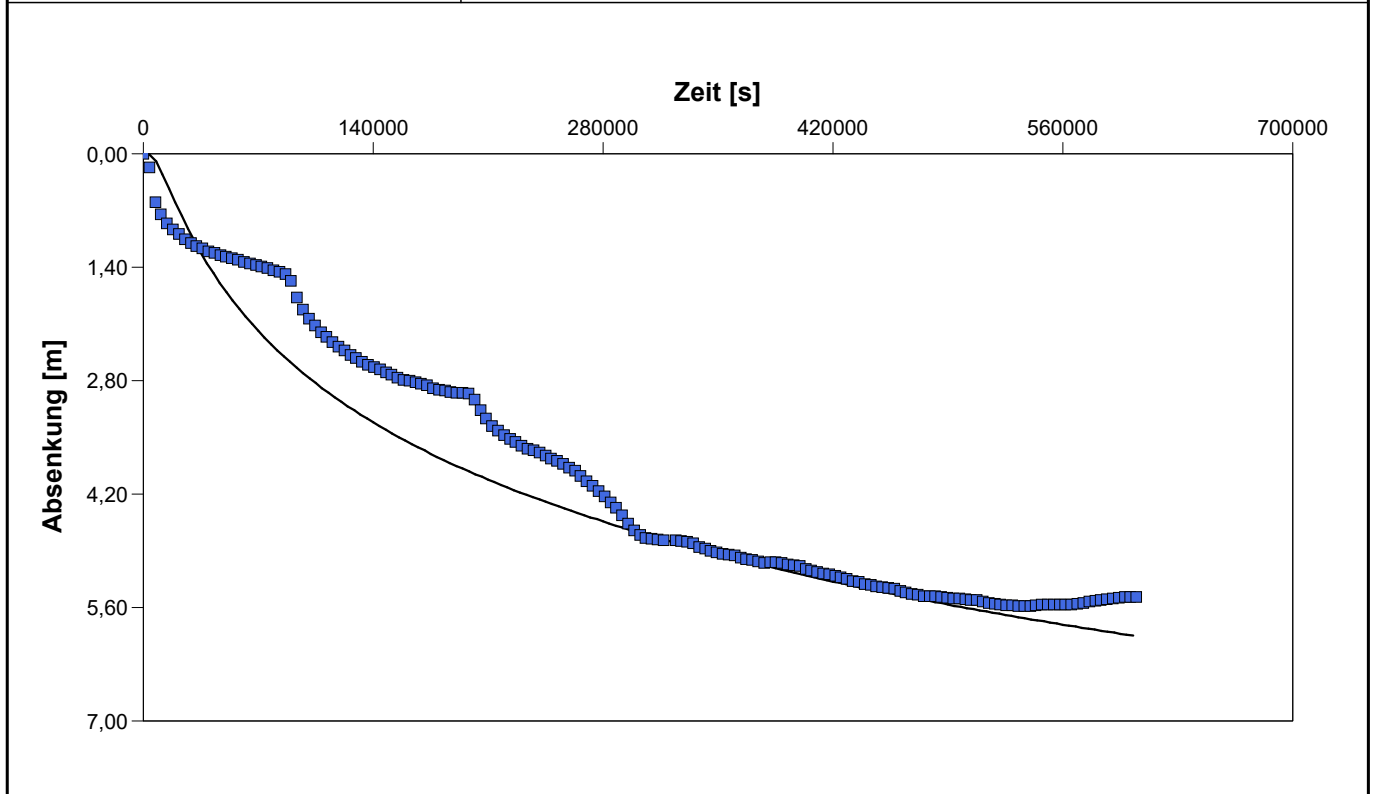


Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht D	$1,05 \times 10^{-6}$	$1,31 \times 10^{-7}$	1,0	

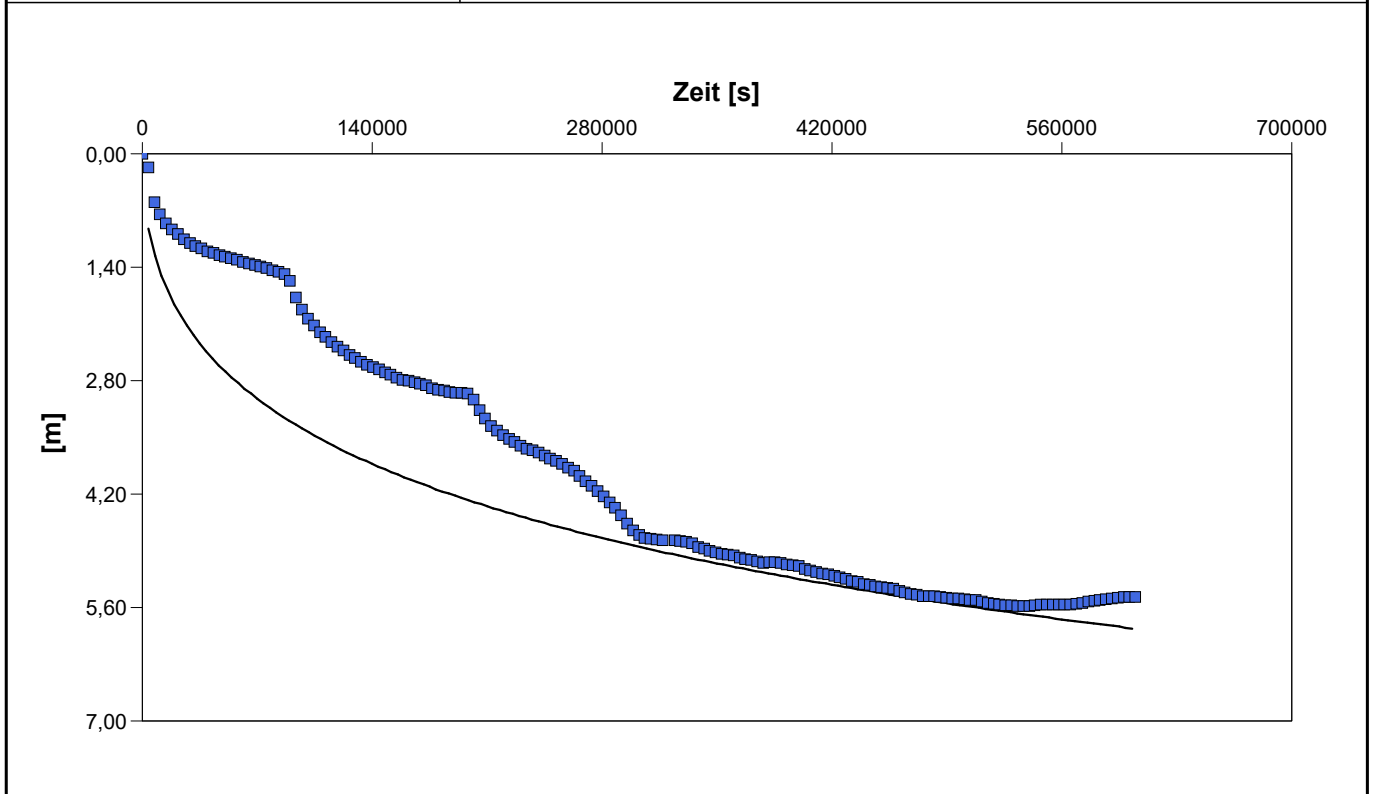
					Pumpversuchsauswertung			
					Projekt: Verfüllung Mühlenberg			
					Projekt-Nr:			
					Auftraggeber: Nottenkämper			
Ort: Hünxe			Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch			Brunner: Schacht D		
Durchgeführt von: ahu					Versuchsdatum: 05.11.2021			
Aquifermächtigkeit: 8,00 m			Förderrate: variabel, Ø 0,4 [m³/h]					
	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	PS1_Theis	Meßling	05.11.2021	THEIS	Schacht D	$4,87 \times 10^{-5}$	$6,09 \times 10^{-6}$	$6,59 \times 10^{-3}$
2	PS1_Wiederanstieg	Meßling	05.11.2021	THEIS Wiederanstieg	Schacht D	$1,05 \times 10^{-6}$	$1,31 \times 10^{-7}$	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: Schacht E	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_Theis	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,7 [m³/h]		



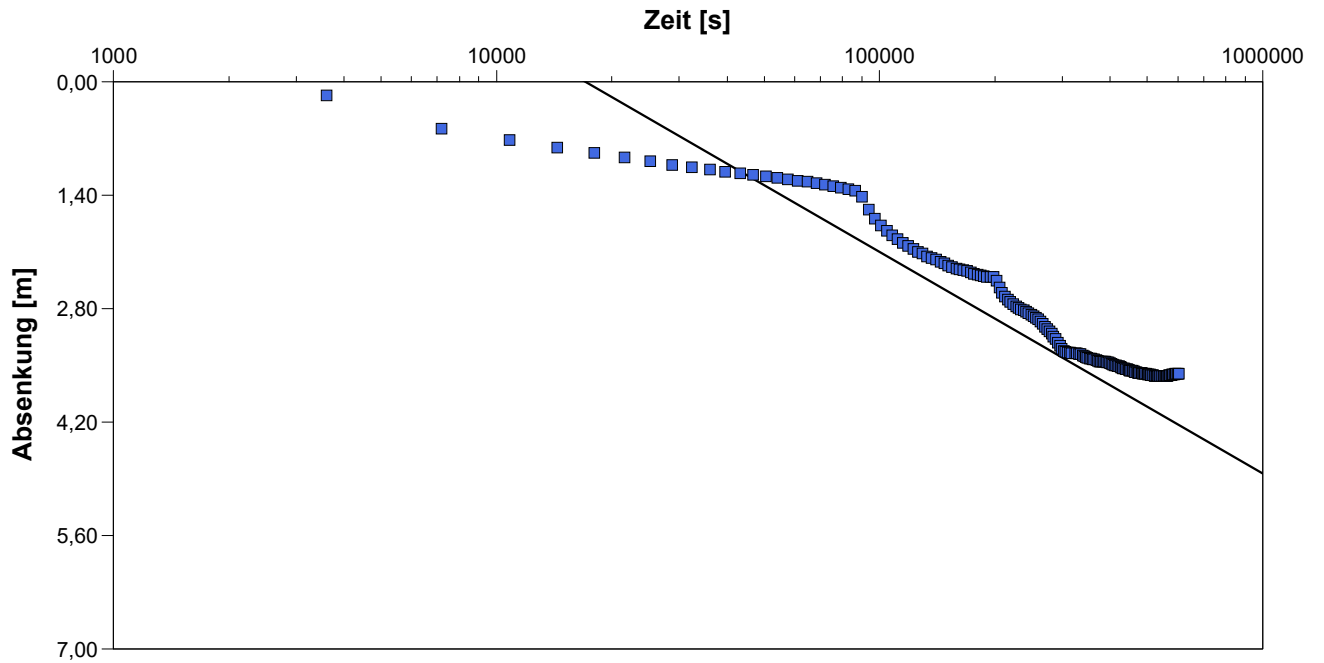
Berechnungsergebnisse nach THEIS					
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoeffizient	Abstand zum Pumpbr.	
Schacht E	$8,10 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-6}$	$5,00 \times 10^{-1}$	1,0	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Brunnentypen: Schacht E	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_PAPA_COOPER	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,7 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach Papadopulos & Cooper					
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.	Abstand zum Pumpbr.	
Schacht E	$8,88 \times 10^{-6}$	$1,11 \times 10^{-6}$	$5,00 \times 10^{-1}$	1,0	

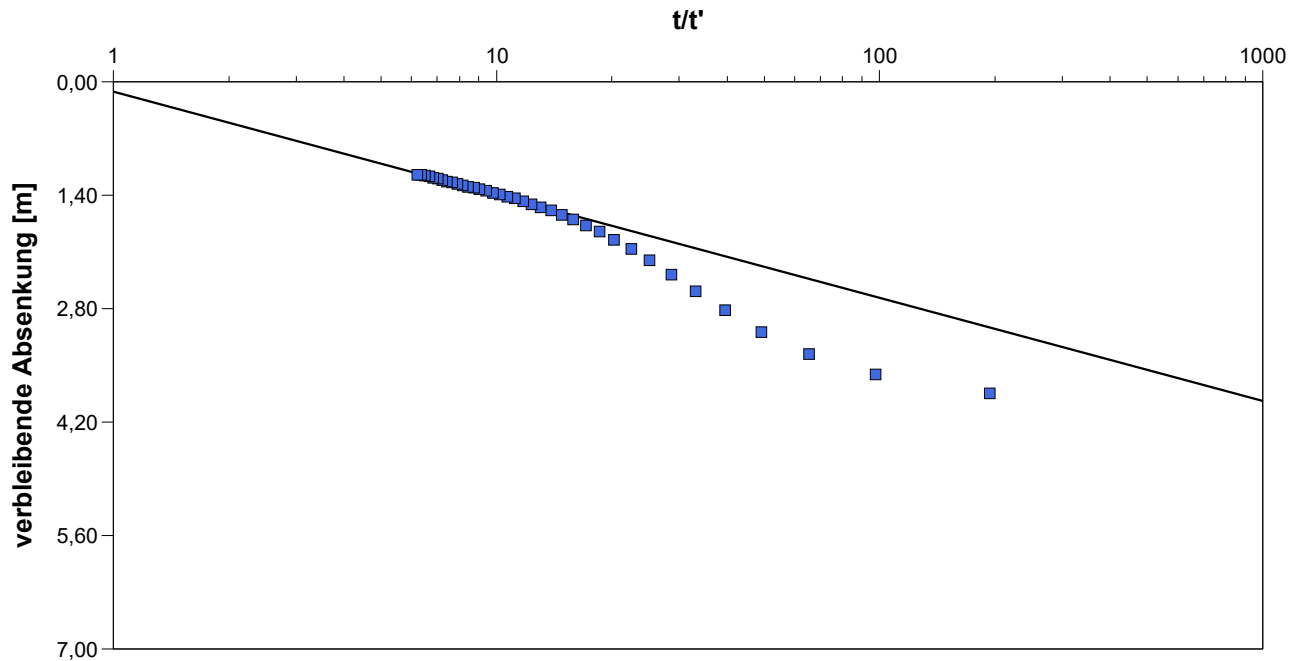
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: Schacht E	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_CJI	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,7 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach COOPER & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht E	$1,30 \times 10^{-5}$	$1,63 \times 10^{-6}$	$5,00 \times 10^{-1}$	1,0	

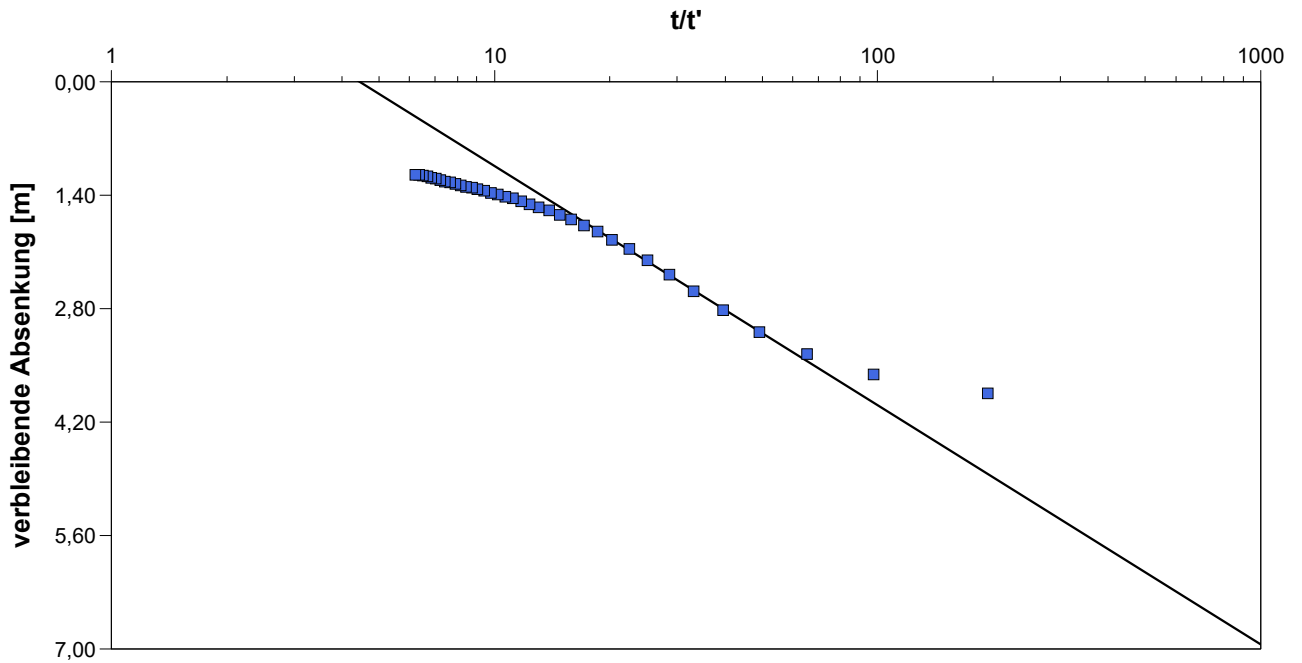
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: Schacht E	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter:	Wiederanstieg 1	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,7 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht E	$2,80 \times 10^{-5}$	$3,50 \times 10^{-6}$	1,0	

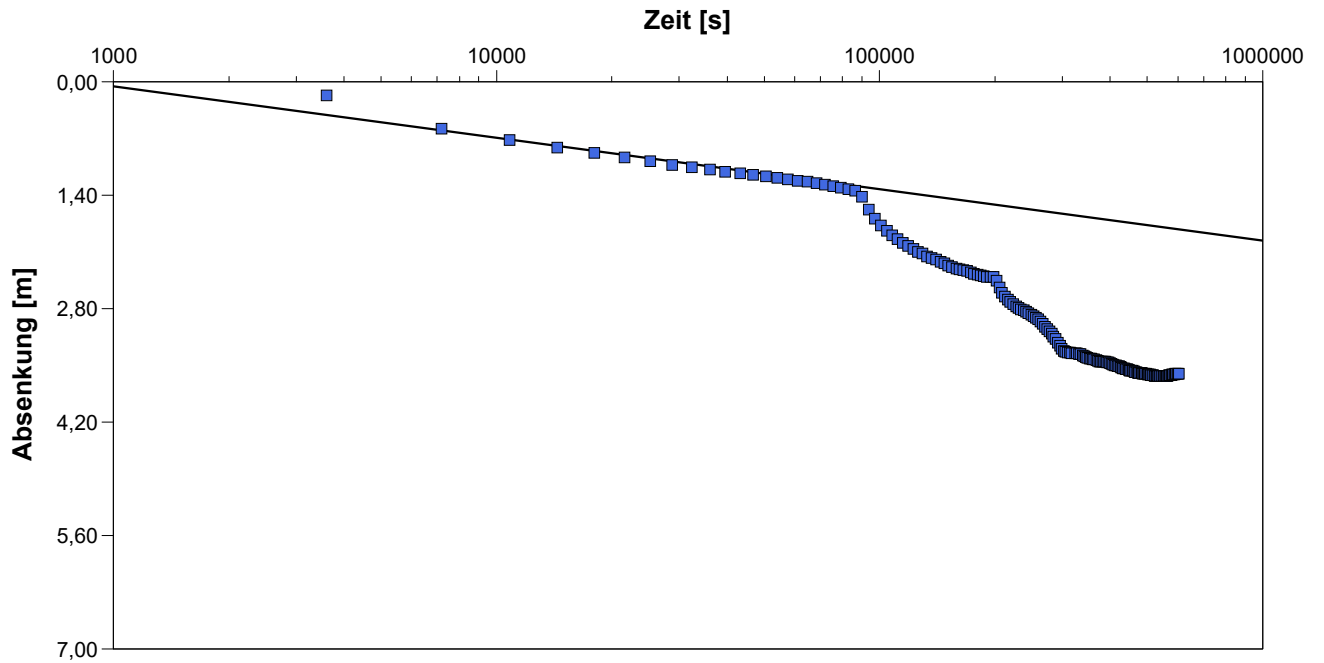
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: Schacht E	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	Wiederanstieg 2	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,7 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht E	$1,21 \times 10^{-5}$	$1,51 \times 10^{-6}$	1,0	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: Schacht E	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1_CJI 2	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 8,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,7 [m³/h]		

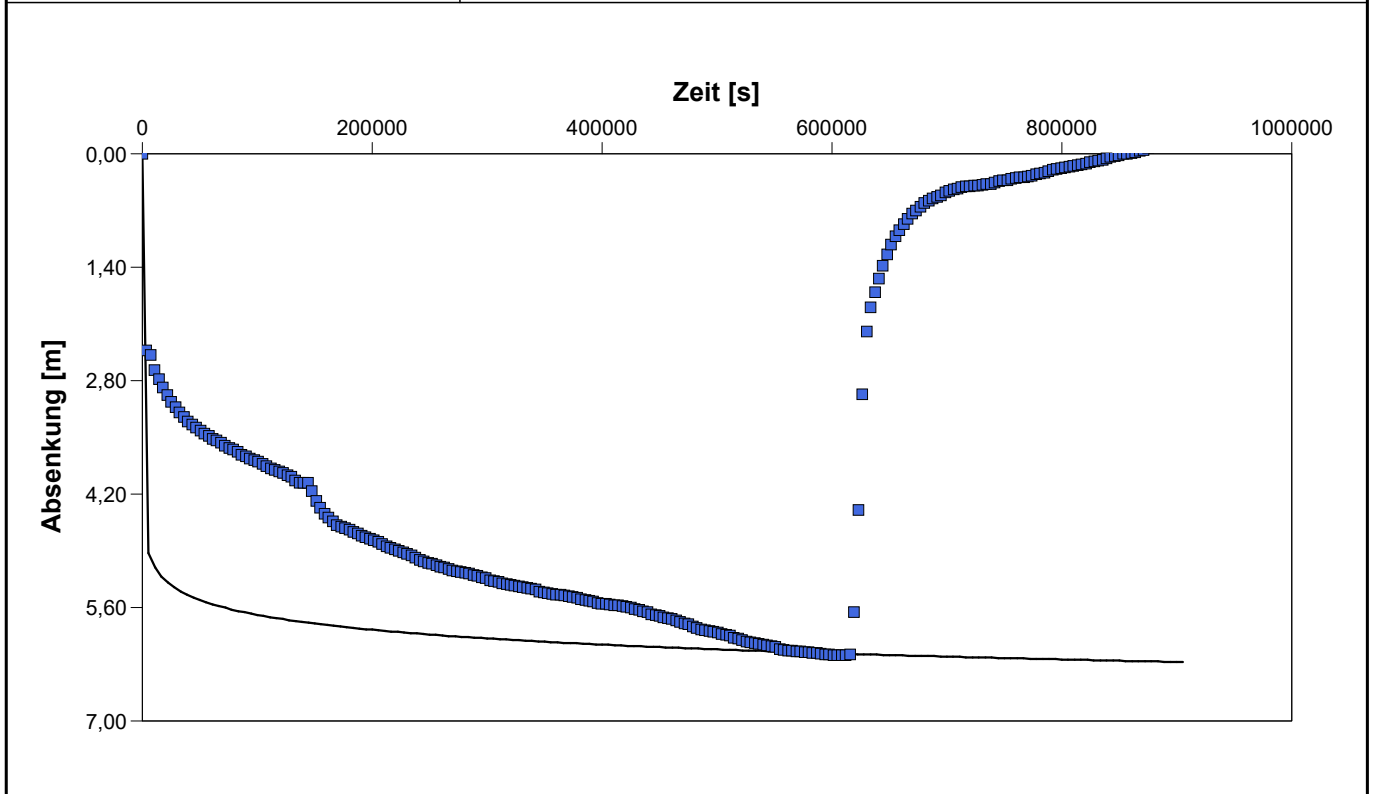


Berechnungsergebnisse nach COOPER & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
Schacht E	$5,63 \times 10^{-5}$	$7,03 \times 10^{-6}$	$1,02 \times 10^{-1}$	1,0	

					Pumpversuchsauswertung			
					Projekt: Verfüllung Mühlenberg			
					Projekt-Nr:			
					Auftraggeber: Nottenkämper			
Ort: Hünxe			Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch			Sondertiefen: Schacht E		
Durchgeführt von: ahu					Versuchsdatum: 05.11.2021			
Aquifermächtigkeit: 8,00 m			Förderrate: variabel, Ø 0,7 [m³/h]					
	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	PS1_Theis	Meßling	05.11.2021	THEIS	Schacht E	$8,10 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-6}$	$5,00 \times 10^{-1}$
2	PS1_PAPA_COOPER	Meßling	05.11.2021	Papadopulos & Cooper	Schacht E	$8,88 \times 10^{-6}$	$1,11 \times 10^{-6}$	$5,00 \times 10^{-1}$
3	PS1_CJI	Meßling	05.11.2021	COOPER & JACOB	Schacht E	$1,30 \times 10^{-5}$	$1,63 \times 10^{-6}$	$5,00 \times 10^{-1}$
4	Wiederanstieg 1		05.11.2021	THEIS Wiederanstieg	Schacht E	$2,80 \times 10^{-5}$	$3,50 \times 10^{-6}$	
5	Wiederanstieg 2	Meßling	05.11.2021	THEIS Wiederanstieg	Schacht E	$1,21 \times 10^{-5}$	$1,51 \times 10^{-6}$	
6	PS1_CJI 2	Meßling	05.11.2021	COOPER & JACOB	Schacht E	$5,63 \times 10^{-5}$	$7,03 \times 10^{-6}$	$1,02 \times 10^{-1}$

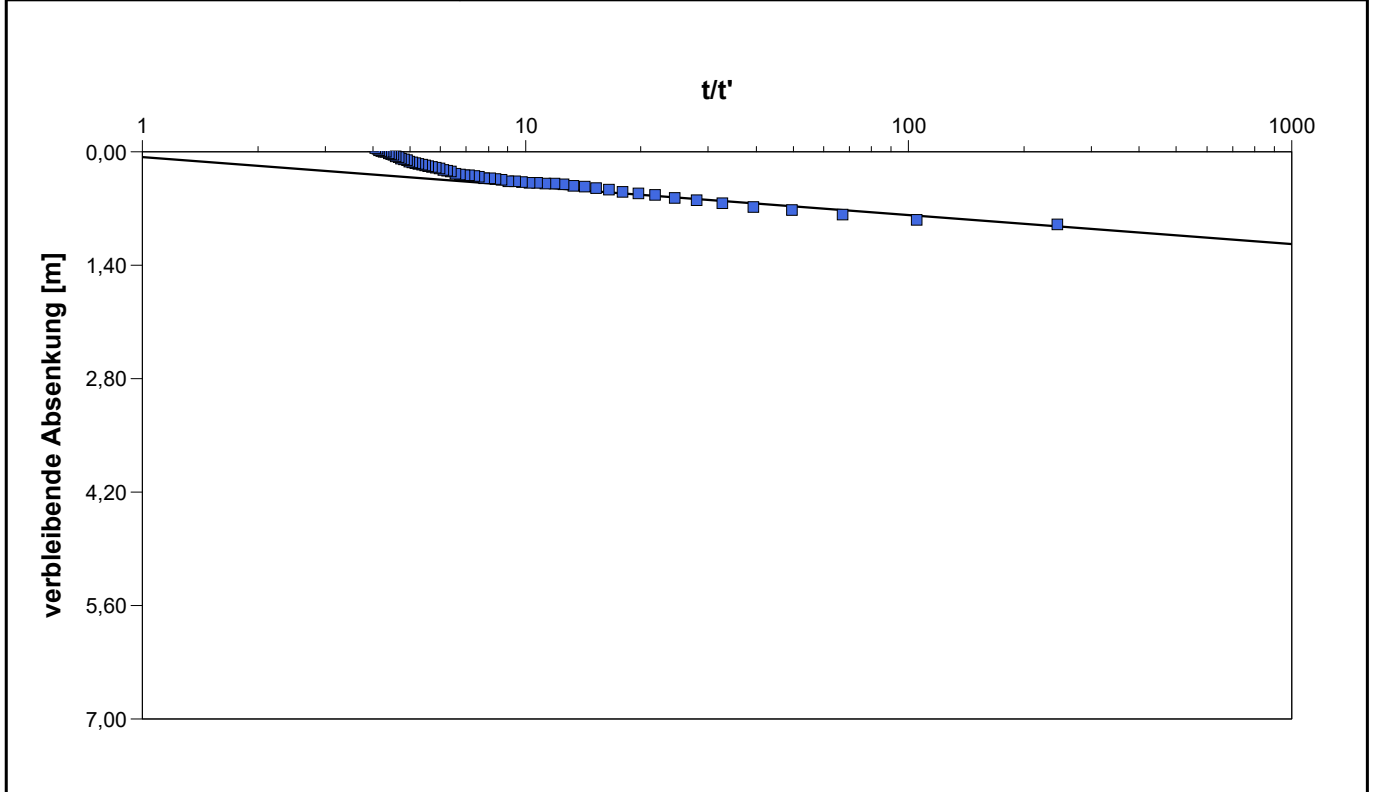
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: B4	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter:	PS1	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 11,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,15 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS					
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr.	
B4	$1,25 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-6}$	$1,30 \times 10^{-7}$	0,1	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	

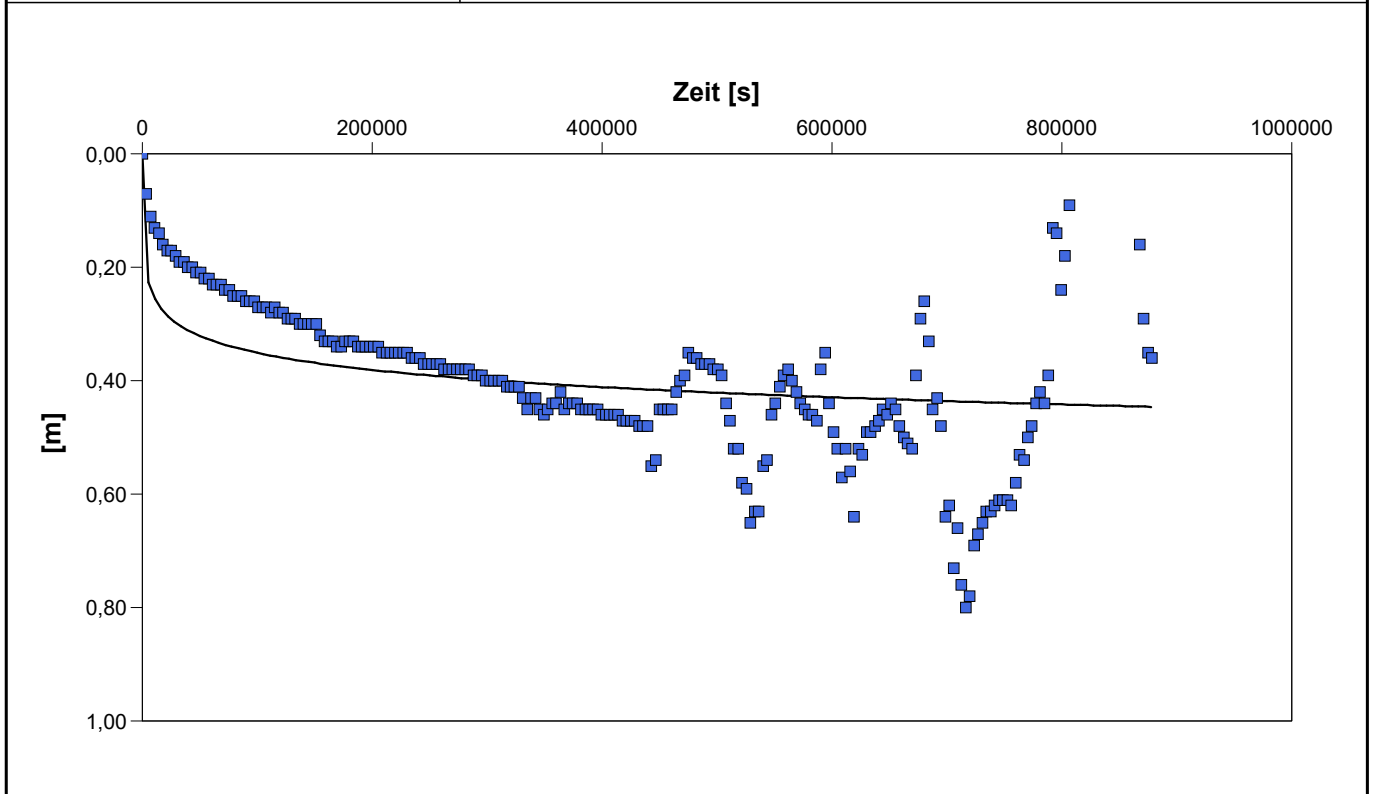
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: B4
Durchgeführt von: ahu	Versuchsdatum: 05.11.2021	
Bearbeiter: Meßling	Wiederanstieg	Datum: 05.11.2021
Aquifermächtigkeit: 11,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,15 [m³/h]	



Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB				
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität	Hydraul. Durchlässigkeit	Abstand zum Pumpbr.	
	[m²/s]	[m/s]	[m]	
B4	$2,13 \times 10^{-5}$	$1,94 \times 10^{-6}$	0,1	

					Pumpversuchsauswertung			
					Projekt: Verfüllung Mühlenberg			
					Projekt-Nr:			
					Auftraggeber: Nottenkämper			
Ort: Hünxe			Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch			Pumpbrunnen: B4		
Durchgeführt von: ahu					Versuchsdatum: 05.11.2021			
Aquifermächtigkeit: 11,00 m			Förderrate: variabel, Ø 0,15 [m³/h]					
	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	PS1		05.11.2021	THEIS	B4	$1,25 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-6}$	$1,30 \times 10^{-7}$
2	Wiederanstieg	Meßling	05.11.2021	THEIS Wiederanstieg	B4	$2,13 \times 10^{-5}$	$1,94 \times 10^{-6}$	

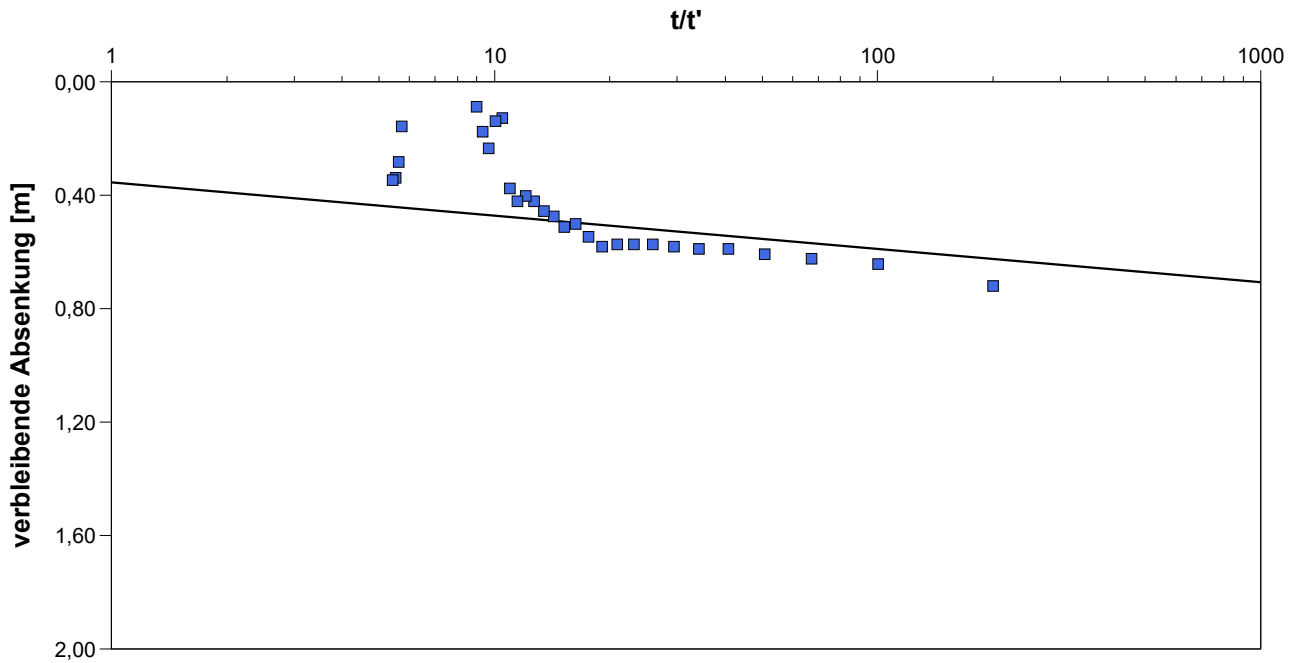
		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: B5	
Durchgeführt von: ahu		Versuchsdatum: 10.05.2021	
Bearbeiter: Meßling	PS1	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 5,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,18 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS mit Jacob-Korrektur

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoefizient	Abstand zum Pumpbr. [m]	
B5	$9,87 \times 10^{-5}$	$1,97 \times 10^{-5}$	$5,00 \times 10^{-1}$	0,1	

		Pumpversuchsauswertung	
		Projekt: Verfüllung Mühlenberg	
		Projekt-Nr:	
		Auftraggeber: Nottenkämper	
Ort: Hünxe	Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch	Pumpbrunnen: B5	
Durchgeführt von: ahu			Versuchsdatum: 10.05.2021
Bearbeiter:	Wiederanstieg	Datum: 05.11.2021	
Aquifermächtigkeit: 5,00 m	Förderrate: variabel, Ø 0,18 [m³/h]		



Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Abstand zum Pumpbr. [m]	
B5	$7,82 \times 10^{-5}$	$1,56 \times 10^{-5}$	0,1	

					Pumpversuchsauswertung			
					Projekt: Verfüllung Mühlenberg			
					Projekt-Nr:			
					Auftraggeber: Nottenkämper			
Ort: Hünxe			Pumpversuch: Sickerwasserpumpversuch			Pumpbrunnen: B5		
Durchgeführt von: ahu					Versuchsdatum: 10.05.2021			
Aquifermächtigkeit: 5,00 m			Förderrate: variabel, Ø 0,18 [m³/h]					
	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	PS1	Meßling	05.11.2021	THEIS mit Jacob-Ko	B5	$9,87 \times 10^{-5}$	$1,97 \times 10^{-5}$	$5,00 \times 10^{-1}$
2	Wiederanstieg		05.11.2021	THEIS Wiederanstie	B5	$7,82 \times 10^{-5}$	$1,56 \times 10^{-5}$	

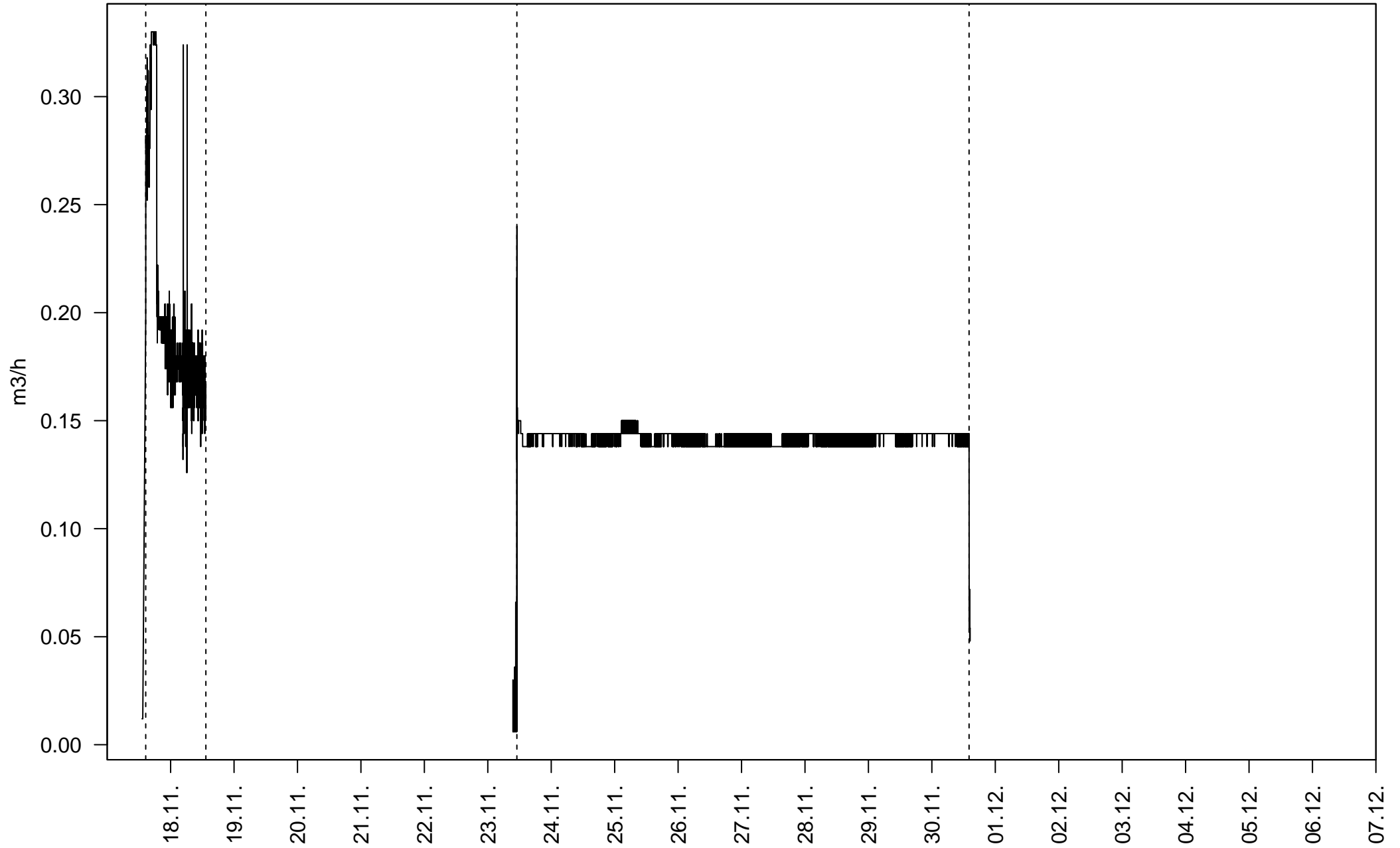
**Dokumentation 4:
Pumpversuchsdaten und
Entnahmemengen (1 Seite)**

Bezeichnung	Start	Ende	Pumpstufe	Dauer ca. [h]	Fördermenge [m³/h]	Geförderte Menge
B4	17.11.2020 14:35	18.11.2020 13:20	I	23	0,18	4,09
	23.11.2020 11:00	30.11.2020 14:05	II	171	0,15	25,66
Schacht C	07.12.2020 16:12	14.12.2020 11:10	I	163	1	162,97
	14.12.2020 11:10	22.12.2020 11:27	II	192	2	384,57
	04.01.2021 14:20	20.01.2021 14:16	III	384	1,3	499,11
Schacht B	03.02.2021 12:07	06.02.2021 11:00	I	71	0,5	35,44
	16.02.2021 12:24	22.02.2021 13:20	II	145	1	144,93
	22.02.2021 13:20	25.02.2021 15:27	III	74	1,3	96,35
Schacht D	11.03.2021 11:10	12.03.2021 09:37	I	22	0,3	6,73
	12.03.2021 09:37	16.03.2021 16:02	II	102	0,2	20,48
	16.03.2021 16:02	18.03.2021 09:58	III	42	0,4	16,77
	18.03.2021 09:58	19.03.2021 17:01	IV	31	0,45	13,97
	22.03.2021 08:41	24.03.2021 09:12	IV	49	0,5	24,26
Schacht E	24.03.2021 10:35	25.03.2021 10:15	I	24	0,25	5,92
	25.03.2021 10:15	26.03.2021 17:08	II	31	0,45	13,90
	26.03.2021 17:08	31.03.2021 10:11	III	113	0,6	67,83
	31.03.2021 10:11	01.04.2021 11:23	IV	25	0,7	17,64
Schacht A	08.04.2021 16:06	16.04.2021 16:10	I	192	0,5	96,03
	20.04.2021 15:20	30.04.2021 09:16	II	234	0,4	93,57
B5	10.05.2021 11:24	20.05.2021 14:54	I	244	0,18	43,83
				2332		

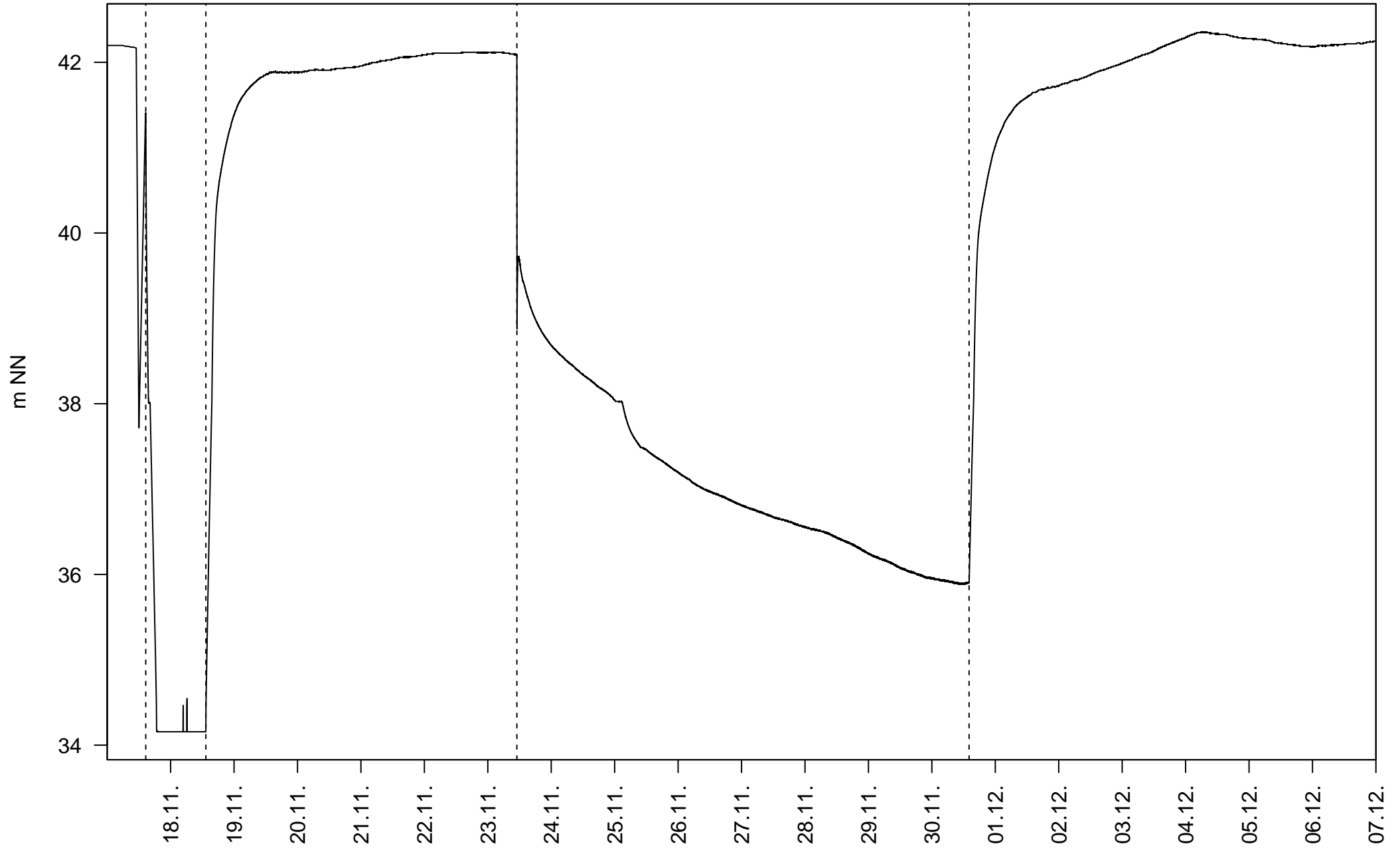
Dokumentation 5:

Grafische Darstellung der Pumpversuchsdaten inkl. Sondenmessungen zu Temperatur, Leitfähigkeiten und pH-Werten (83 Seiten)

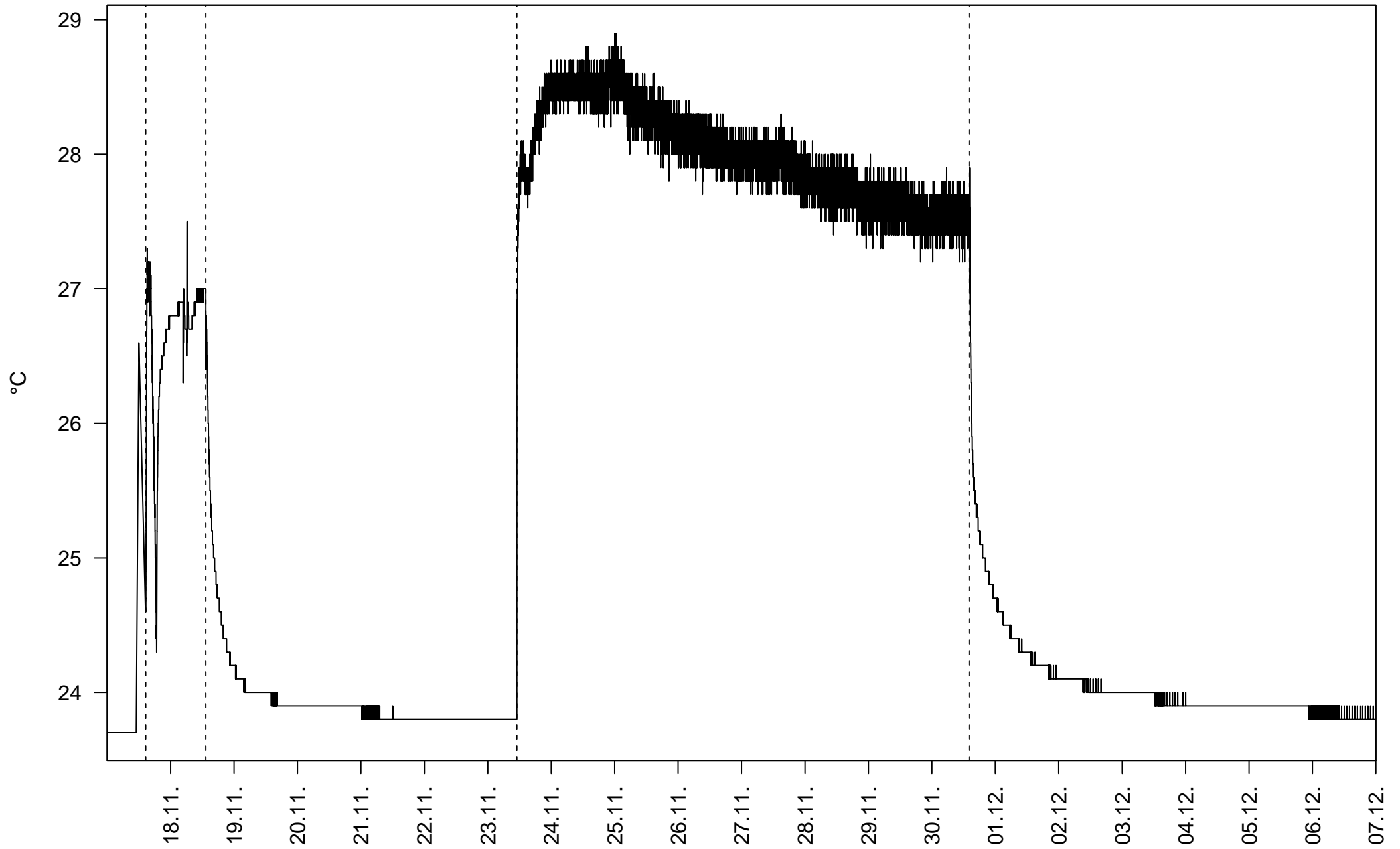
B4 – Förderrate



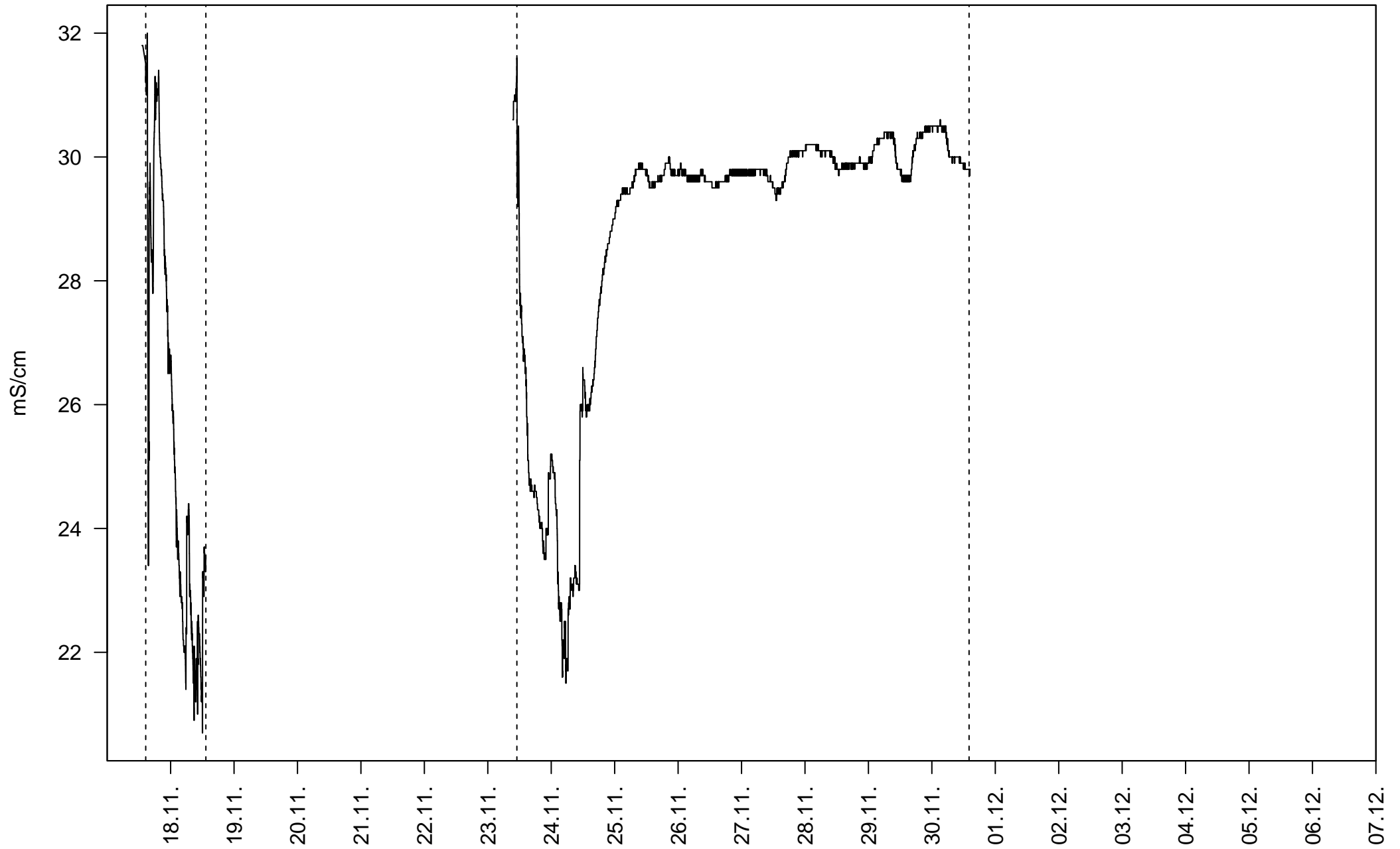
B4 – Grundwasserstand



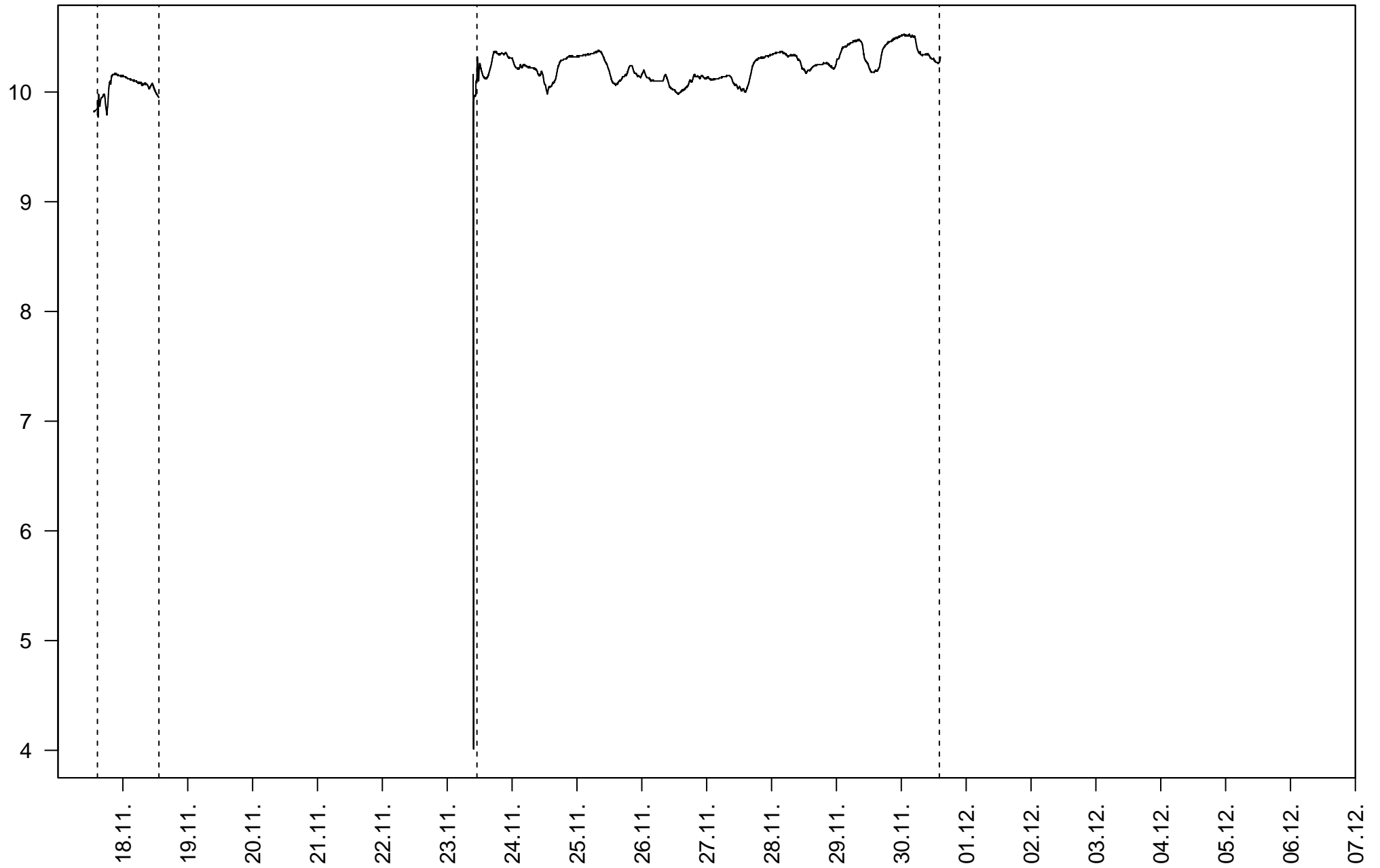
B4 – Wassertemperatur in der Messstelle



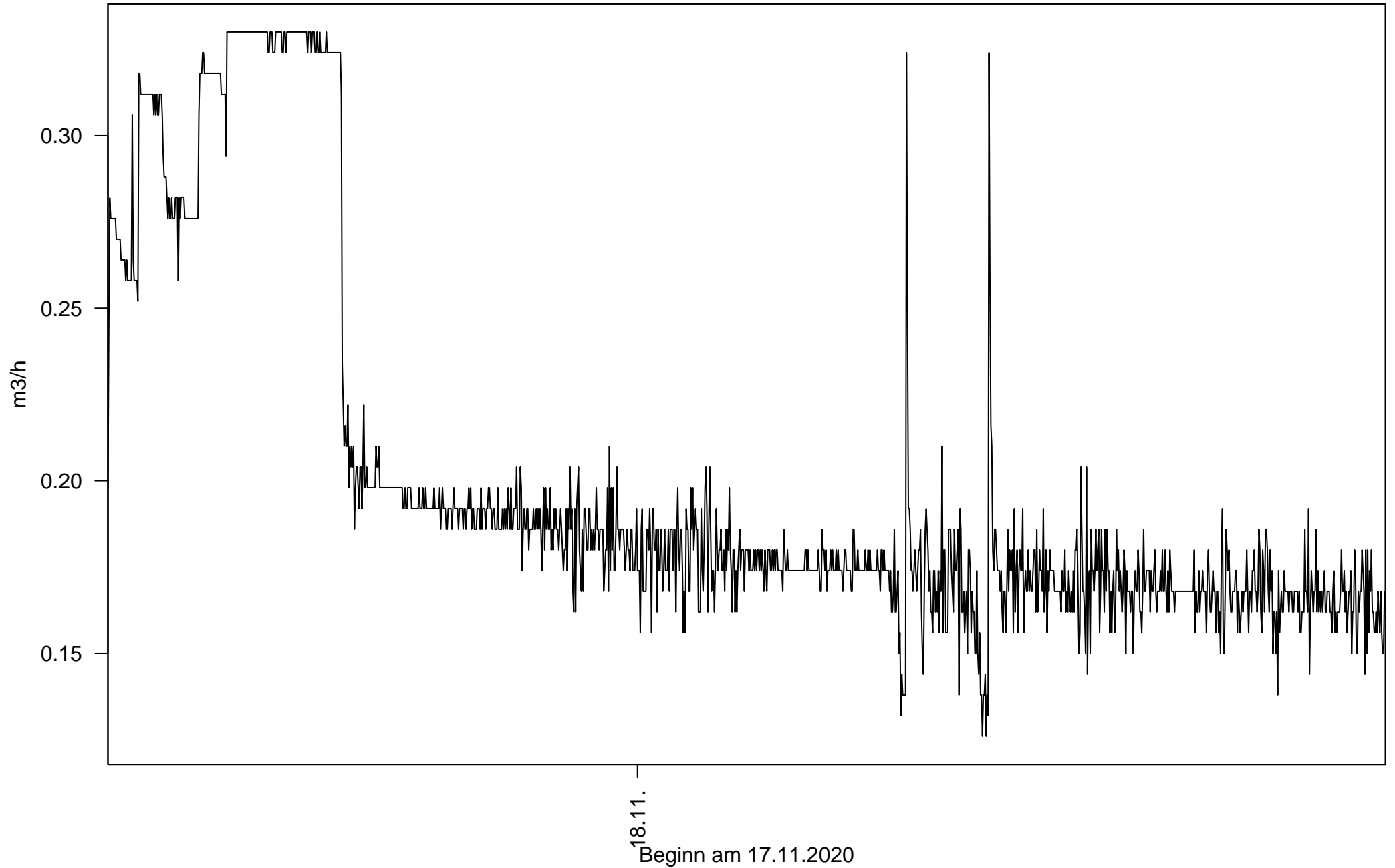
B4 – Elektrische Leitfähigkeit



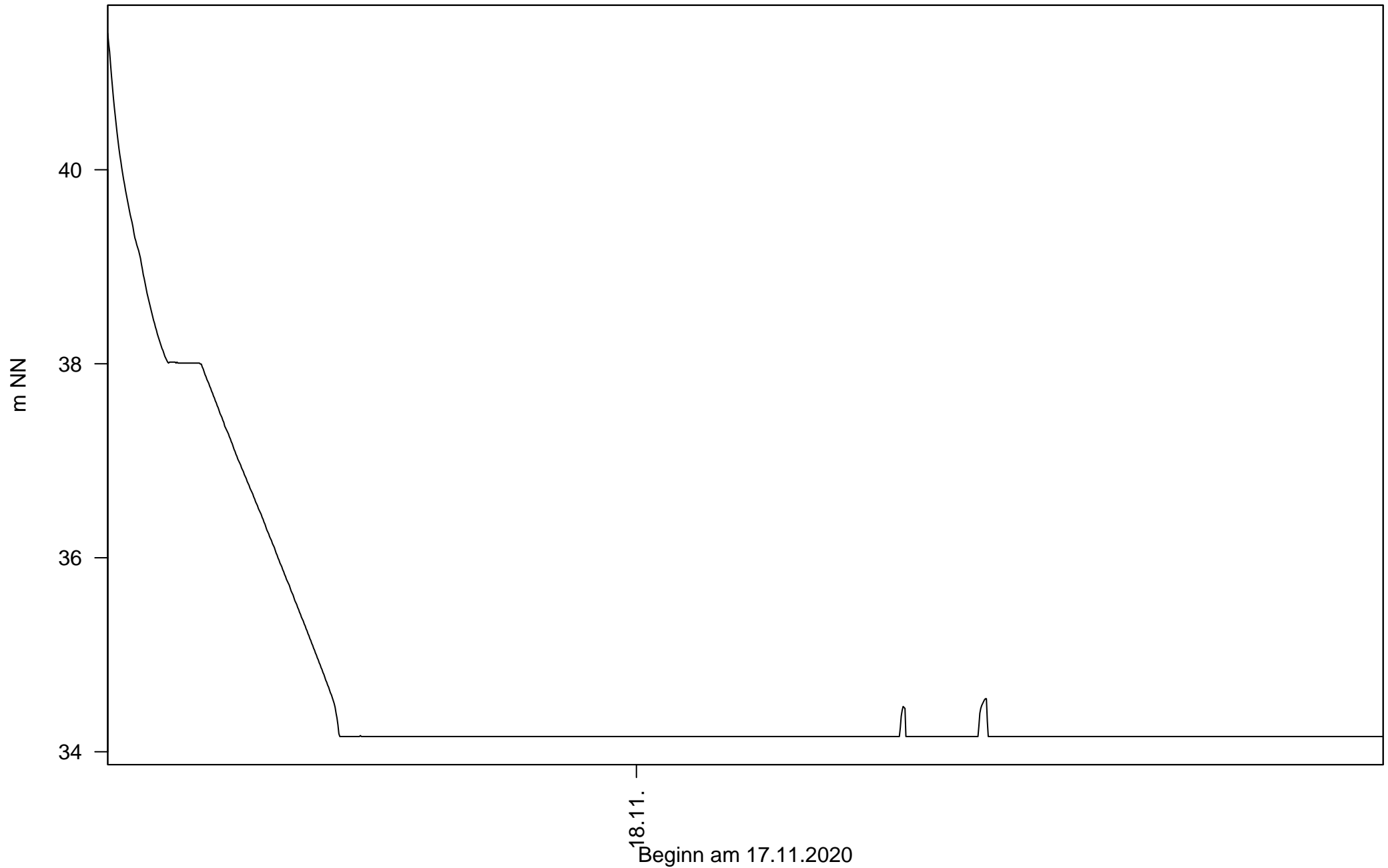
B4 – pH-Wert



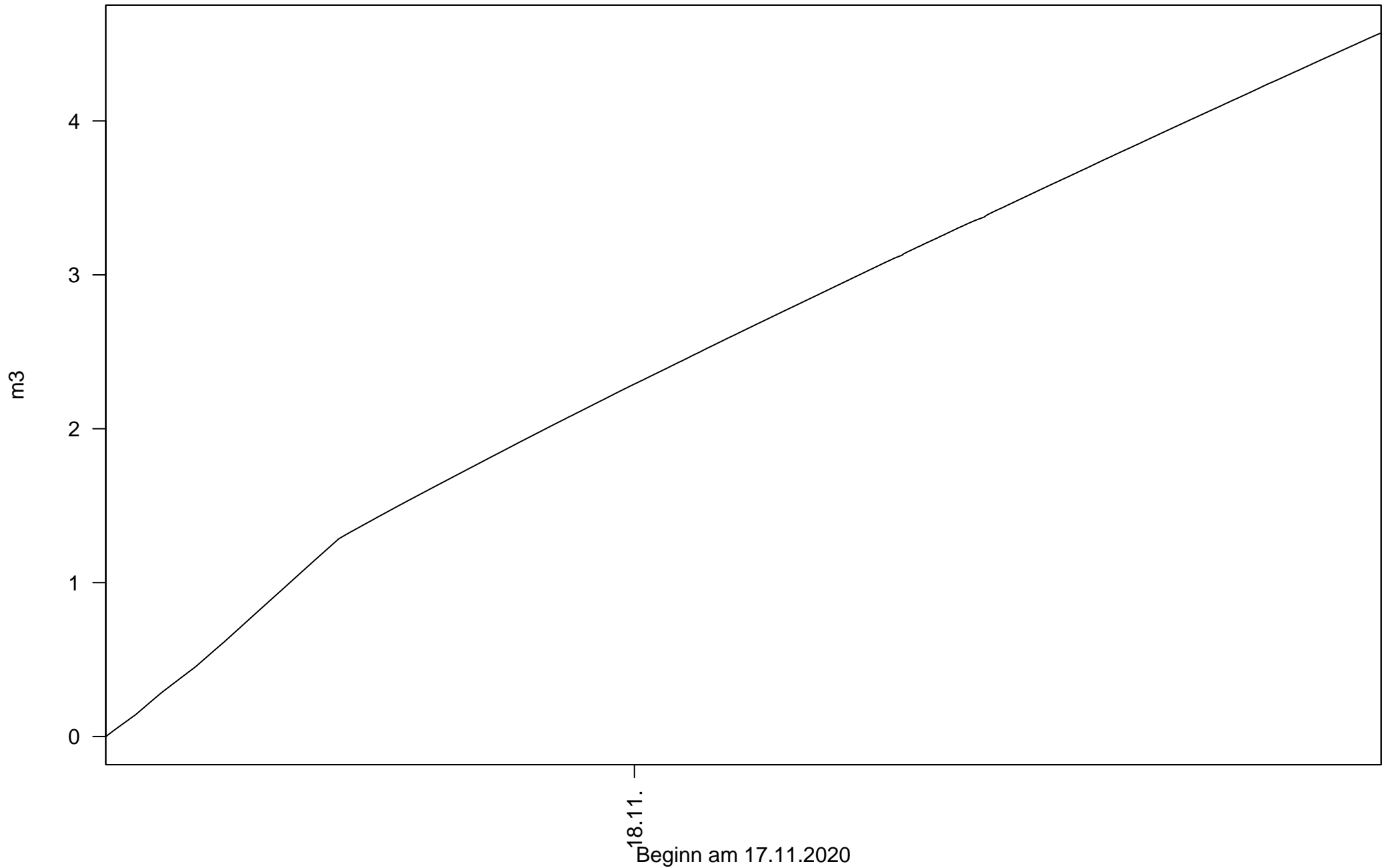
B4 – Erster Pumpversuch – Förderrate



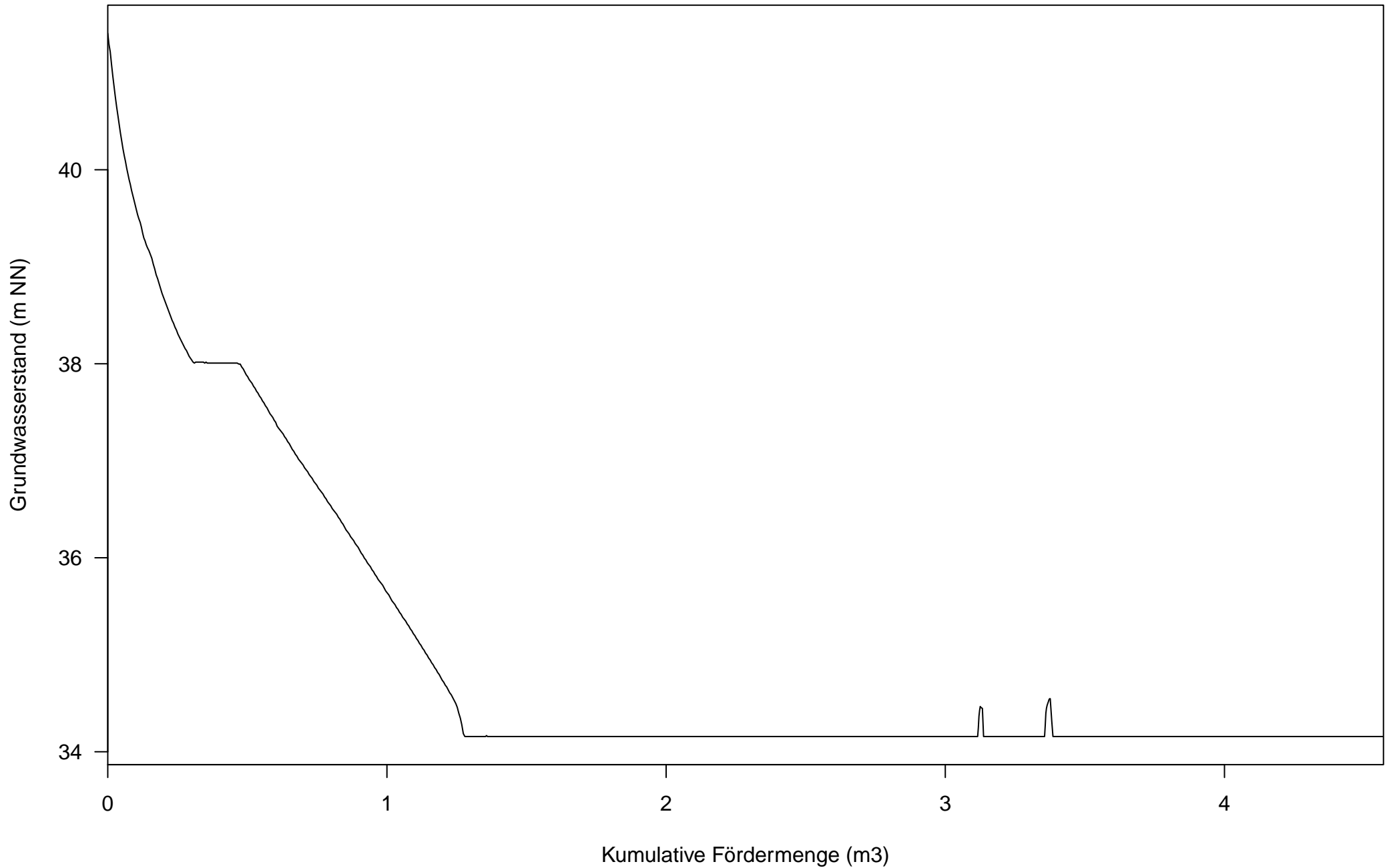
B4 – Erster Pumpversuch – Grundwasserstand



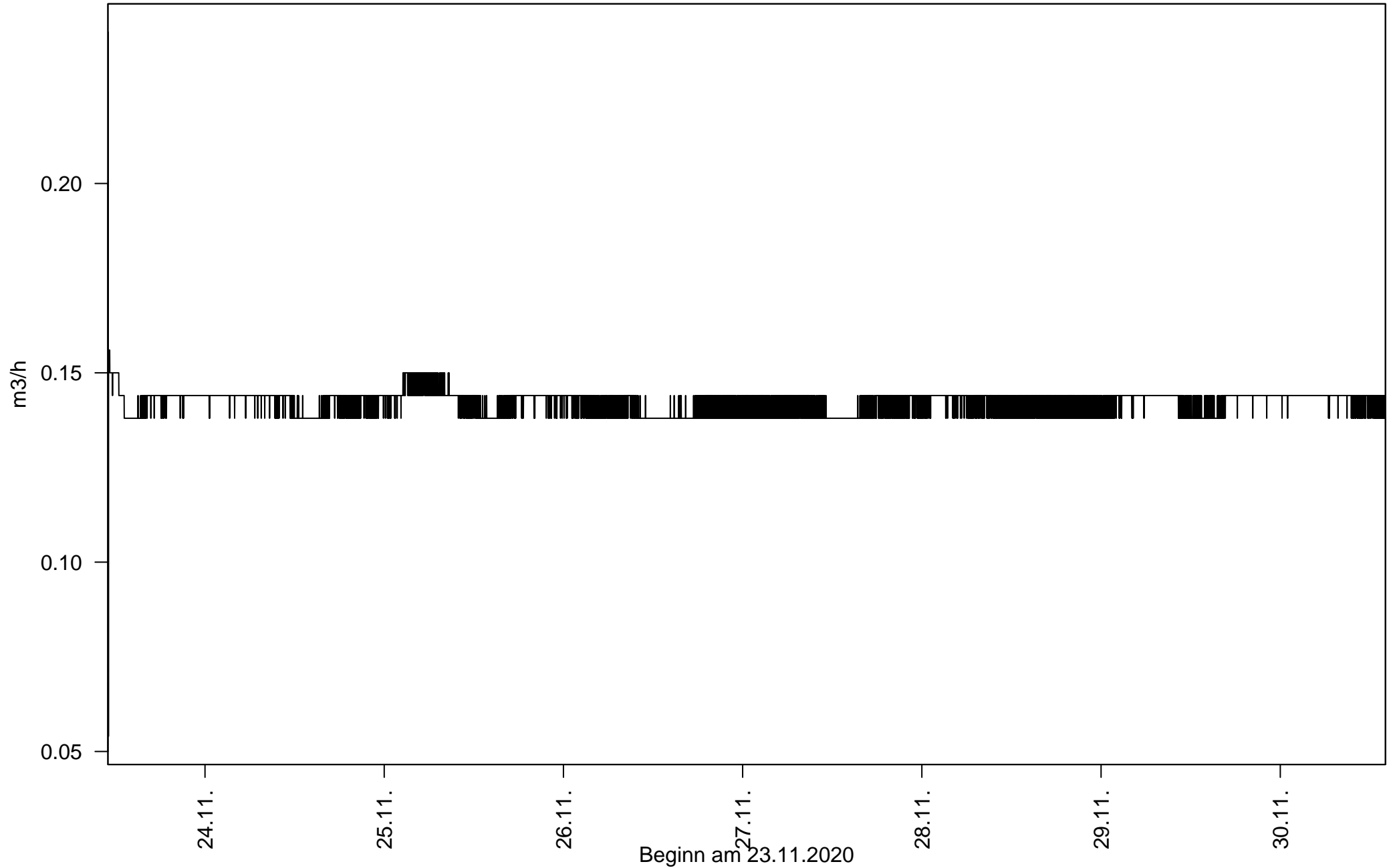
B4 – Erster Pumpversuch – Kumulative Fördermenge



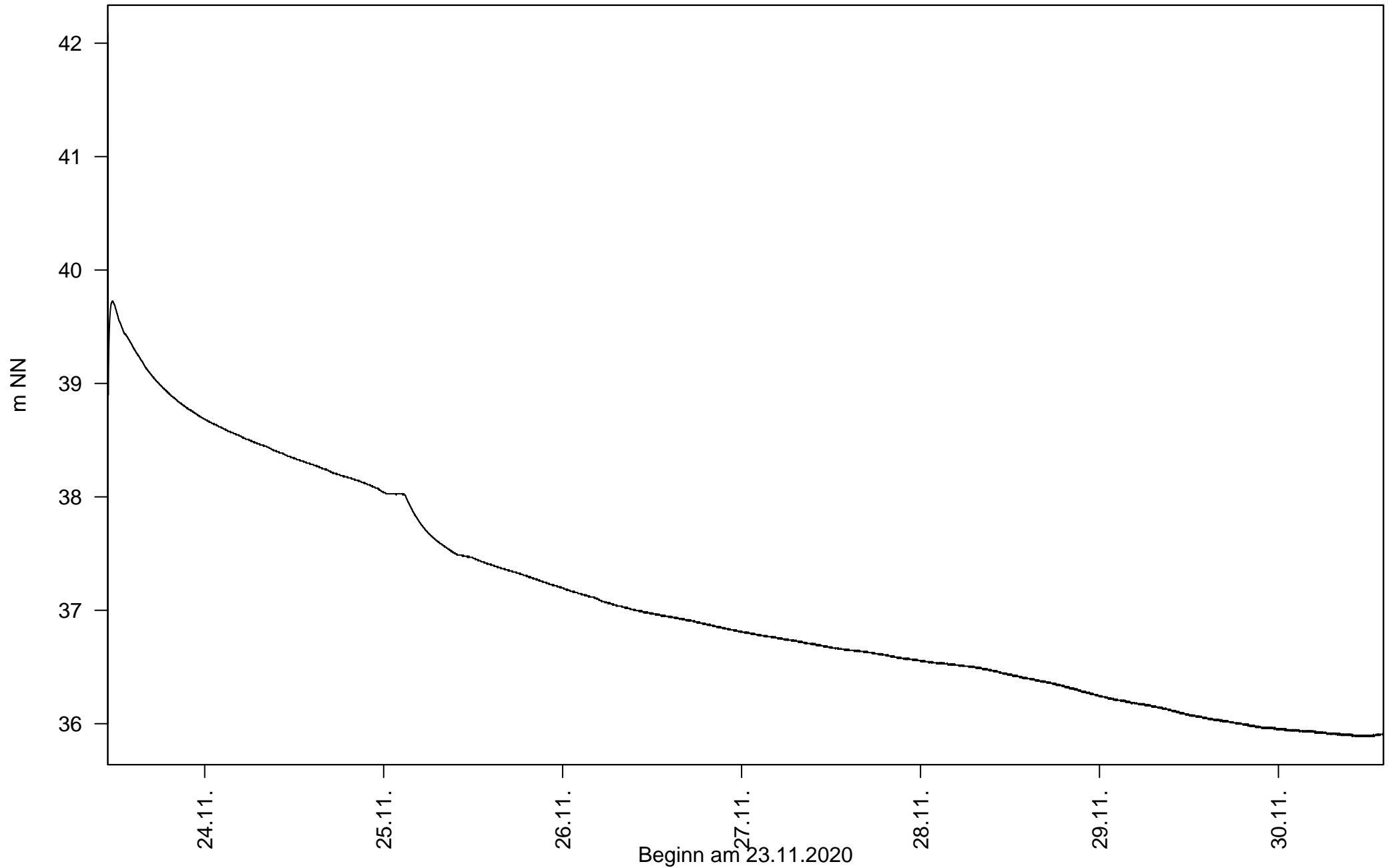
B4 – Erster Pumpversuch – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



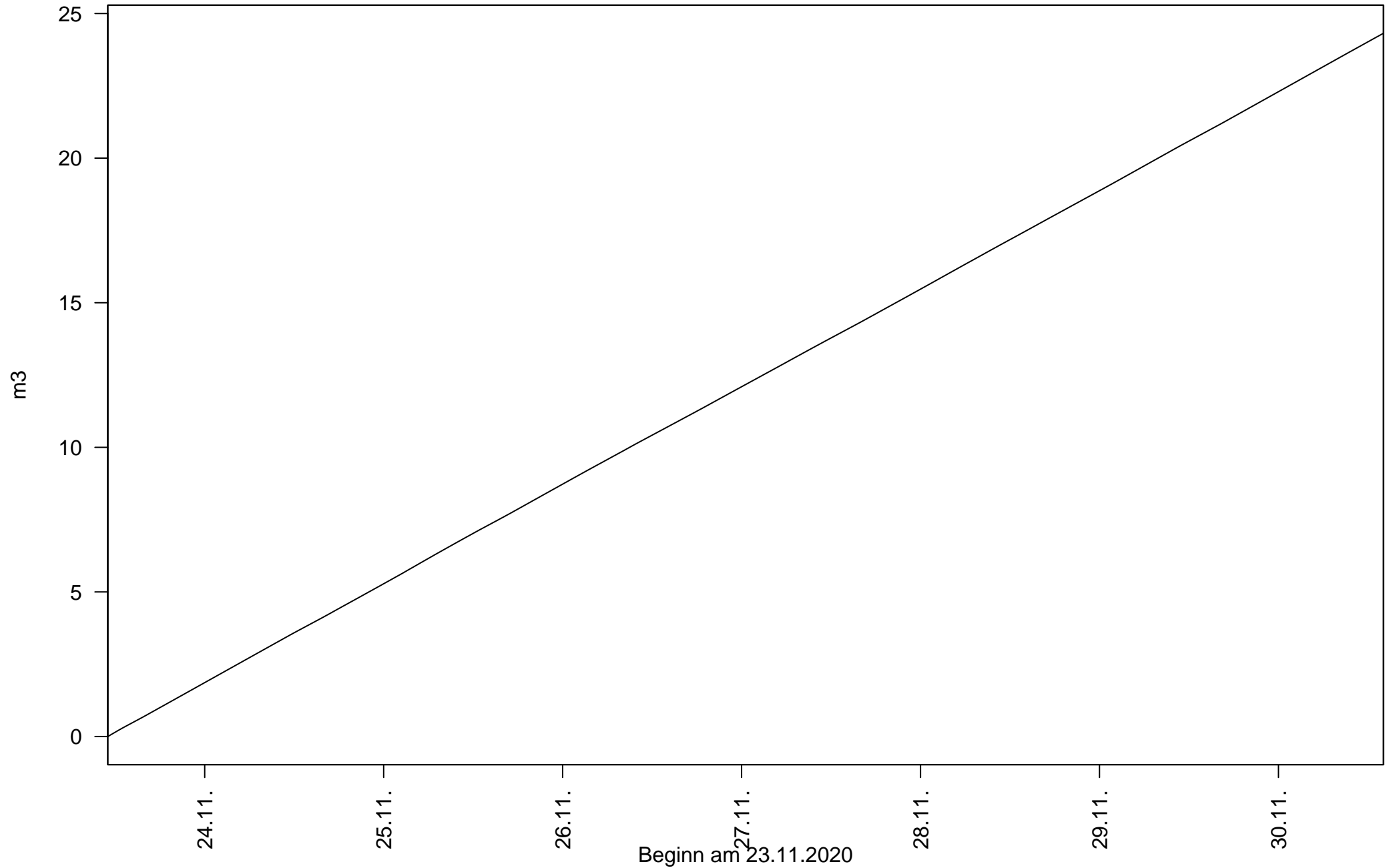
B4 – Zweiter Pumpversuch – Förderrate



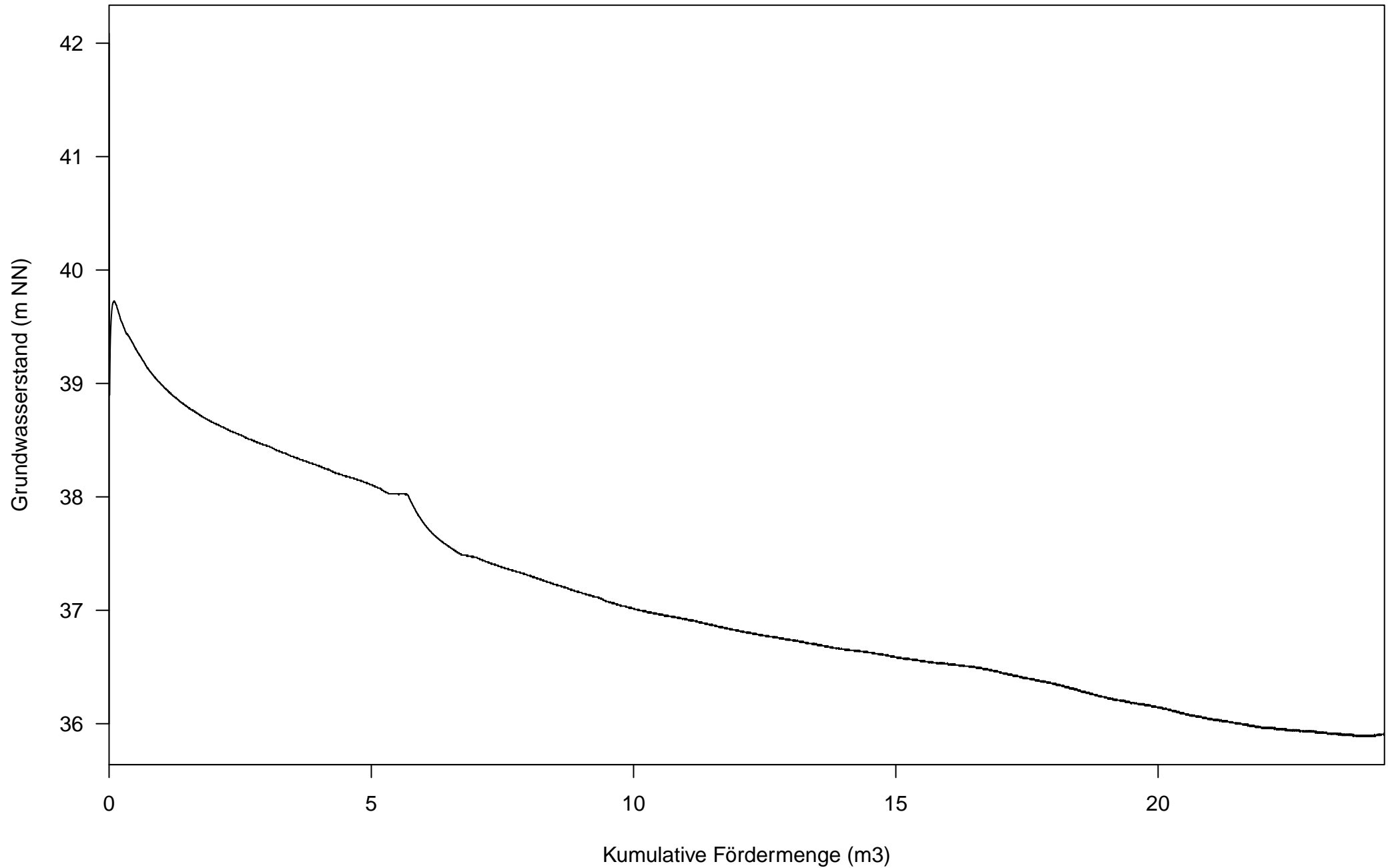
B4 – Zweiter Pumpversuch – Grundwasserstand



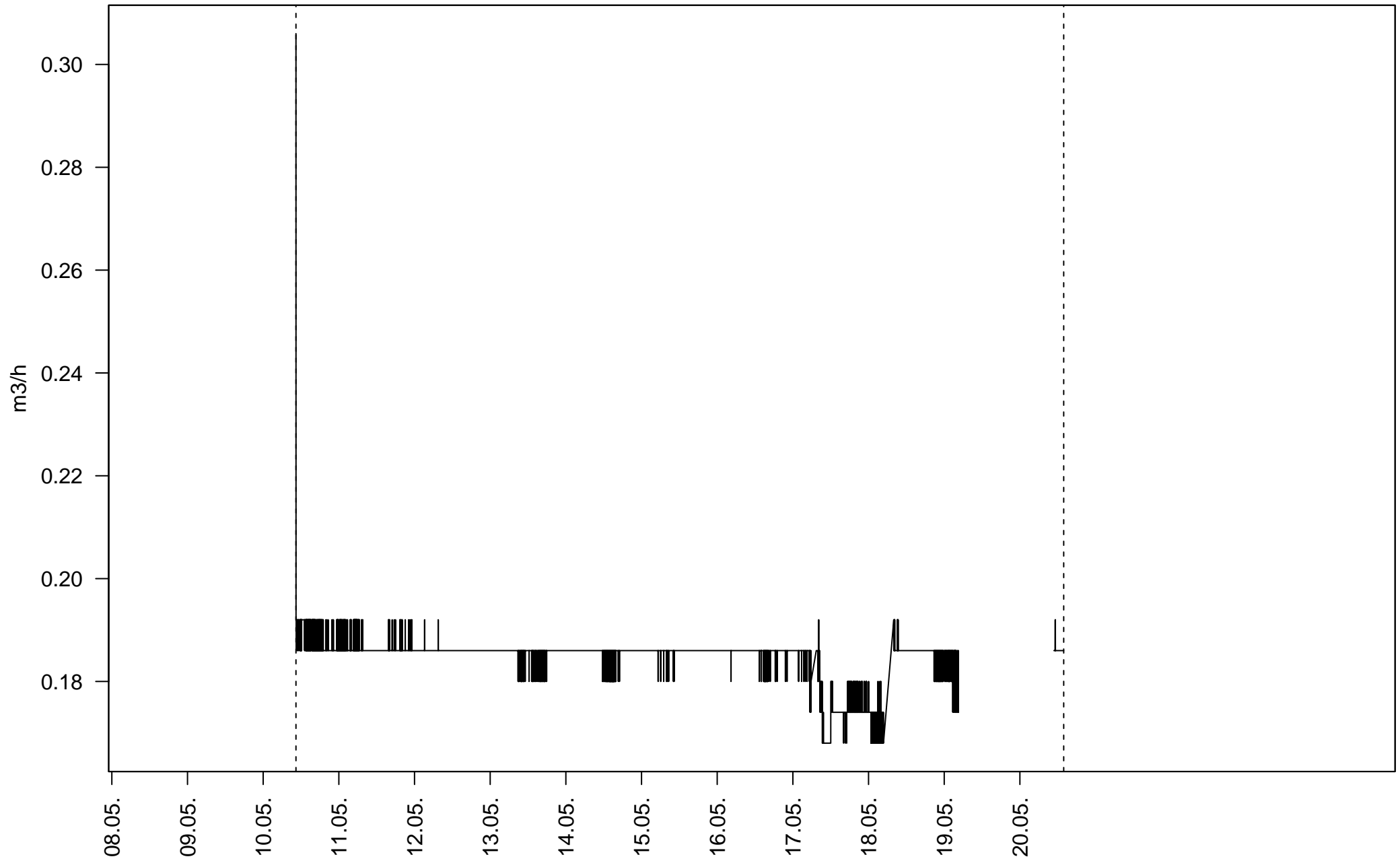
B4 – Zweiter Pumpversuch – Kumulative Fördermenge



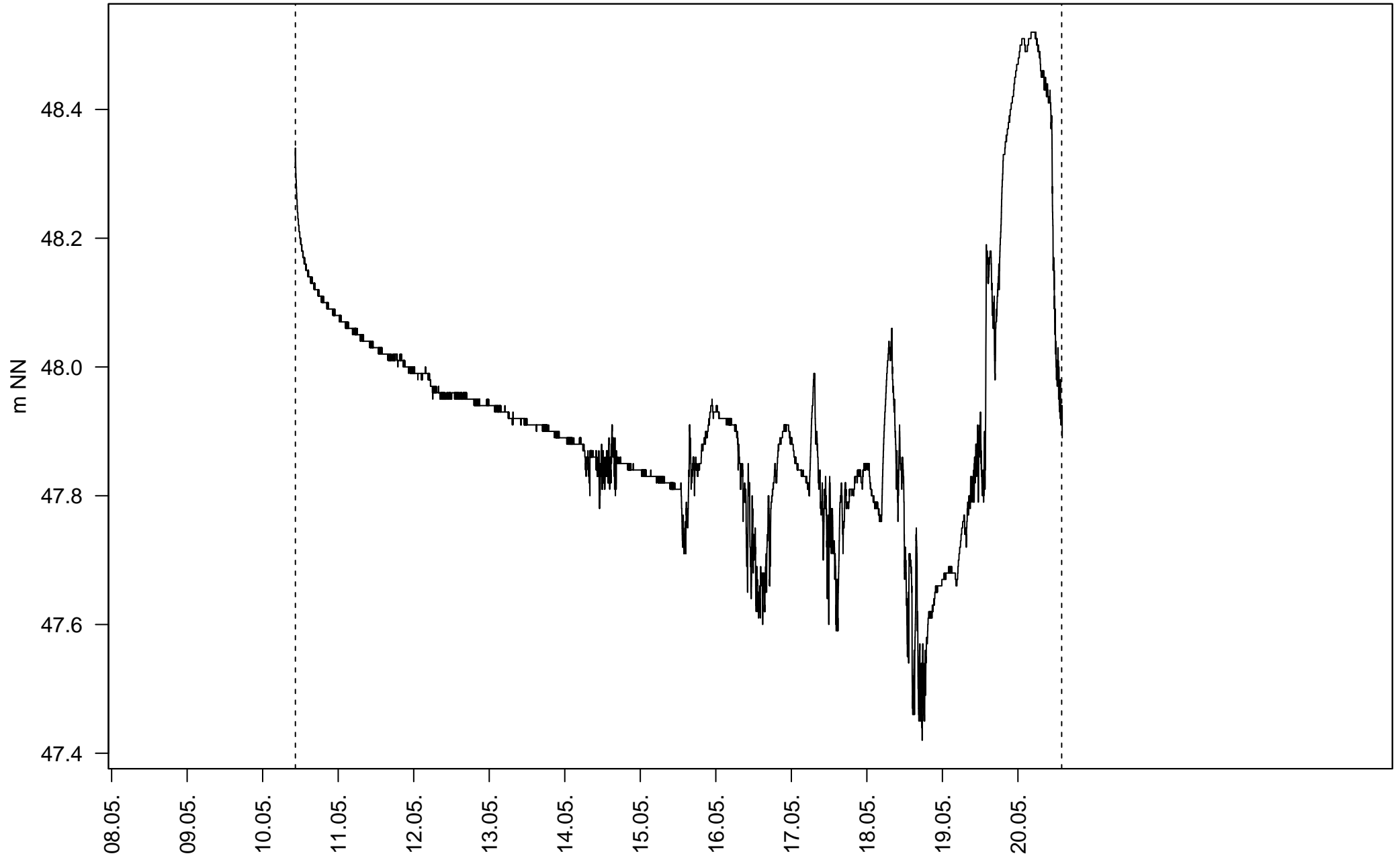
B4 – Zweiter Pumpversuch – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



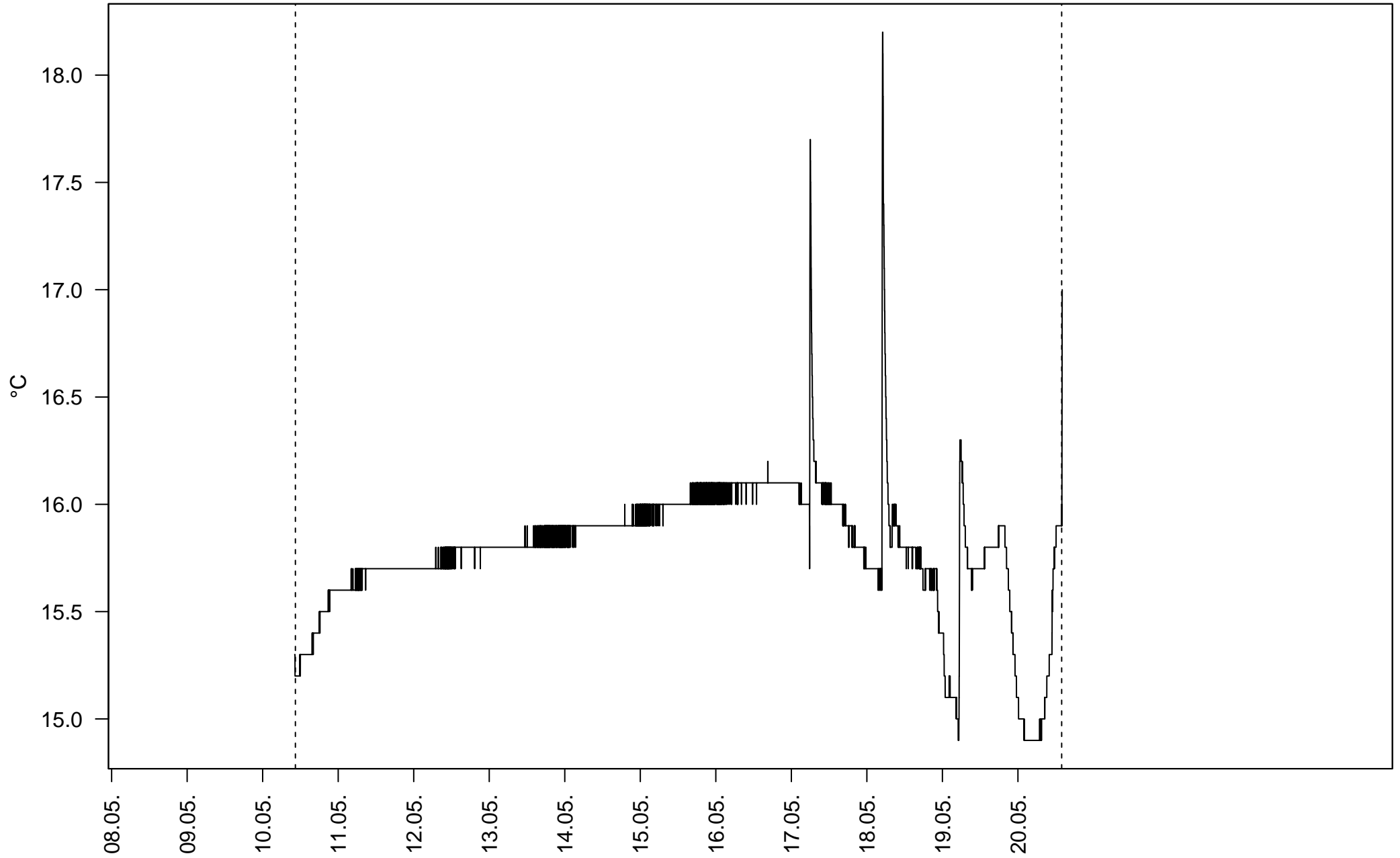
B5 – Förderrate



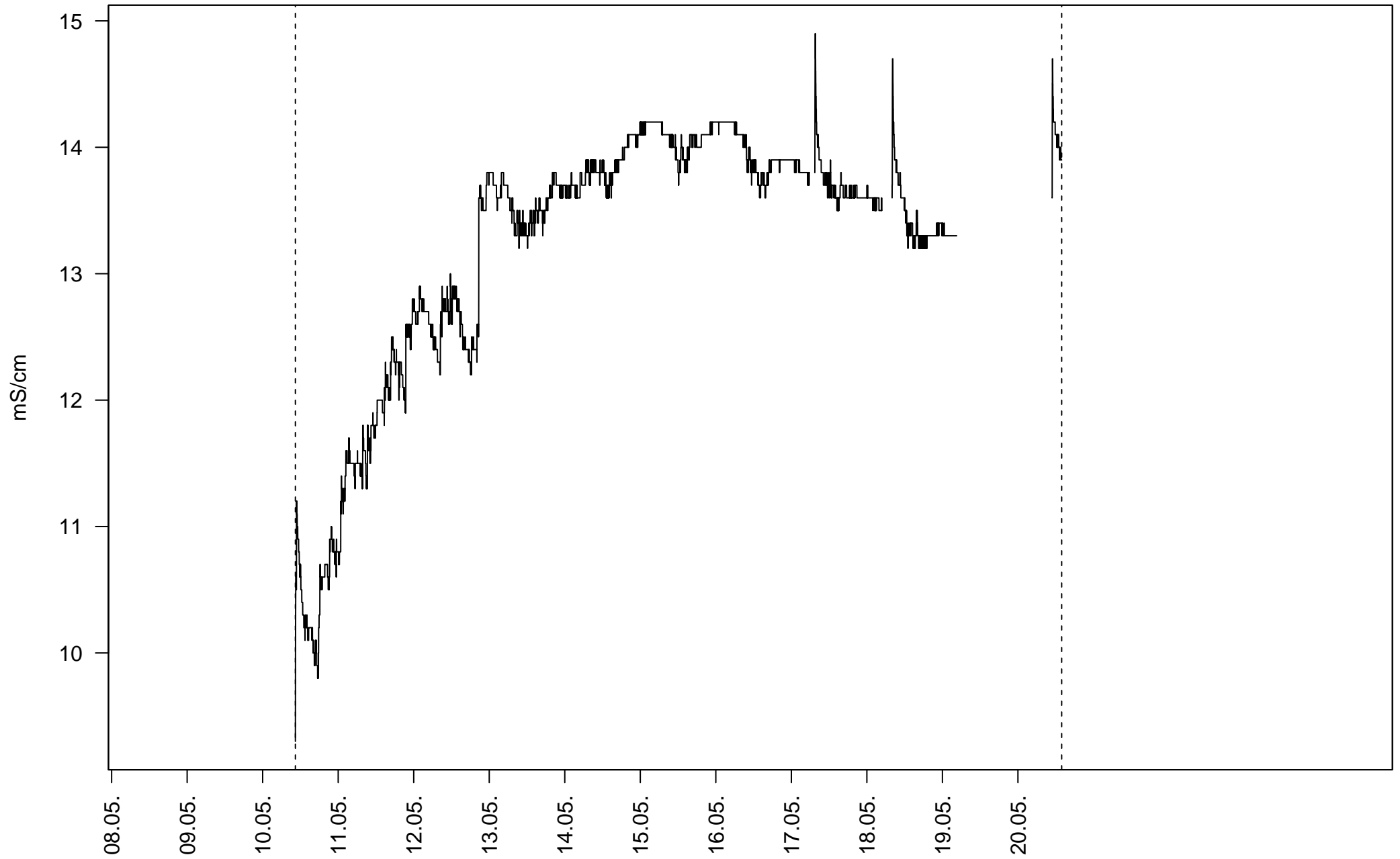
B5 – Grundwasserstand



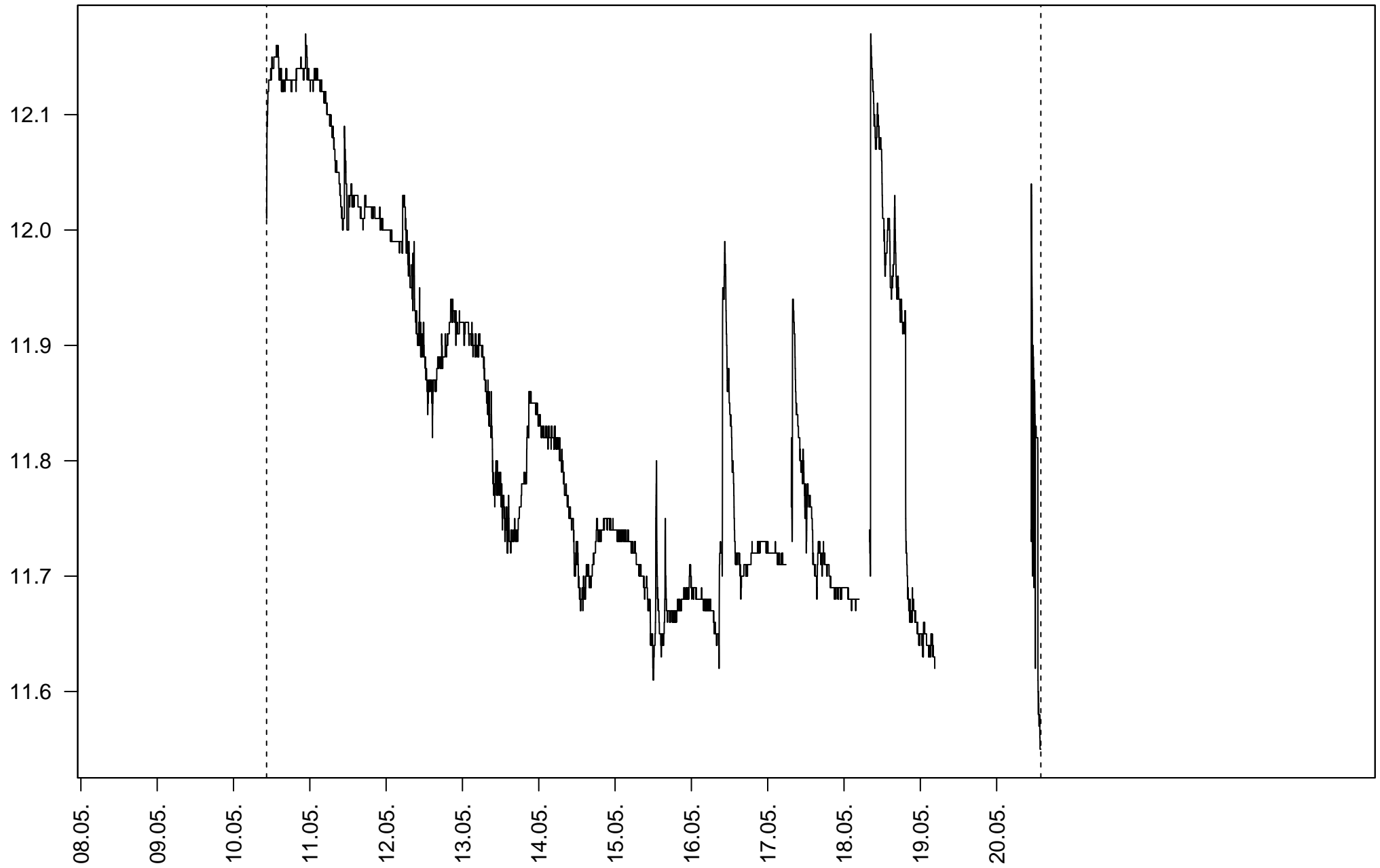
B5 – Wassertemperatur in der Messstelle



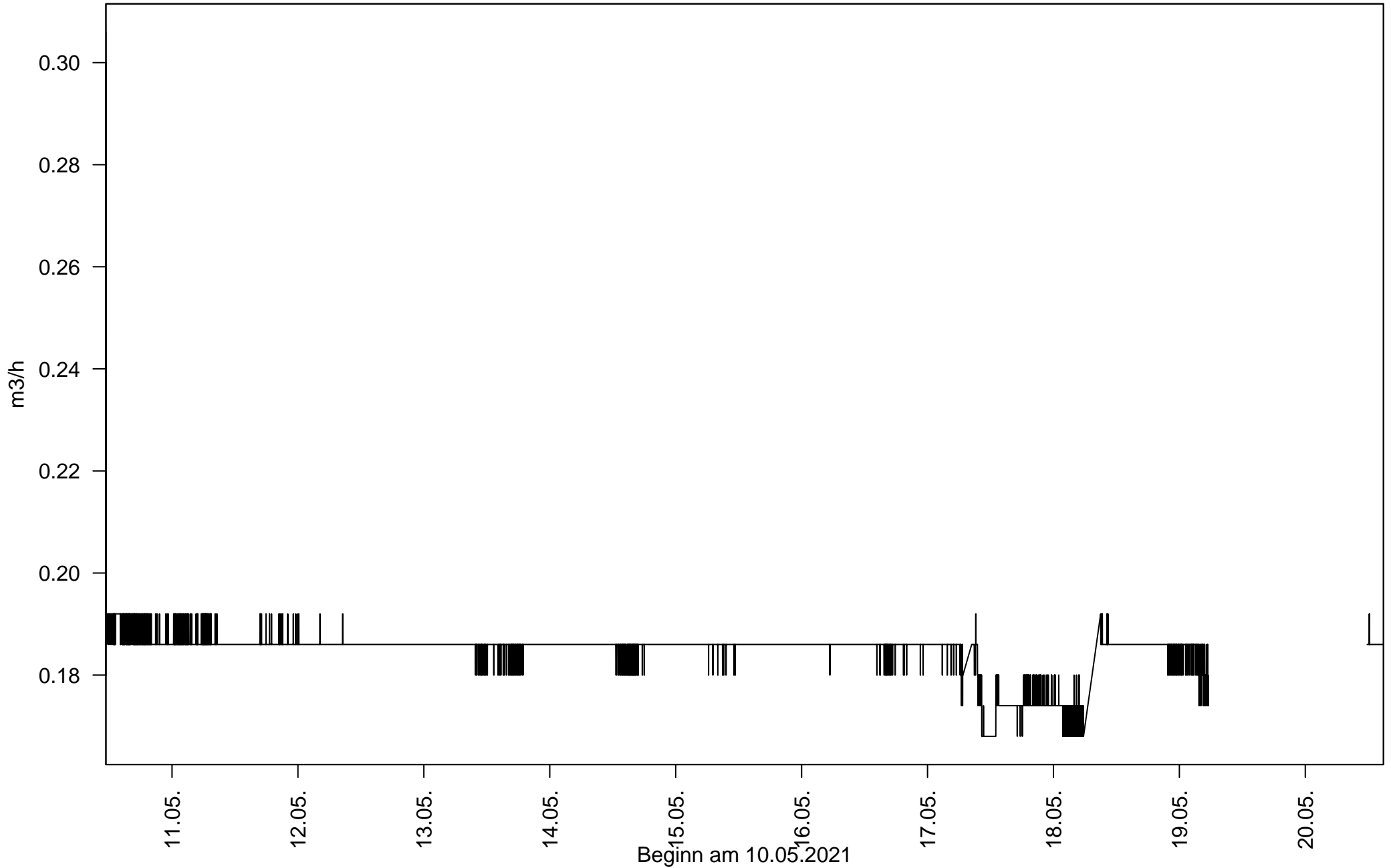
B5 – Elektrische Leitfähigkeit



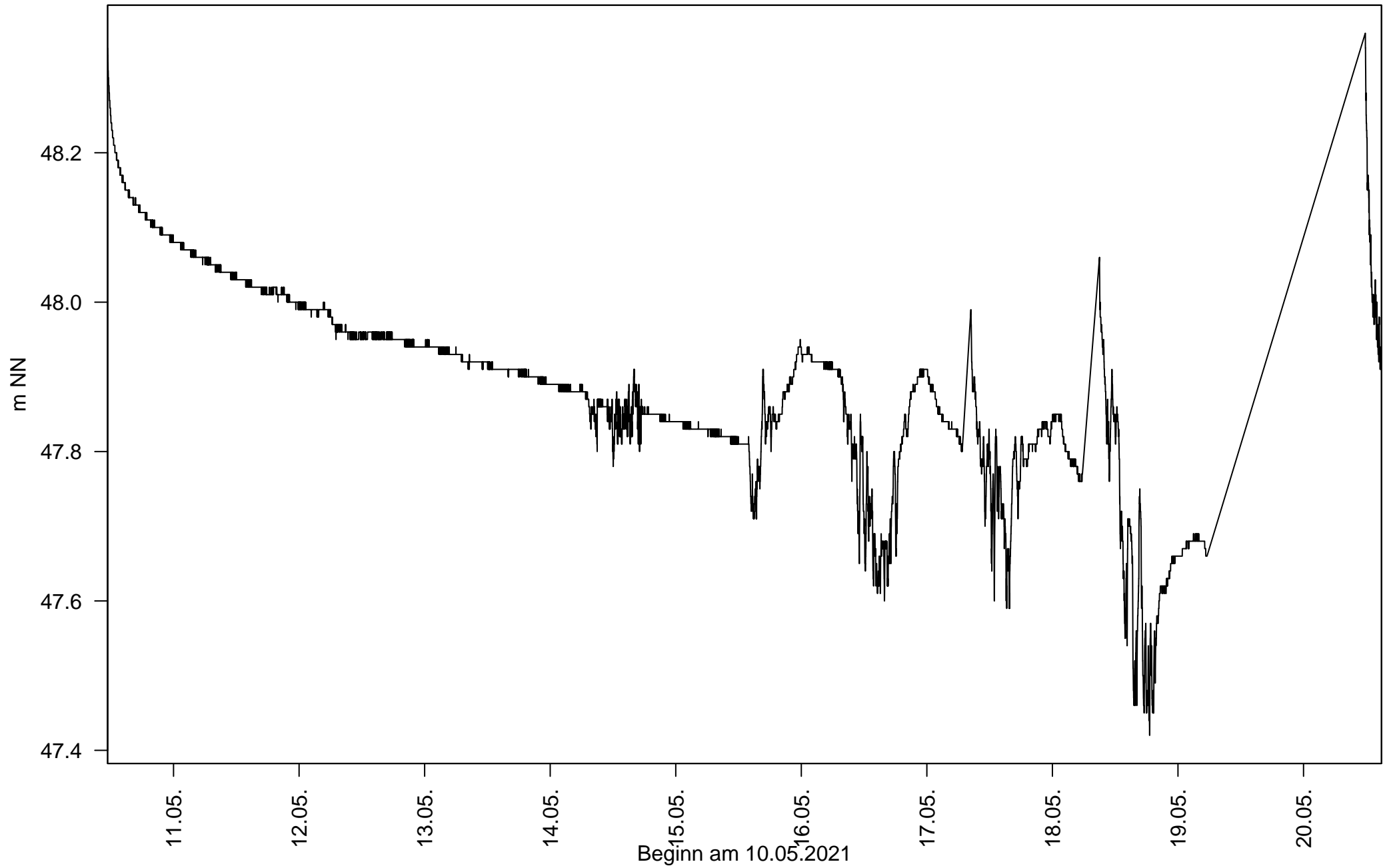
B5 - pH-Wert



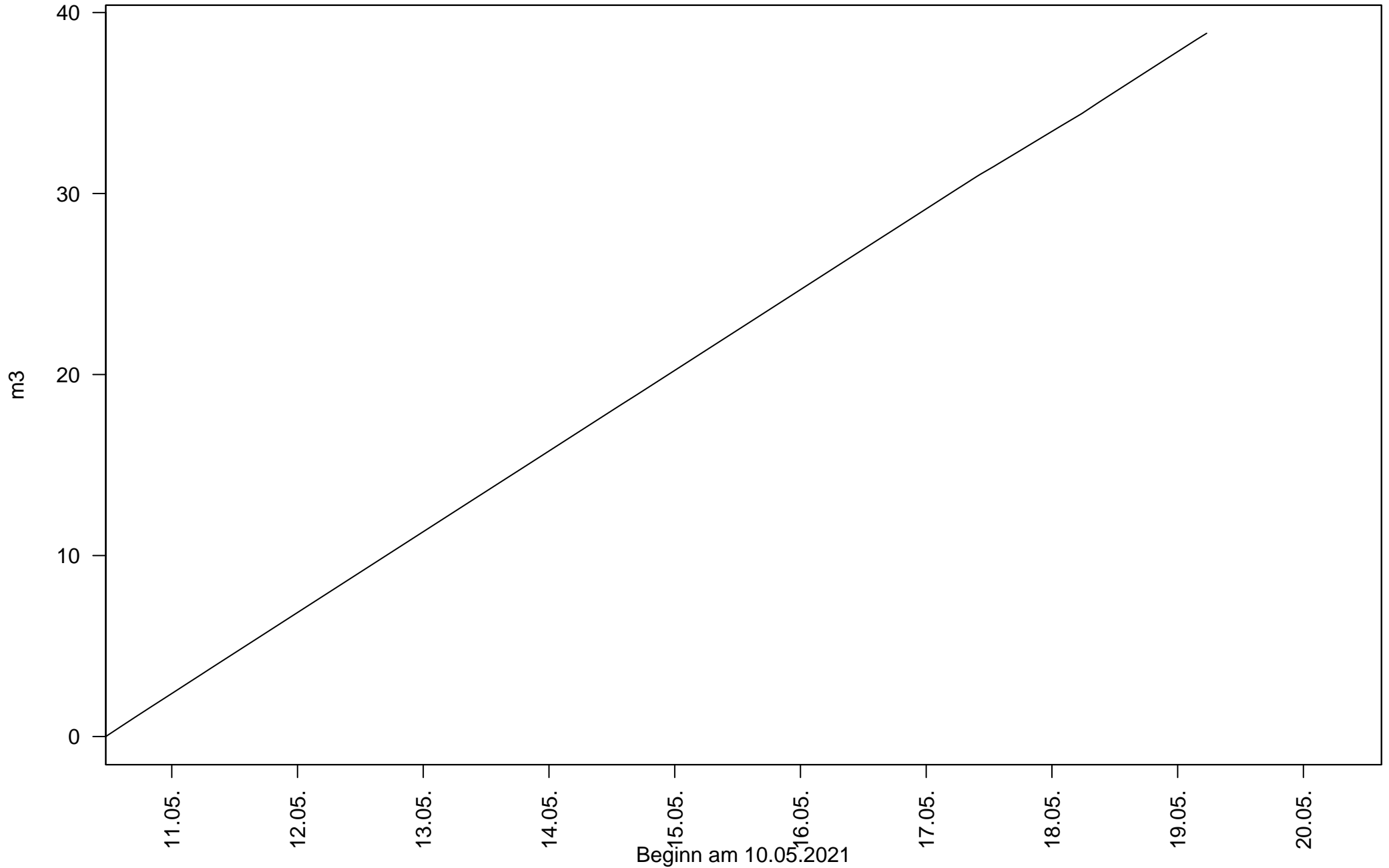
B5 – Pumpstufe 1 – Förderrate



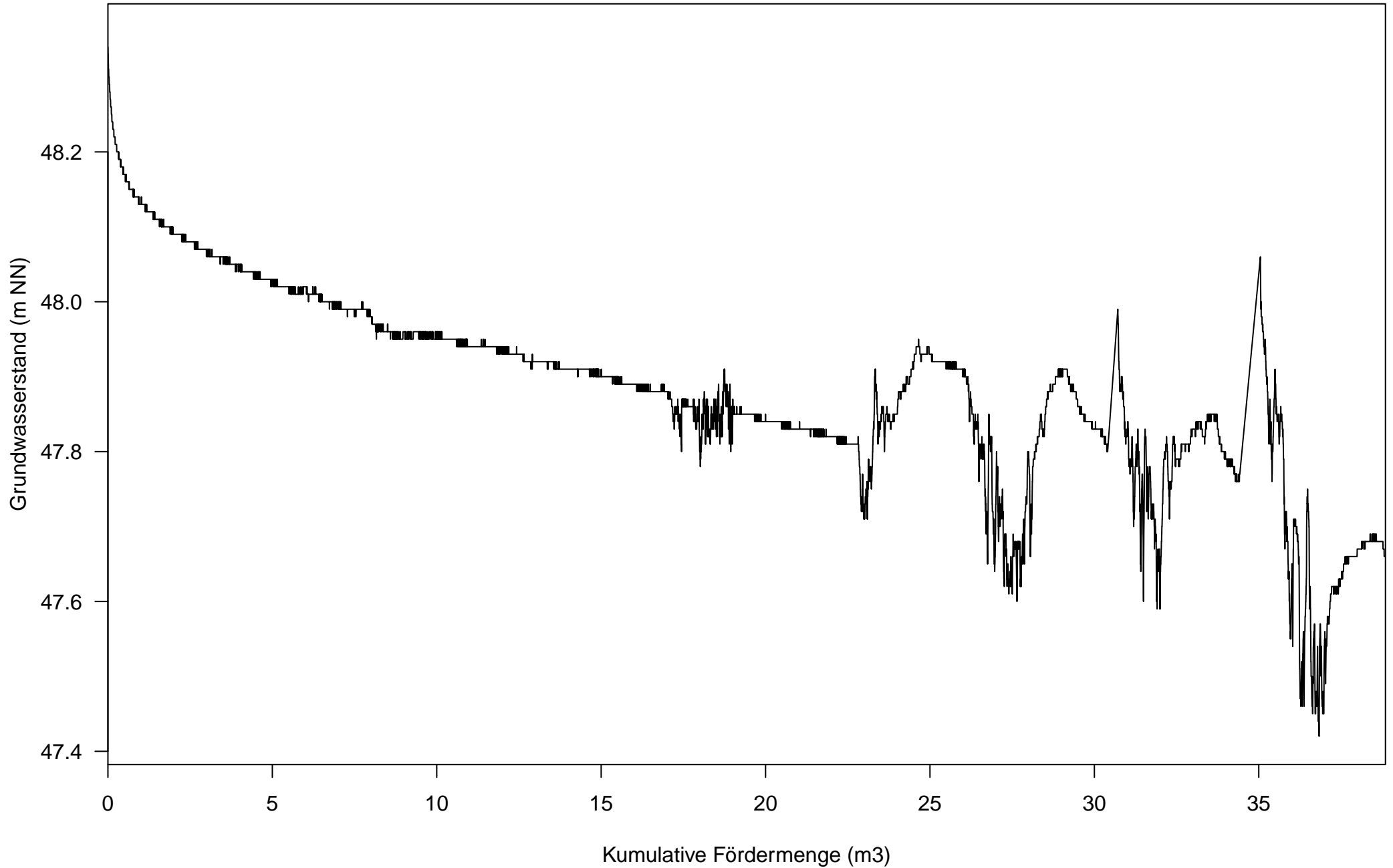
B5 – Pumpstufe 1 – Grundwasserstand



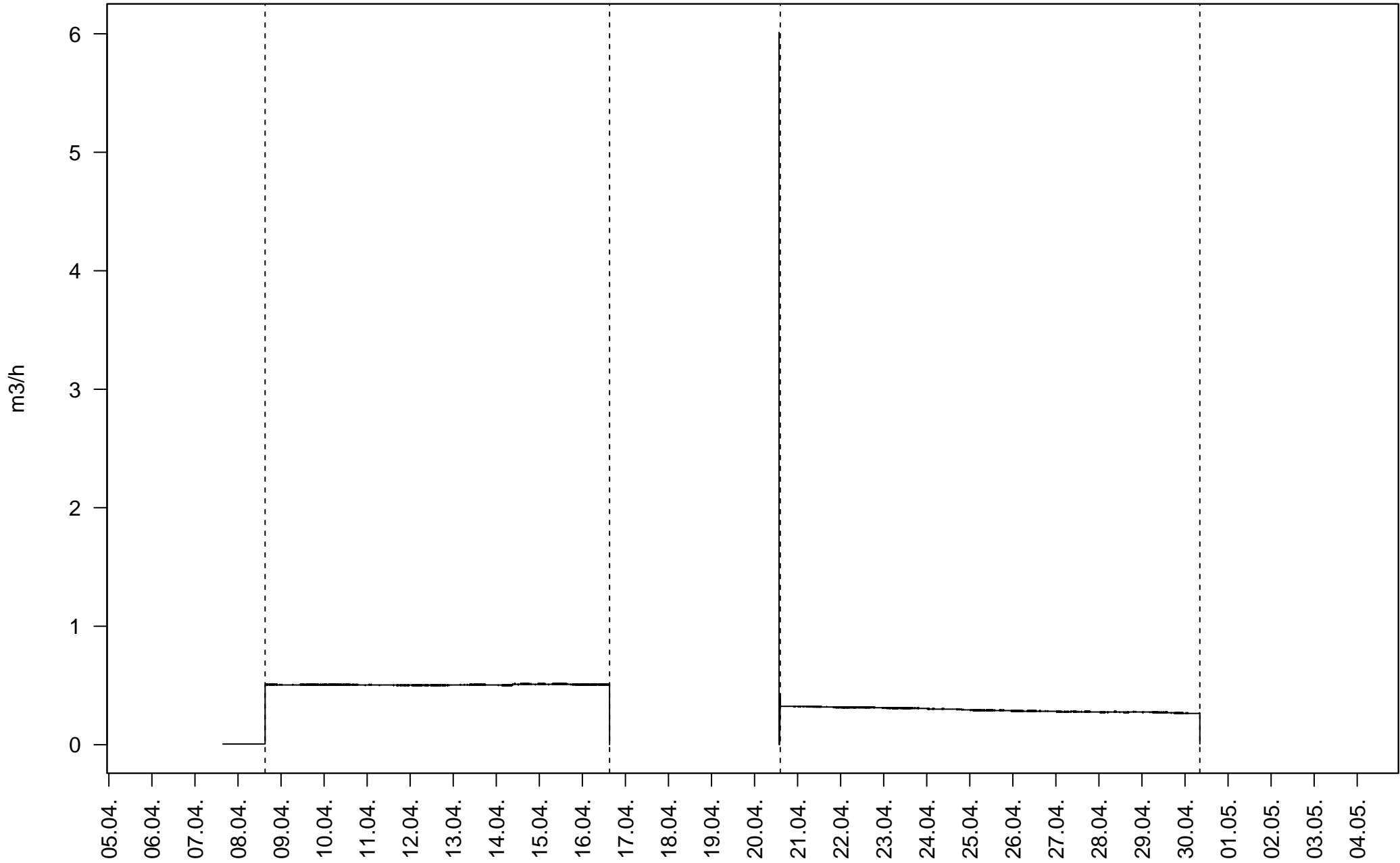
B5 – Pumpstufe 1 – Kumulative Fördermenge



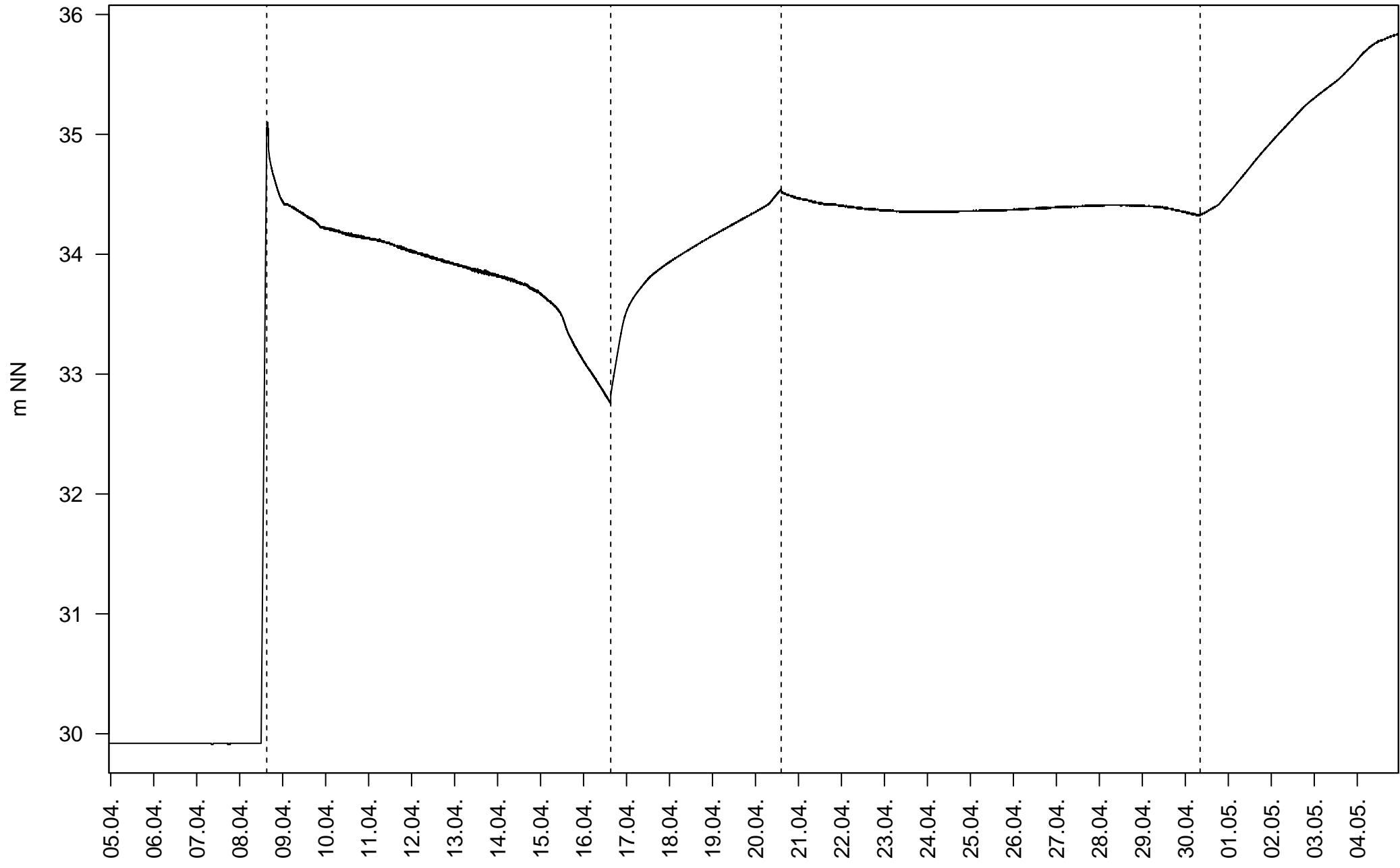
B5 – Pumpstufe 1 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



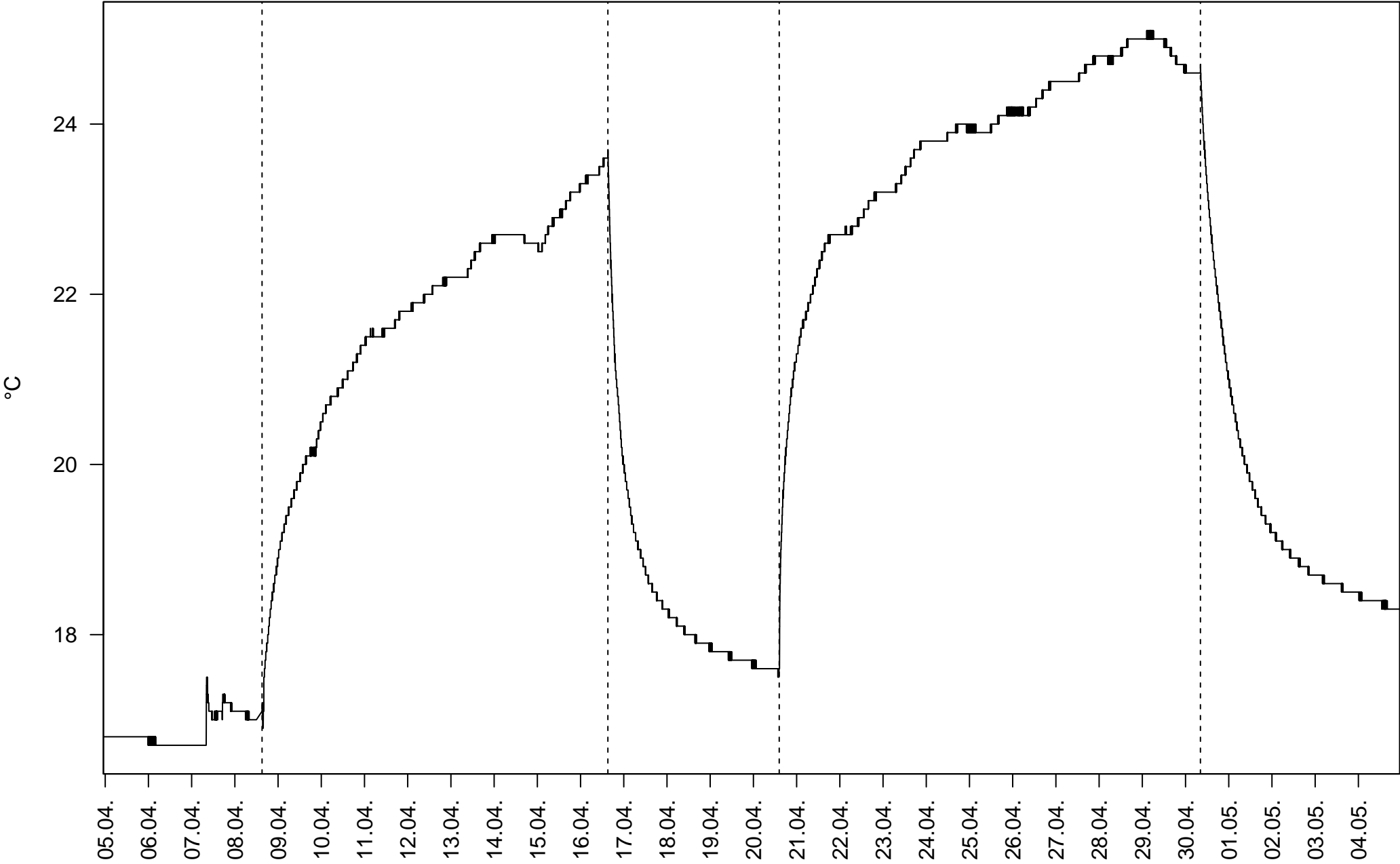
SCHACHT_A – Förderrate



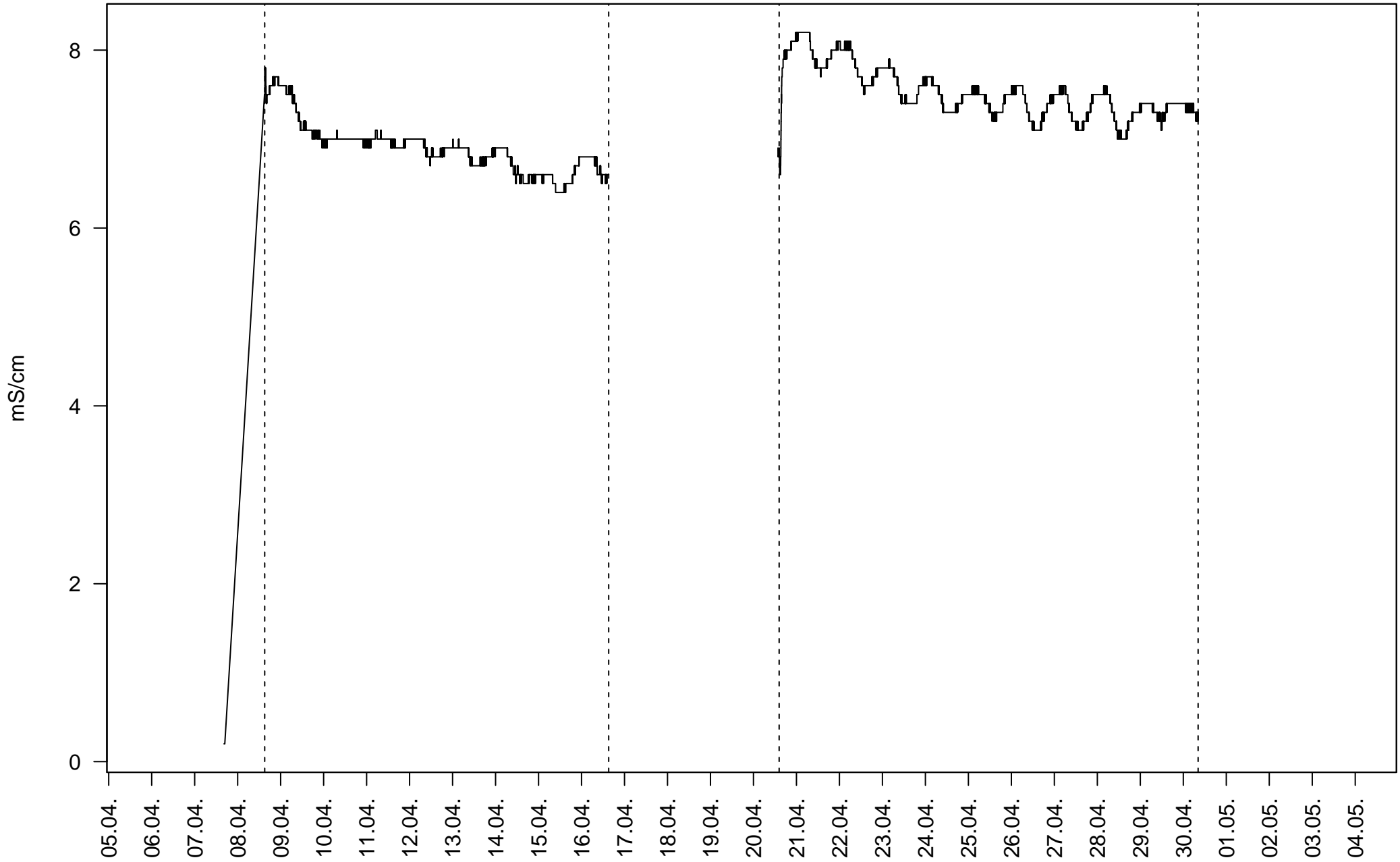
SCHACHT_A - Grundwasserstand



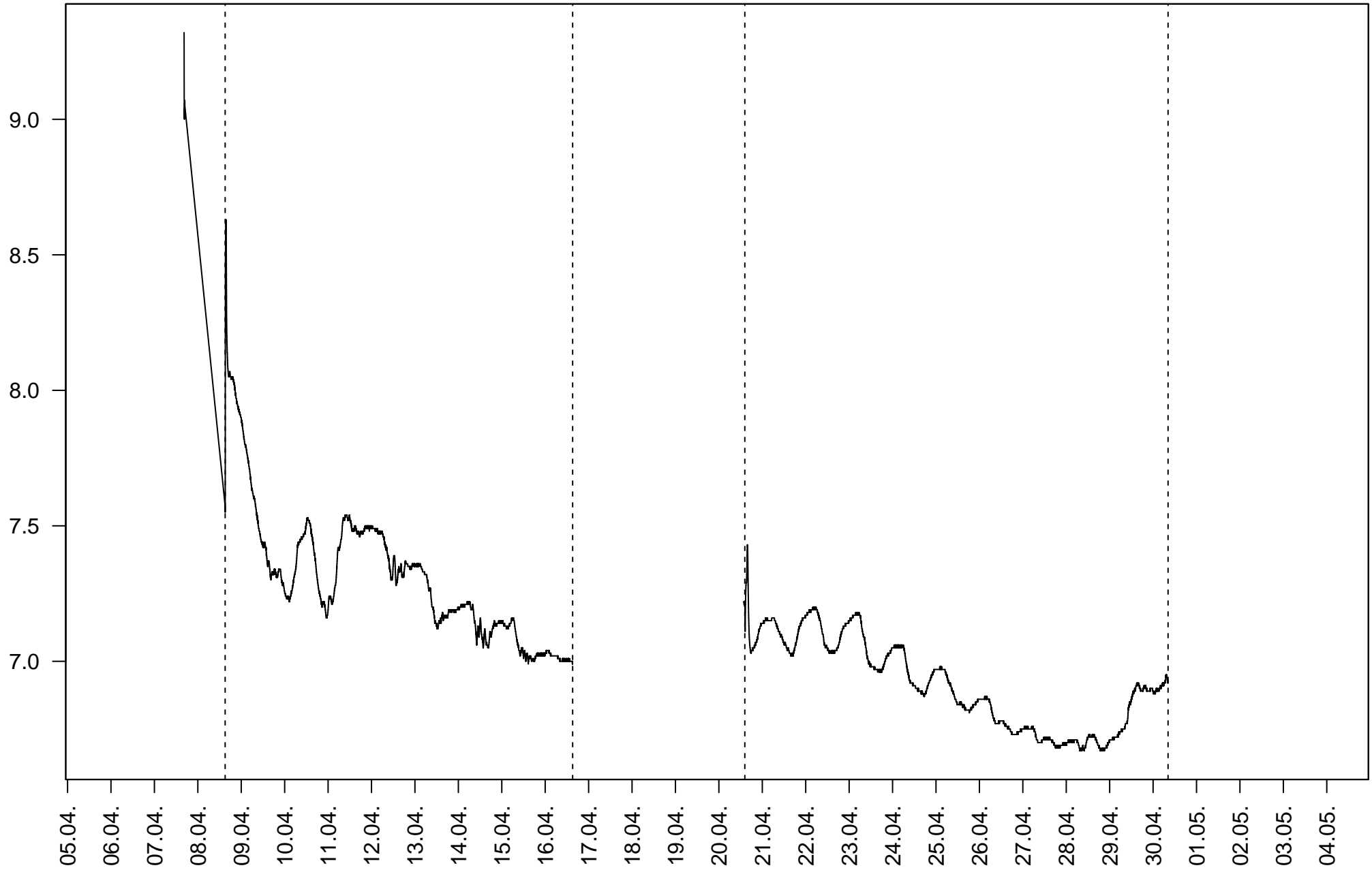
SCHACHT_A – Wassertemperatur in der Messstelle



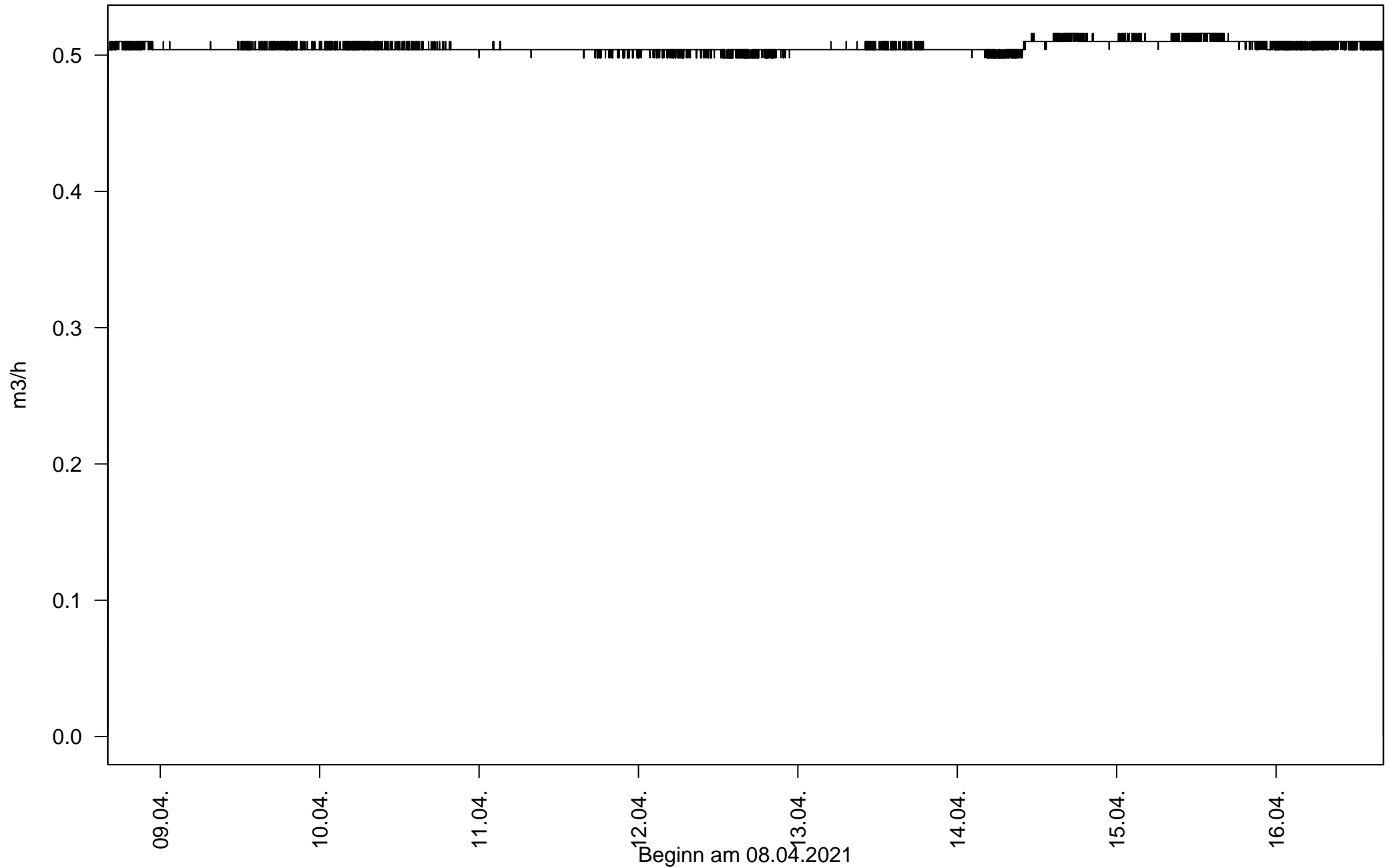
SCHACHT_A – Elektrische Leitfähigkeit



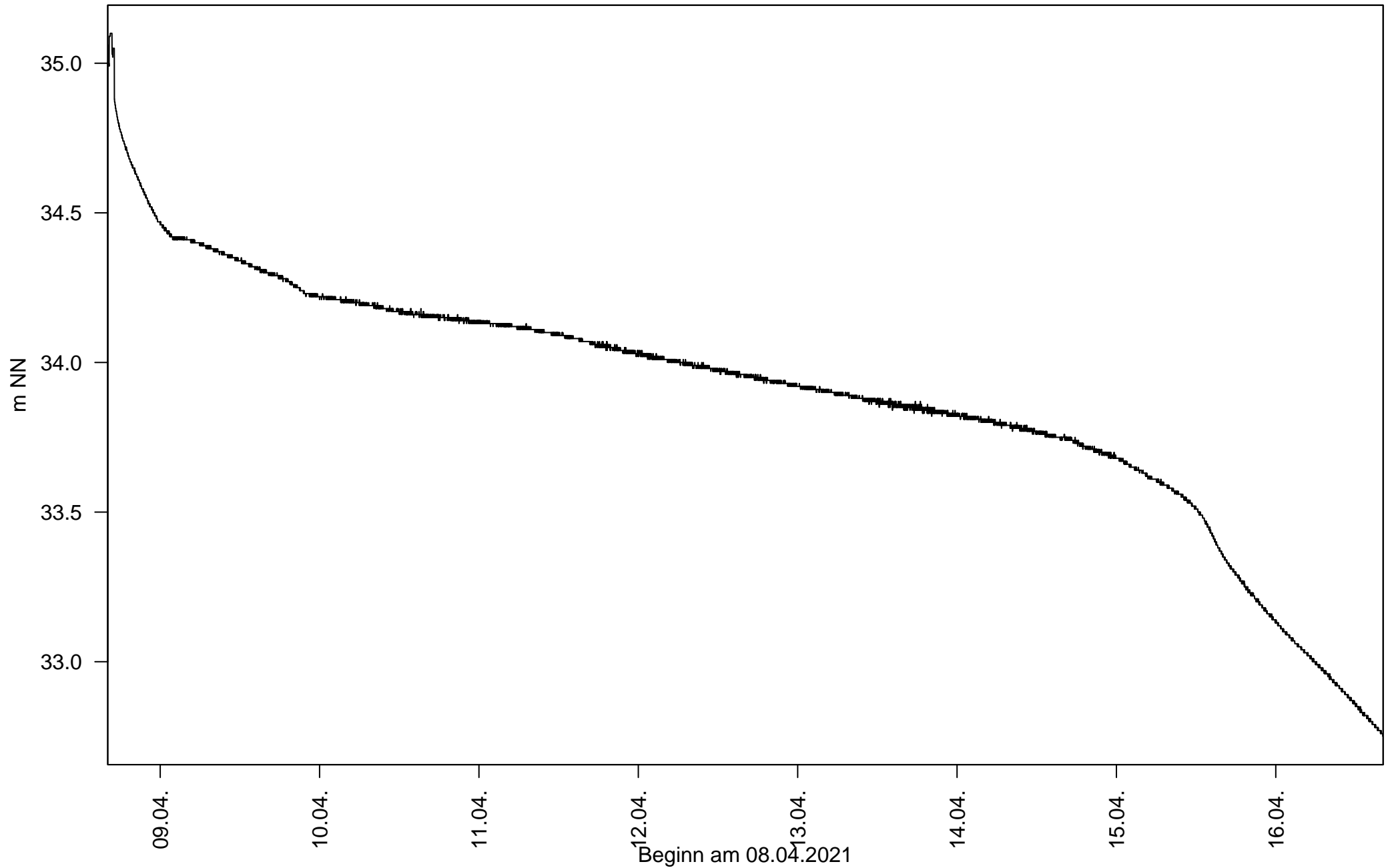
SCHACHT_A - pH-Wert



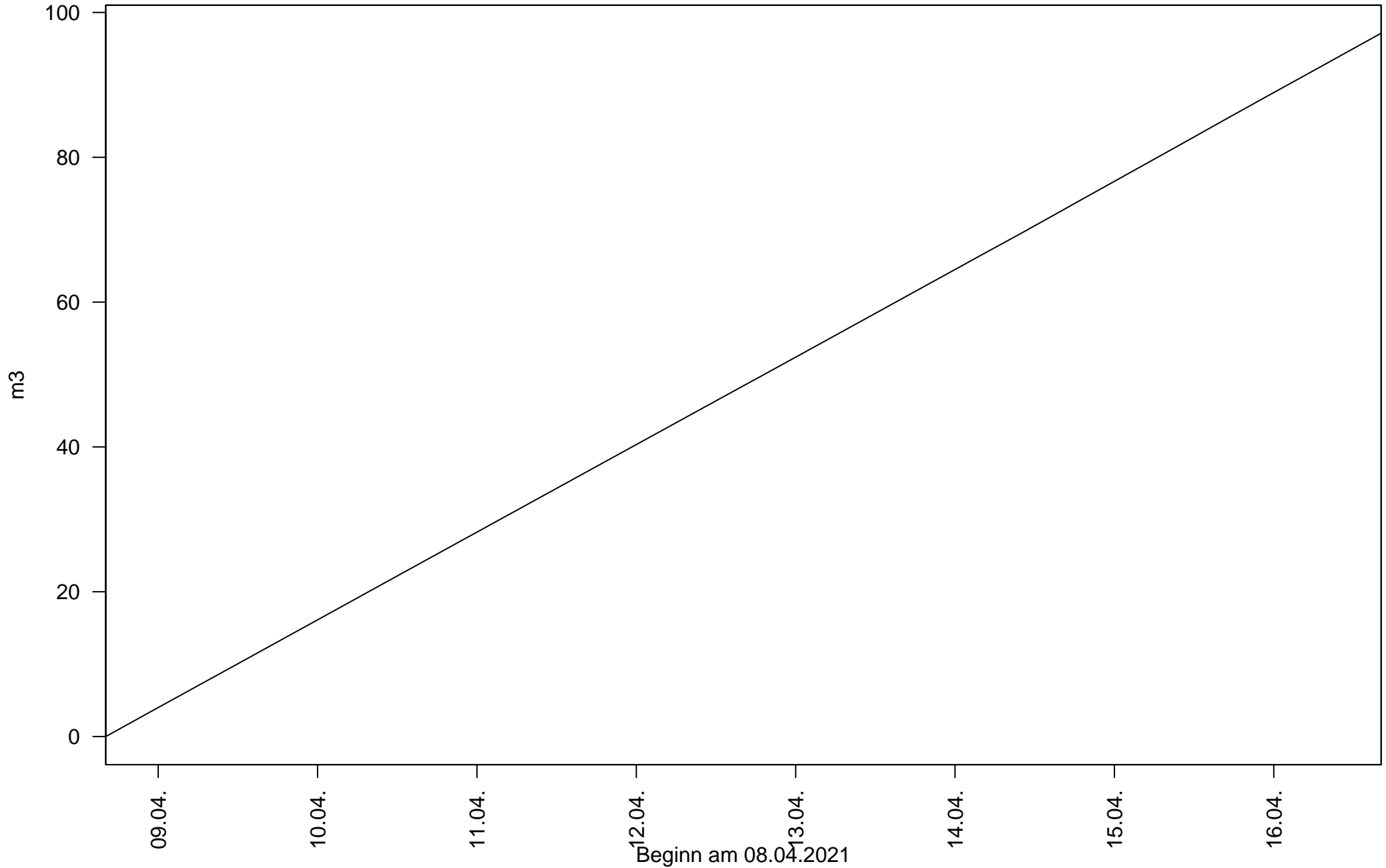
SCHACHT_A – Pumpstufe 1 – Förderrate



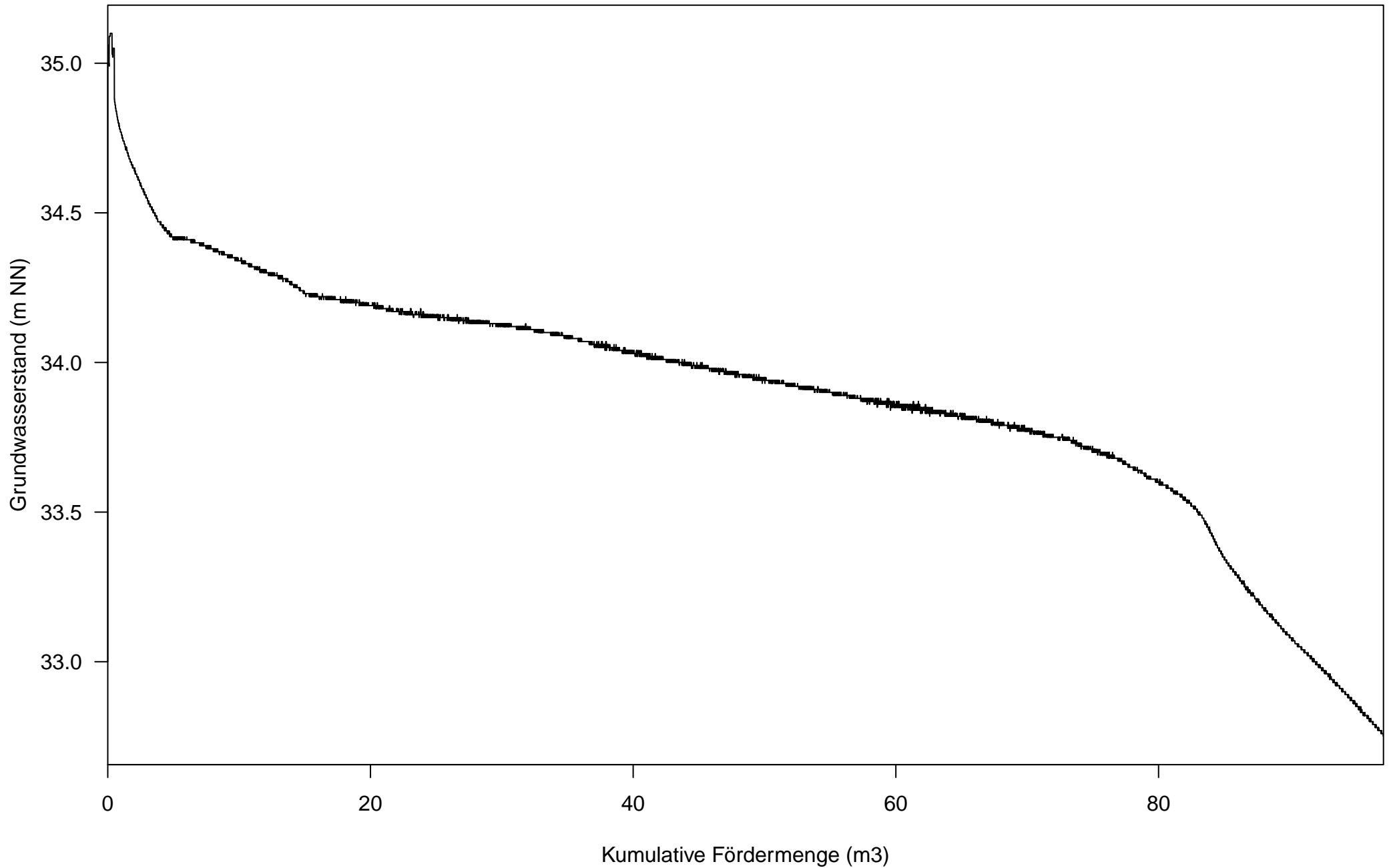
SCHACHT_A – Pumpstufe 1 – Grundwasserstand



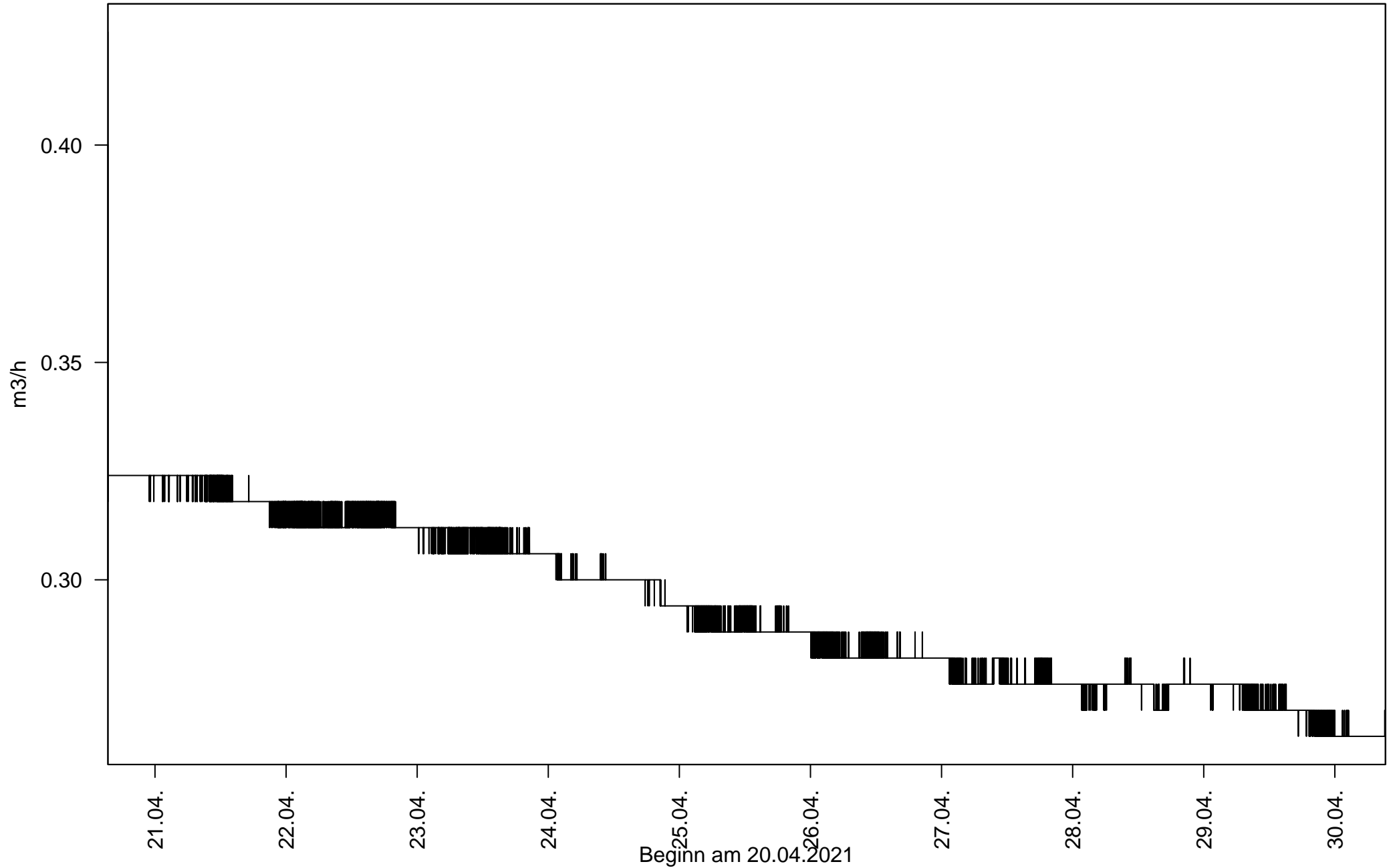
SCHACHT_A – Pumpstufe 1 – Kumulative Fördermenge



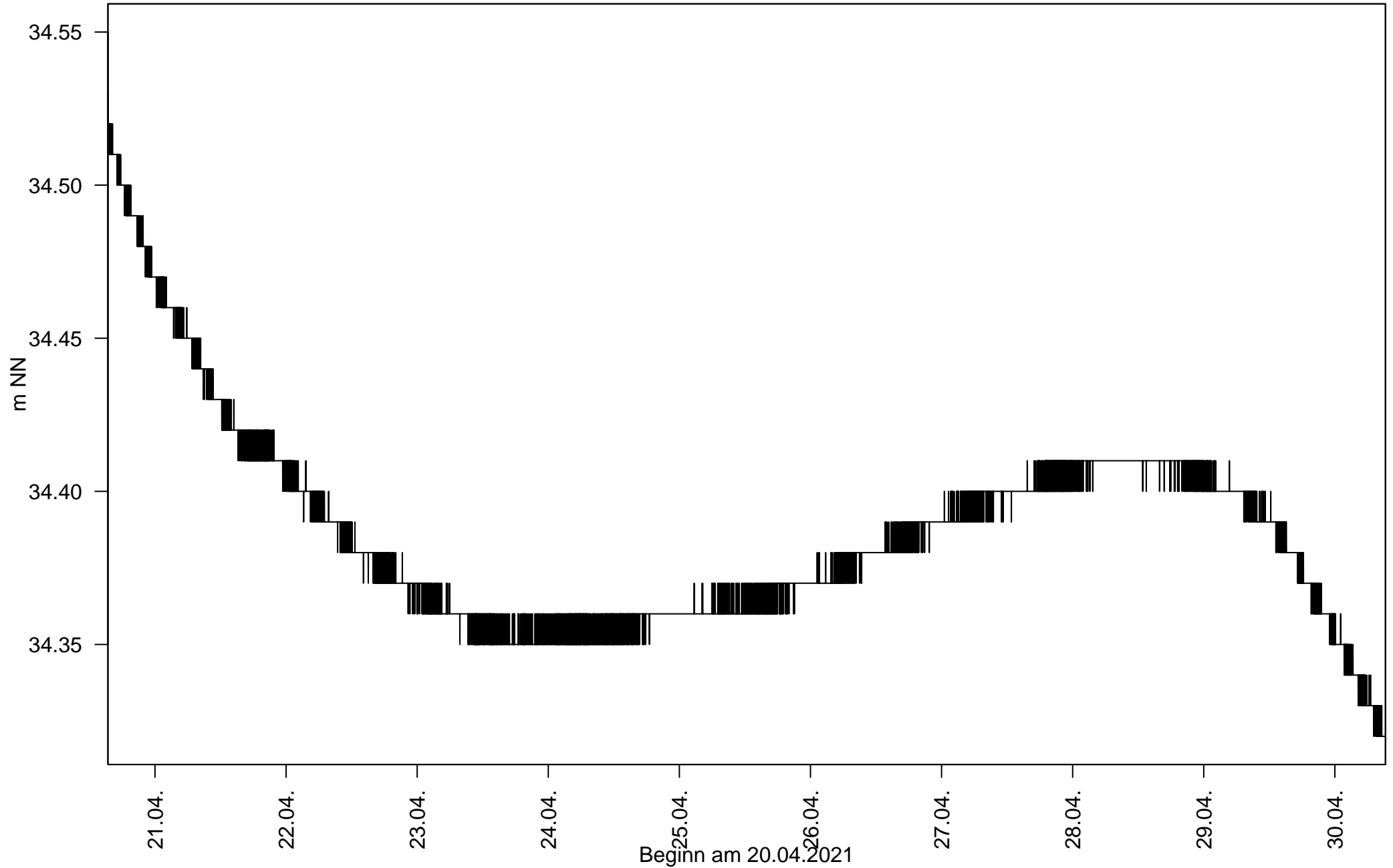
SCHACHT_A – Pumpstufe 1 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



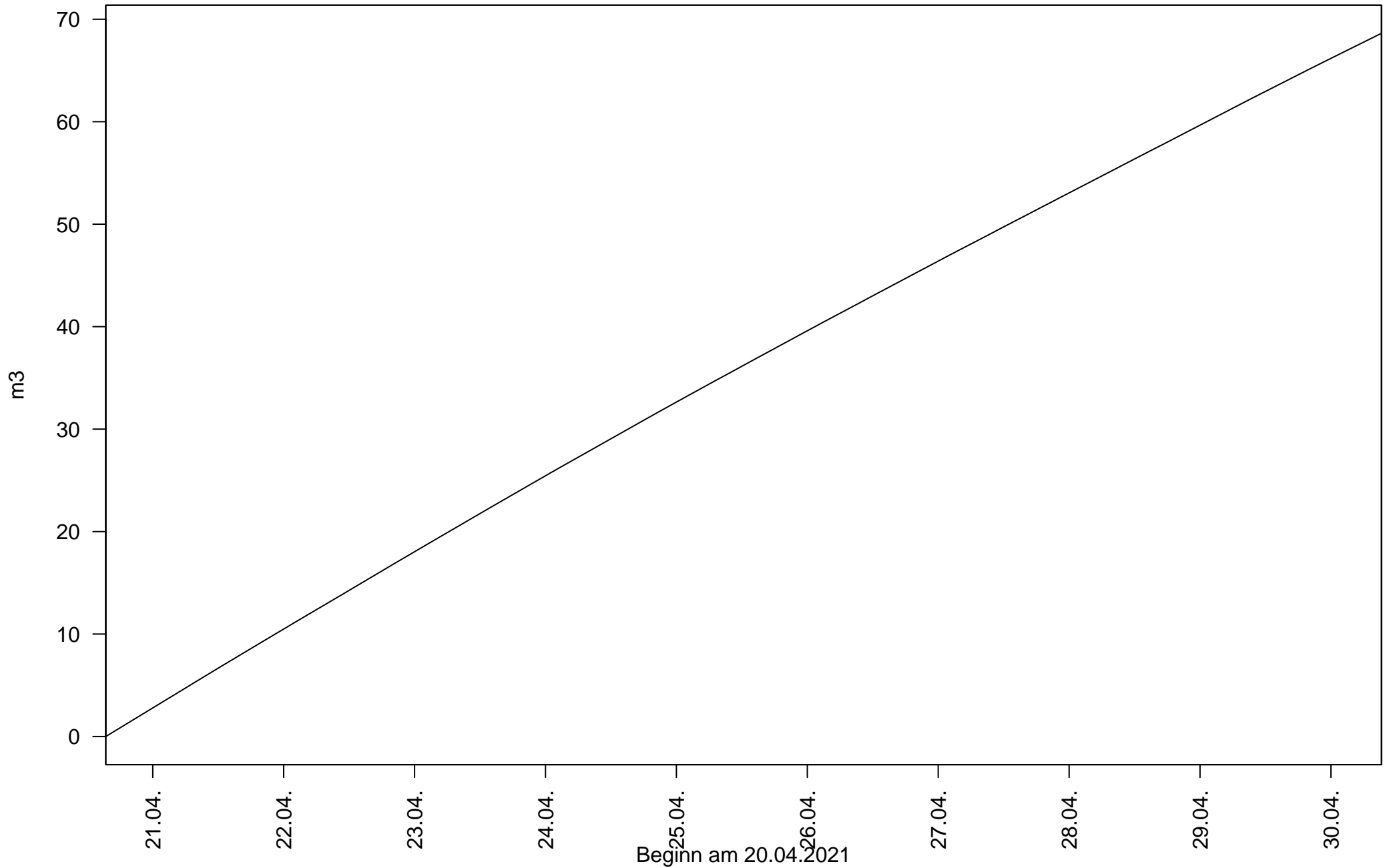
SCHACHT_A – Pumpstufe 2 – Förderrate



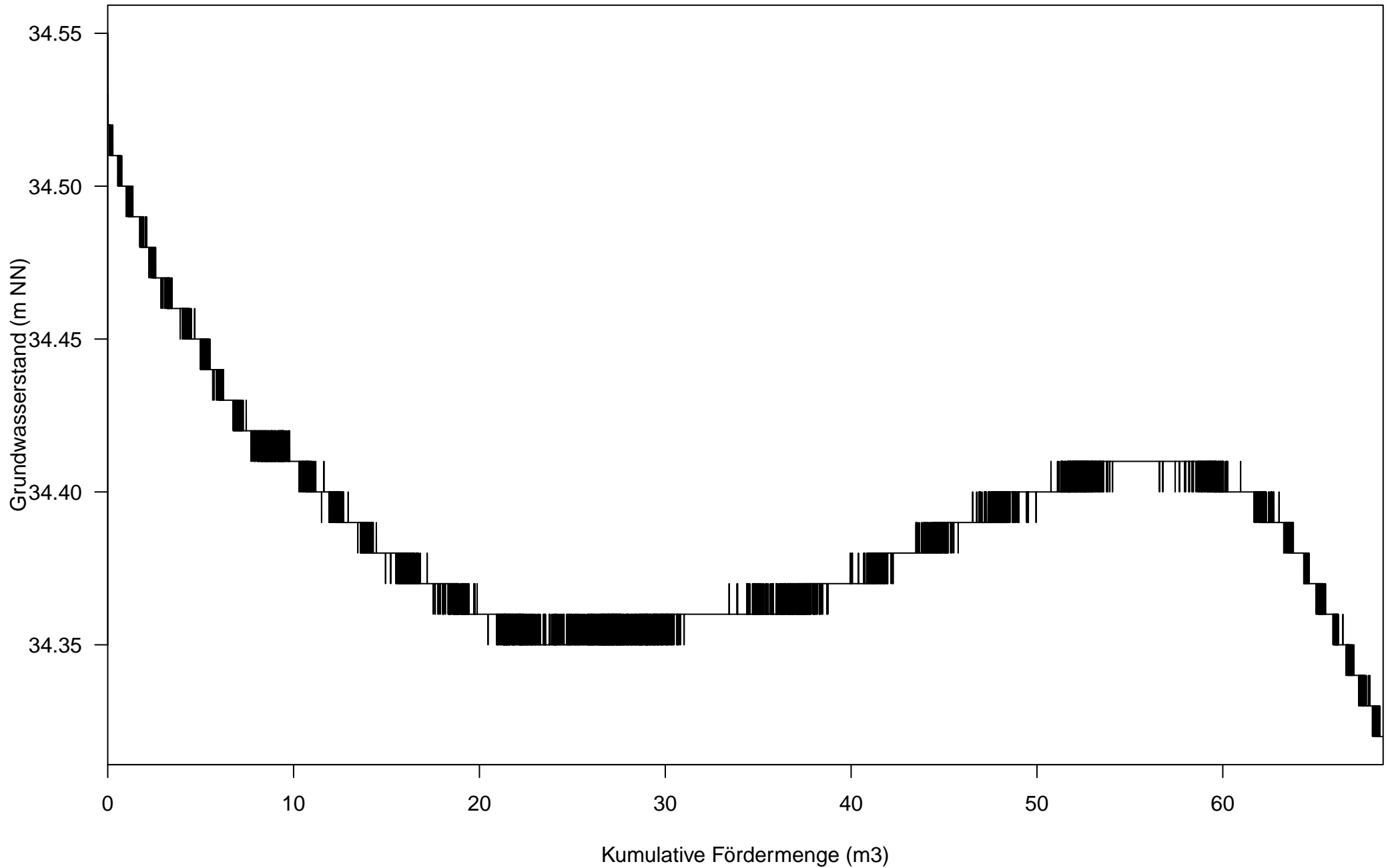
SCHACHT_A – Pumpstufe 2 – Grundwasserstand



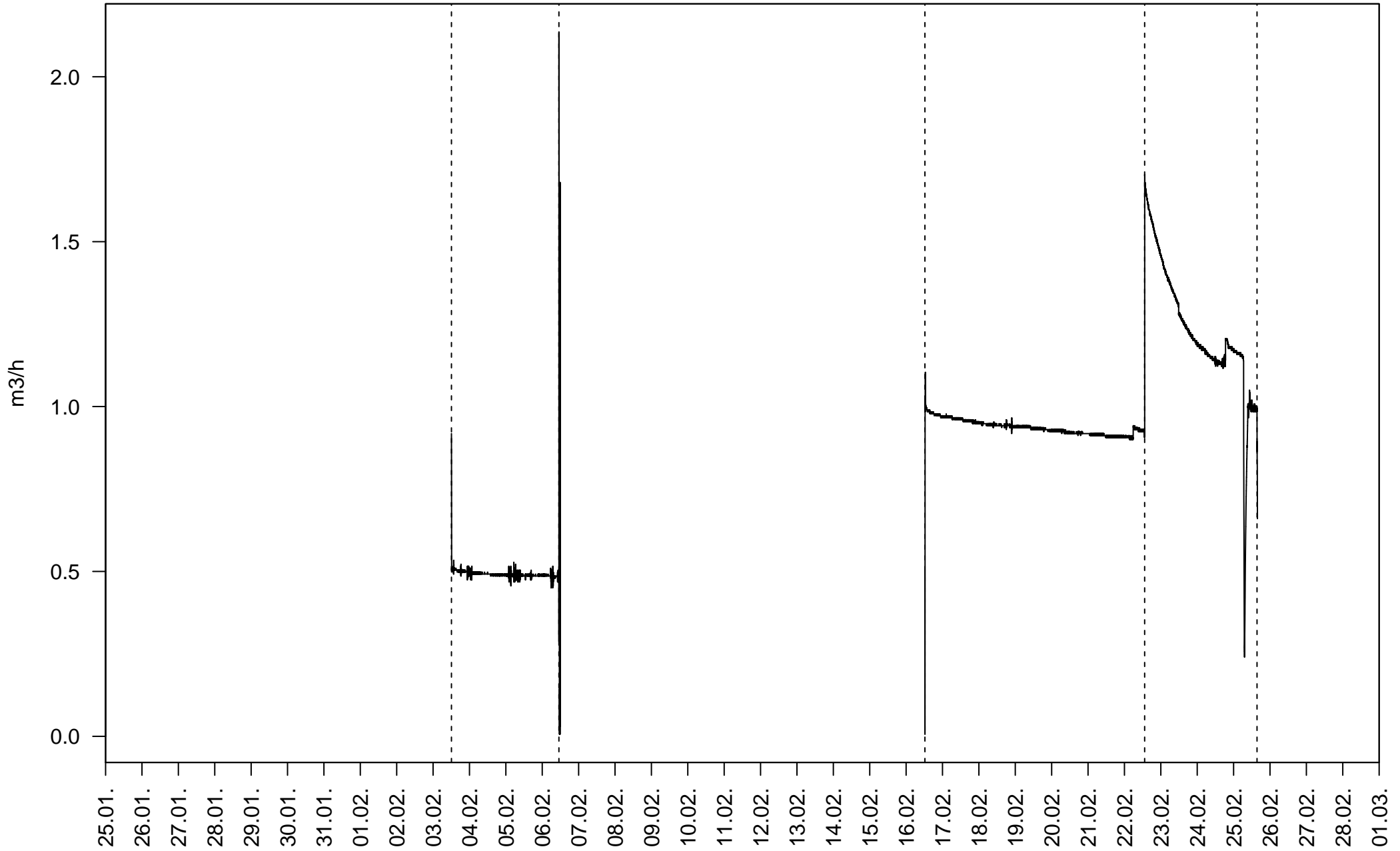
SCHACHT_A – Pumpstufe 2 – Kumulative Fördermenge



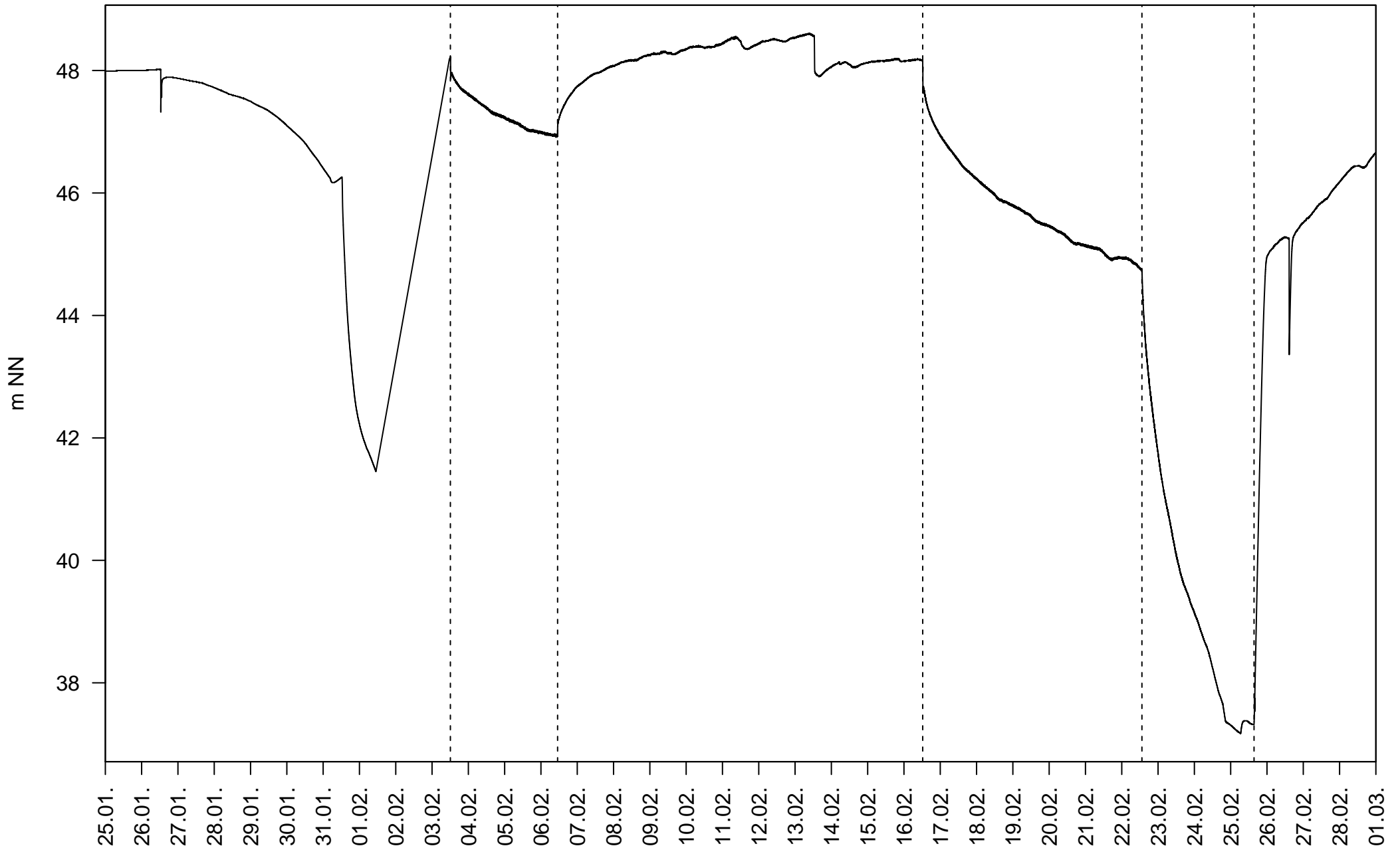
SCHACHT_A – Pumpstufe 2 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



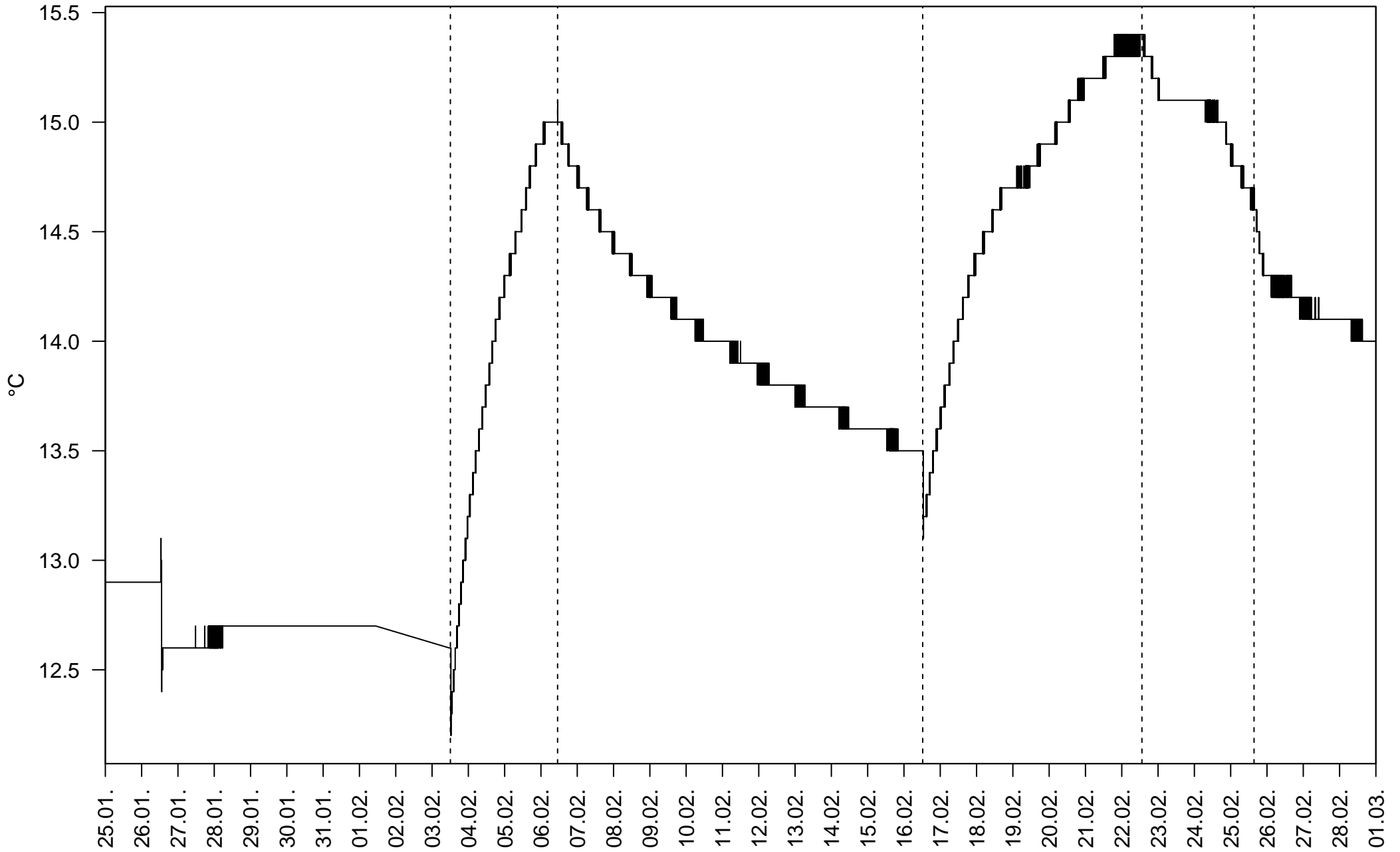
SCHACHT_B – Förderrate



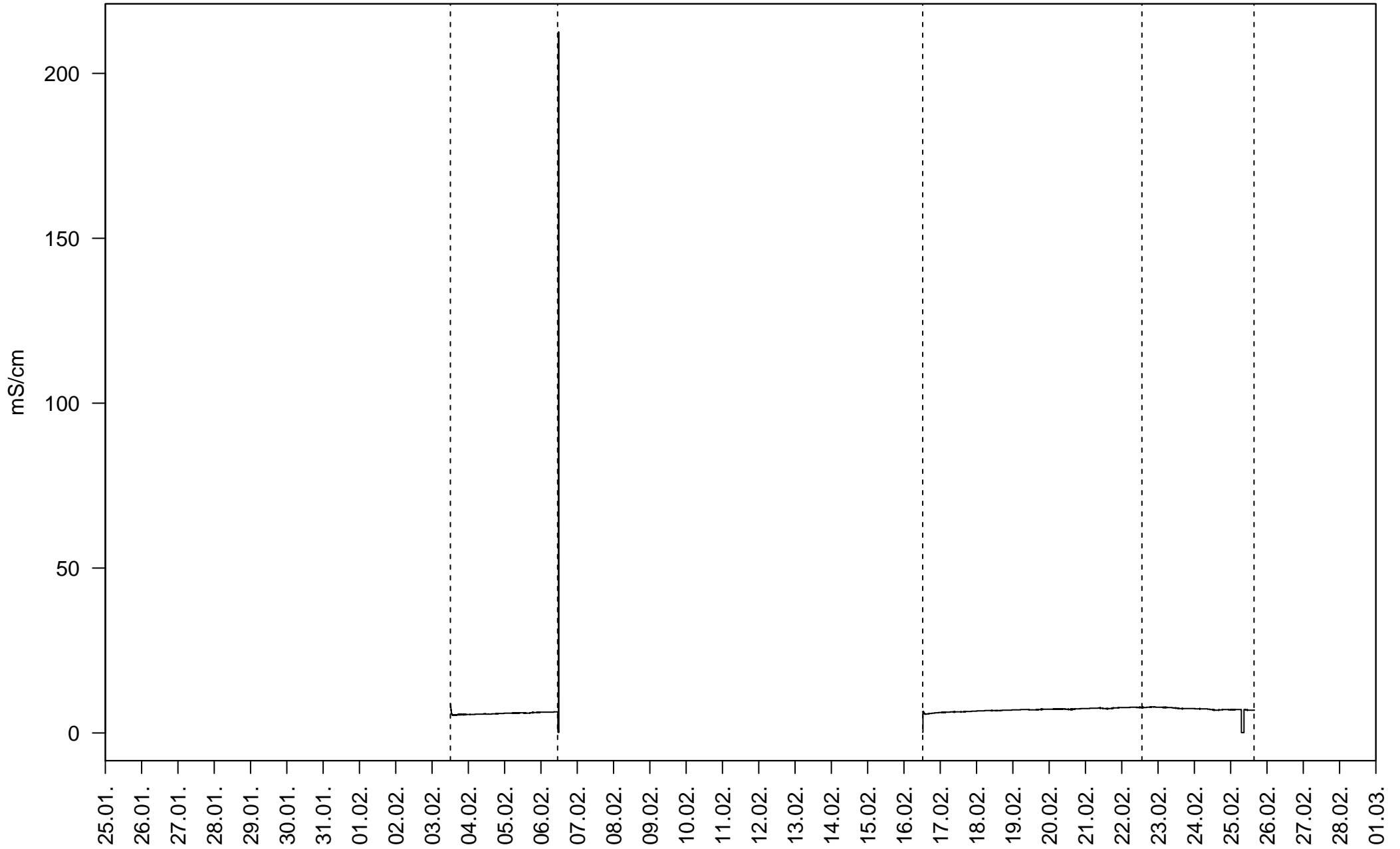
SCHACHT_B - Grundwasserstand



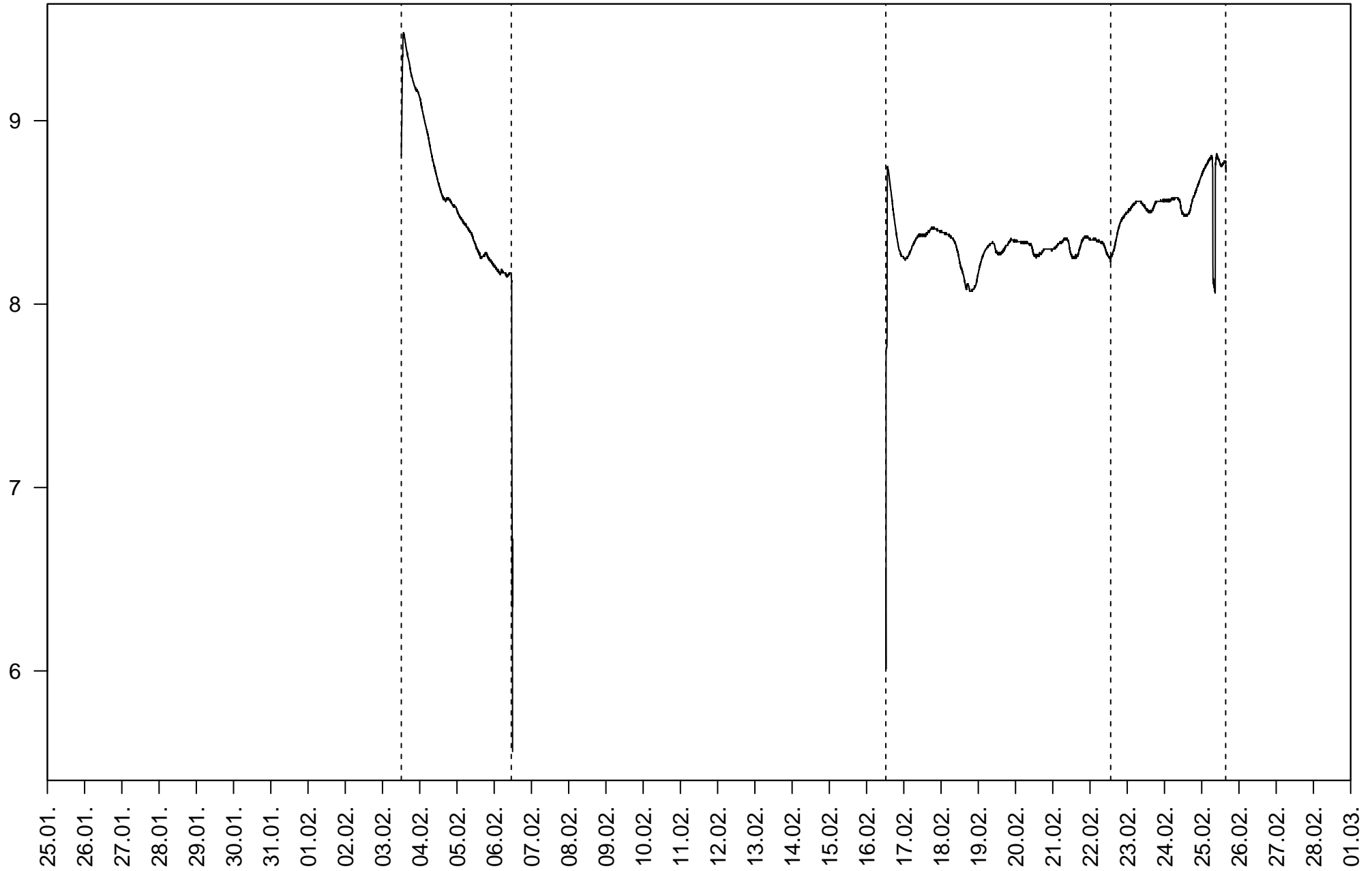
SCHACHT_B – Wassertemperatur in der Messstelle



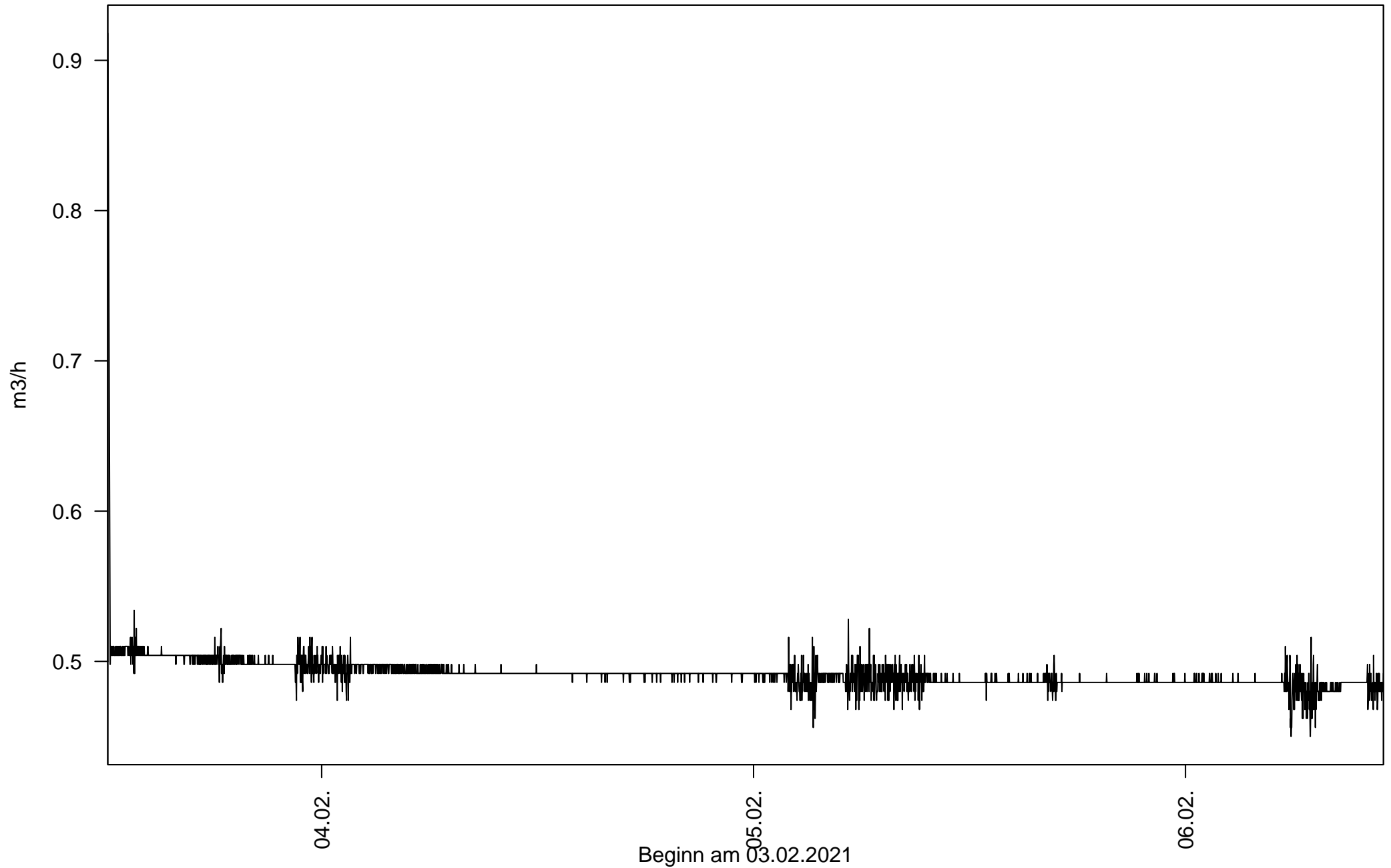
SCHACHT_B – Elektrische Leitfähigkeit



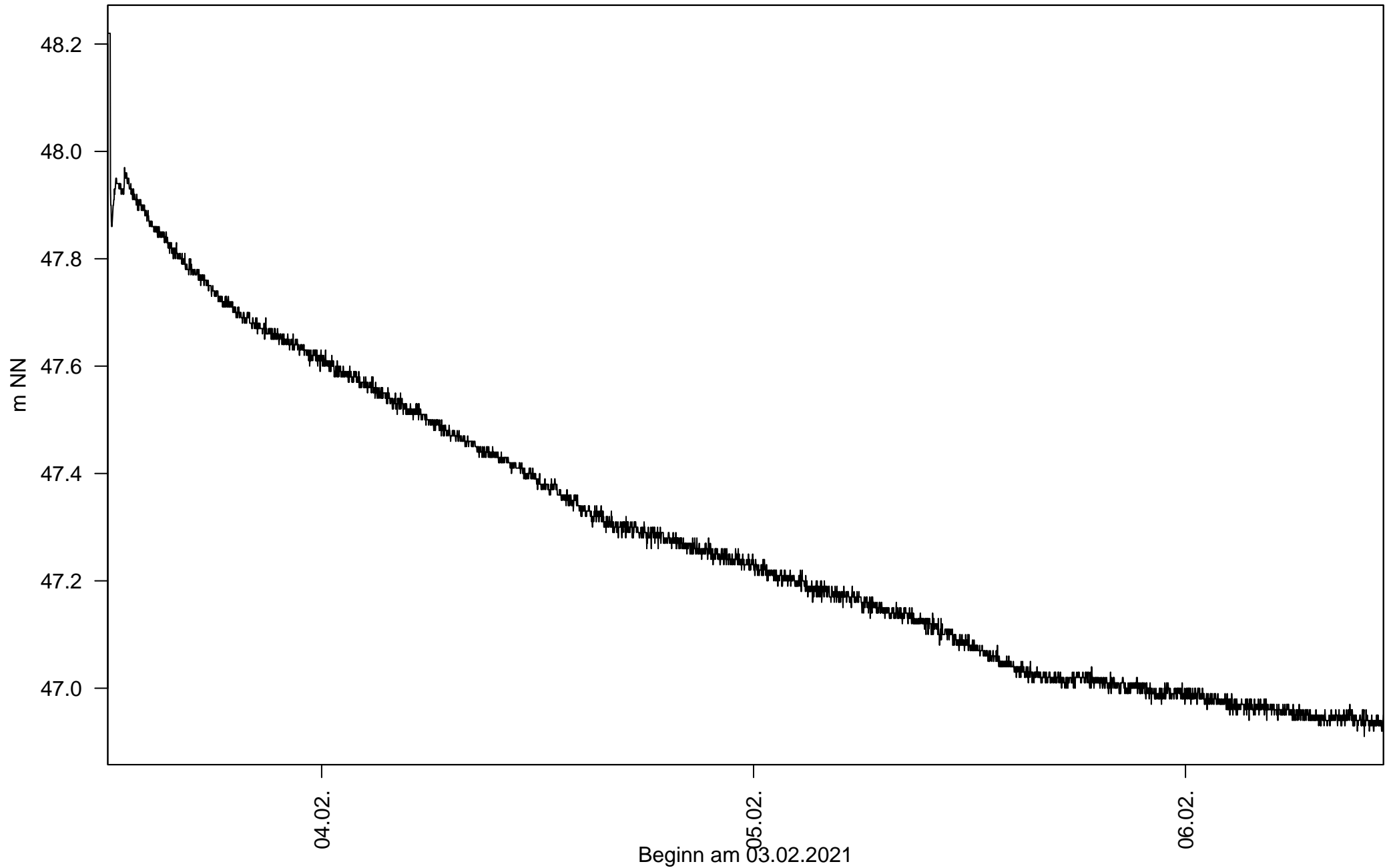
SCHACHT_B - pH-Wert



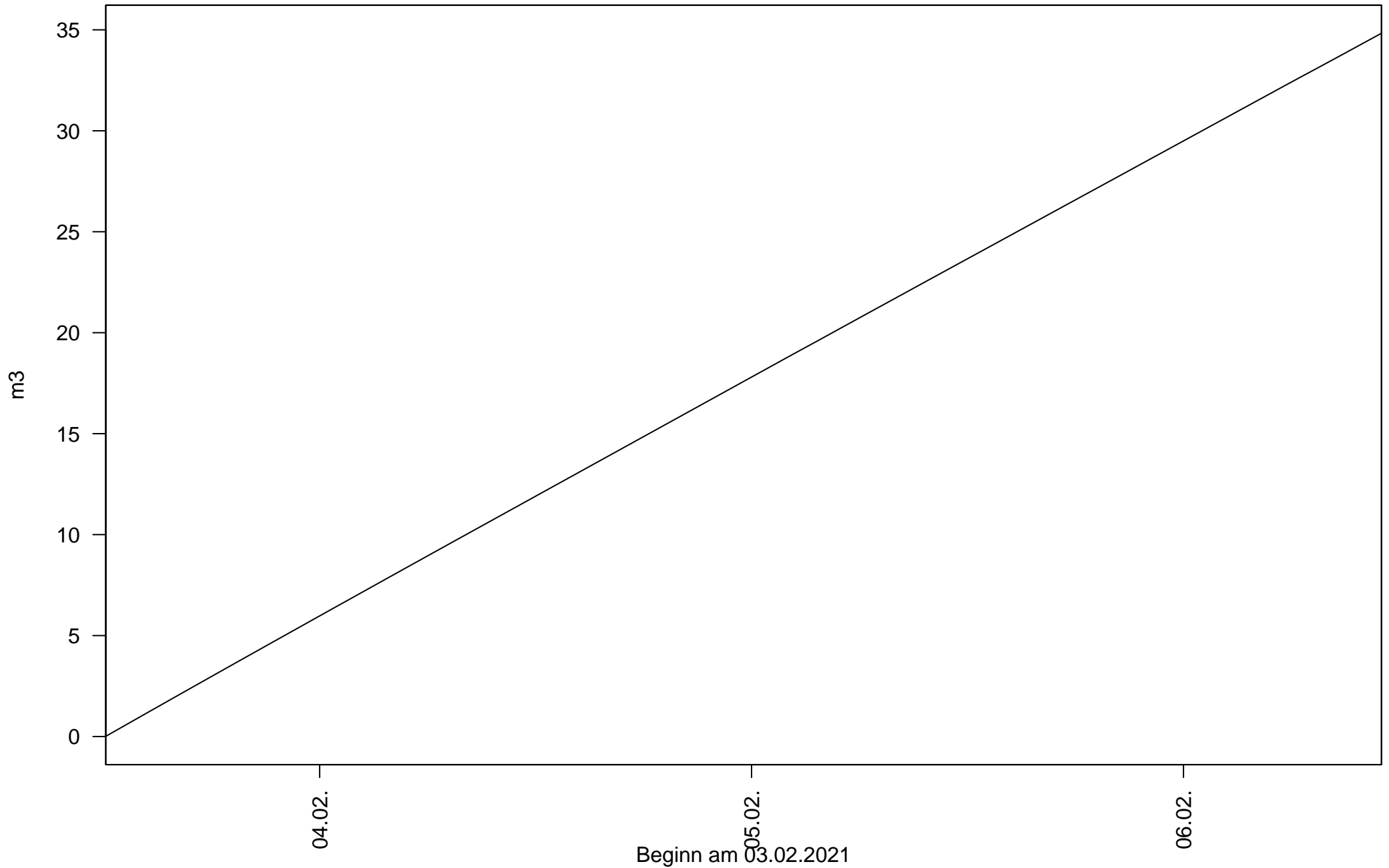
SCHACHT_B – Pumpstufe 1 – Förderrate



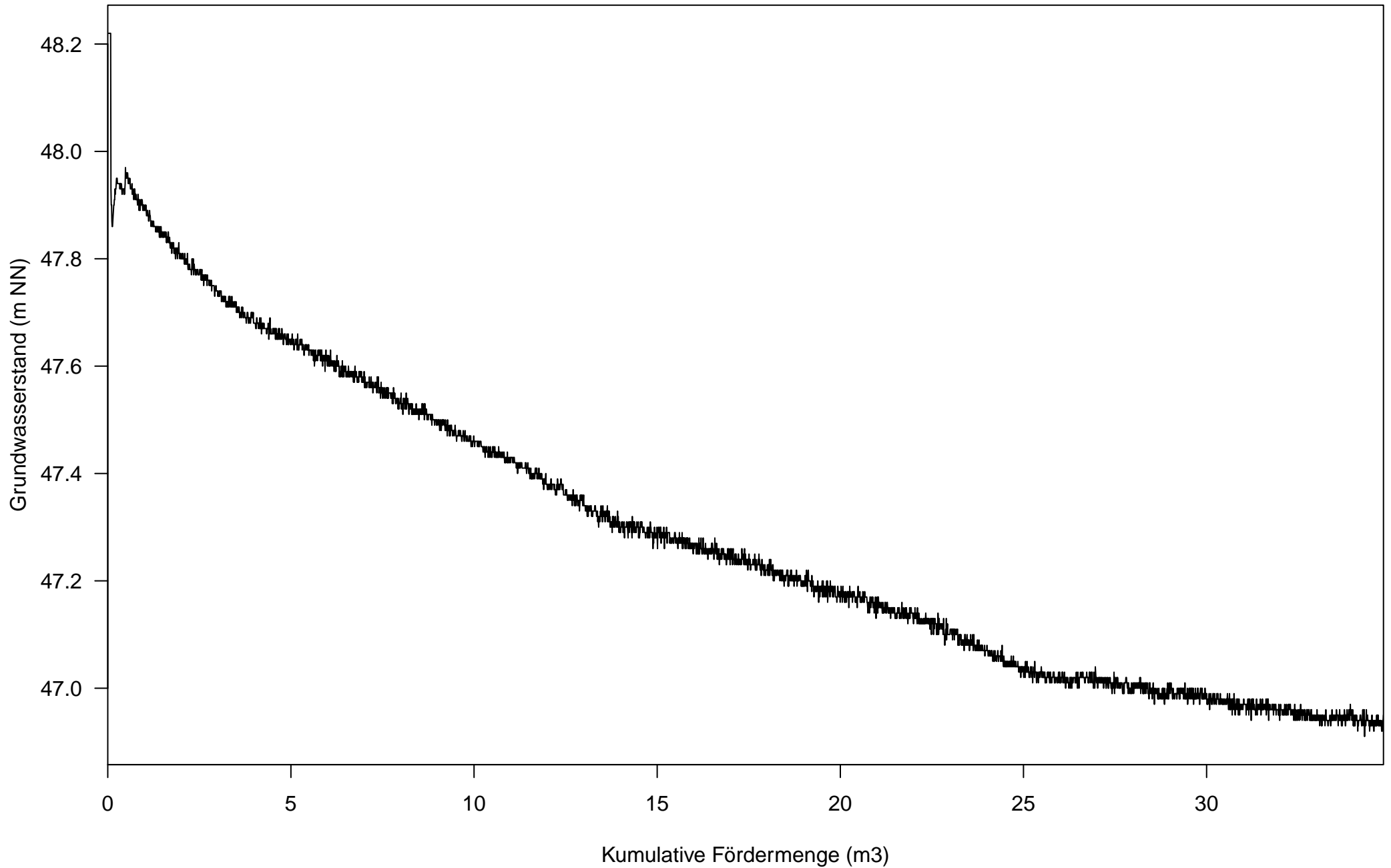
SCHACHT_B – Pumpstufe 1 – Grundwasserstand



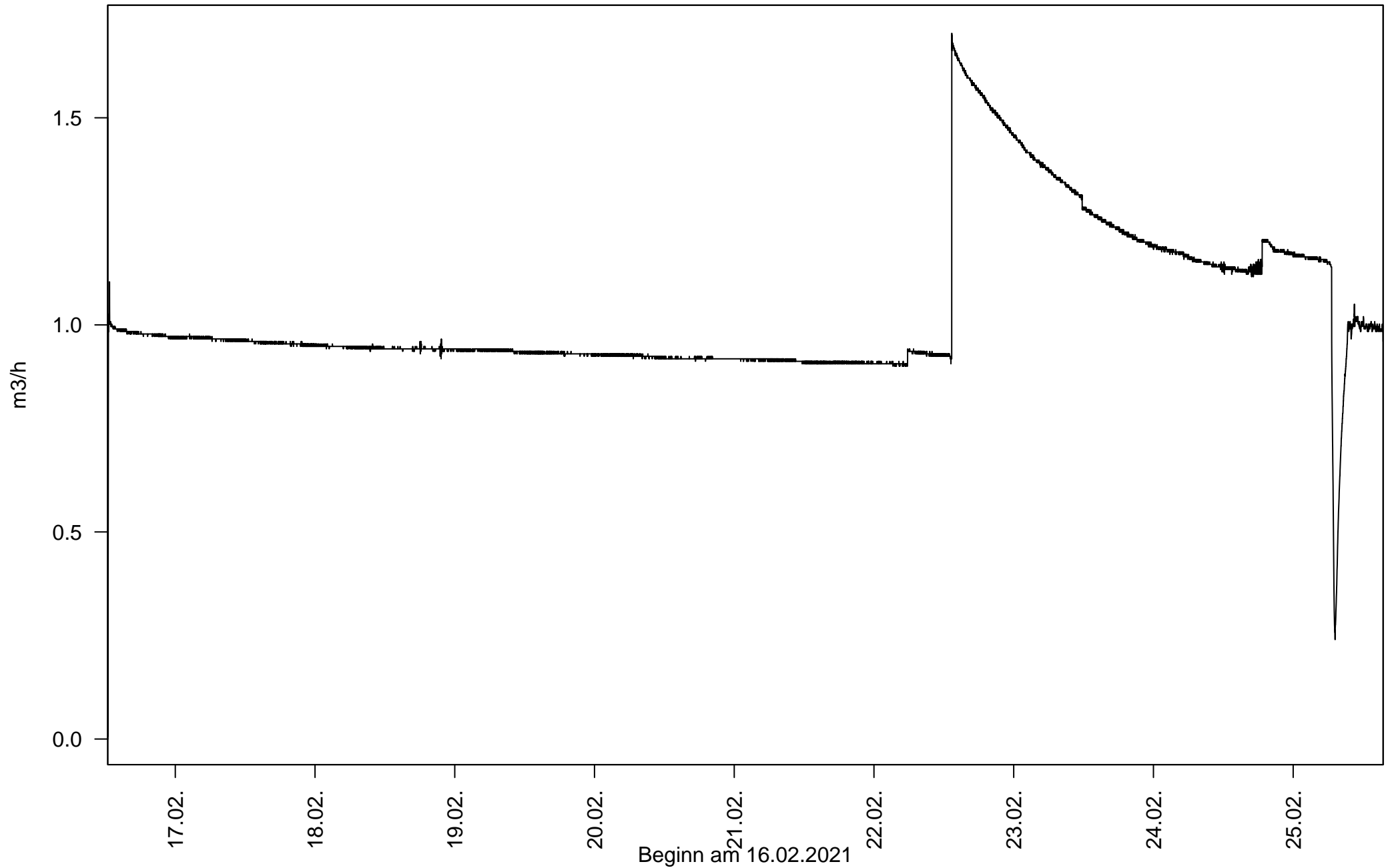
SCHACHT_B – Pumpstufe 1 – Kumulative Fördermenge



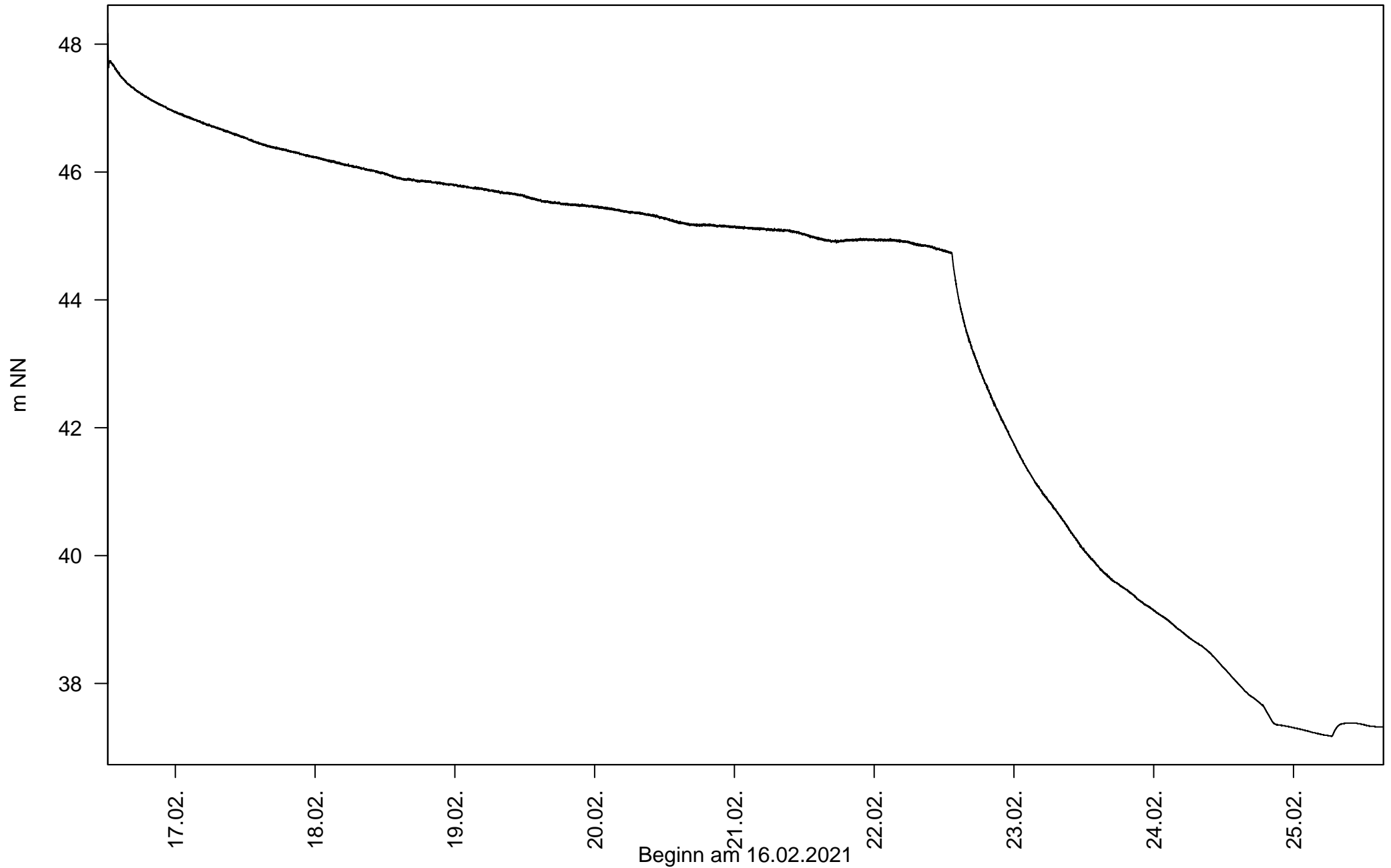
SCHACHT_B – Pumpstufe 1 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



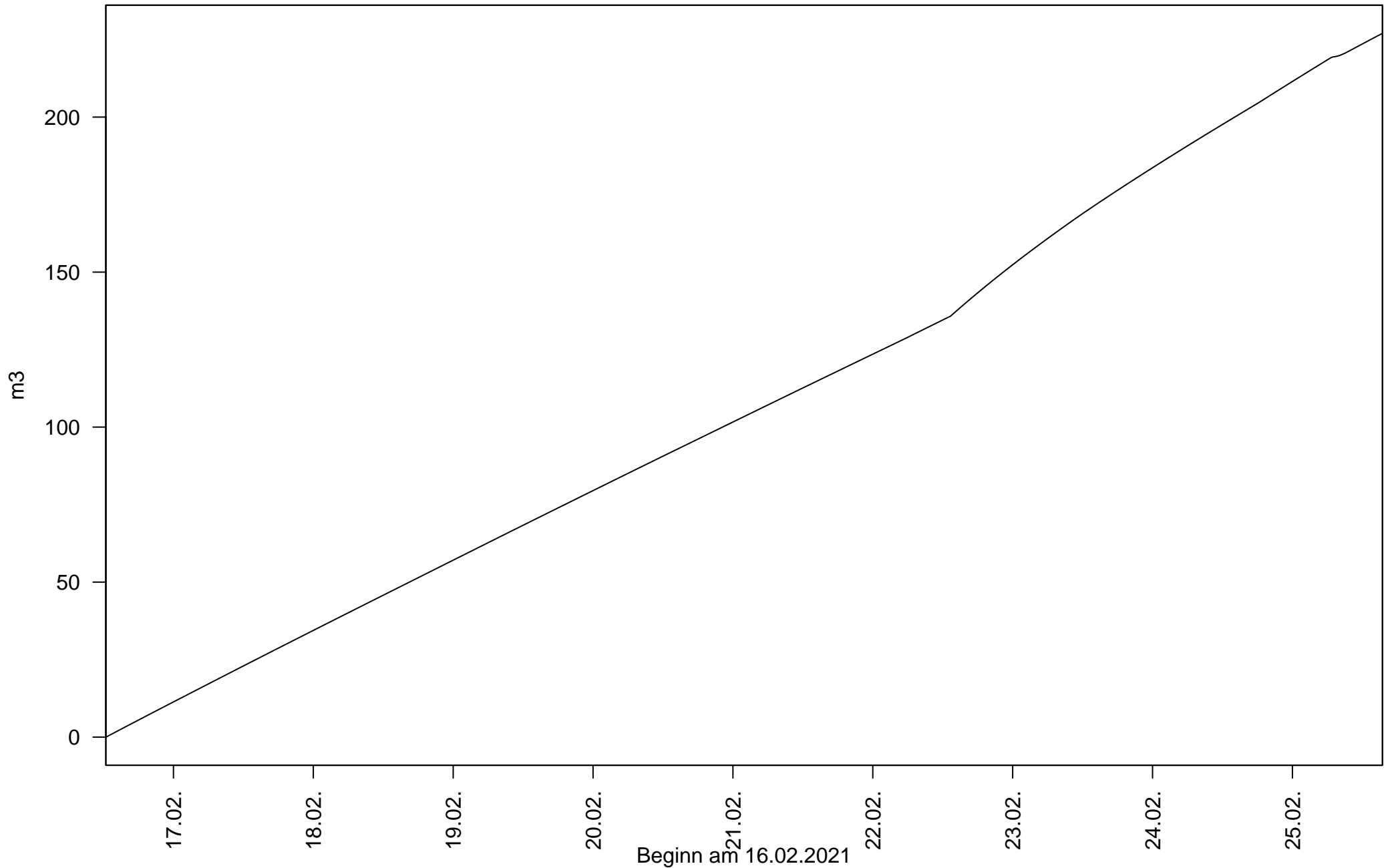
SCHACHT_B – Pumpstufen 2 und 3 – Förderrate



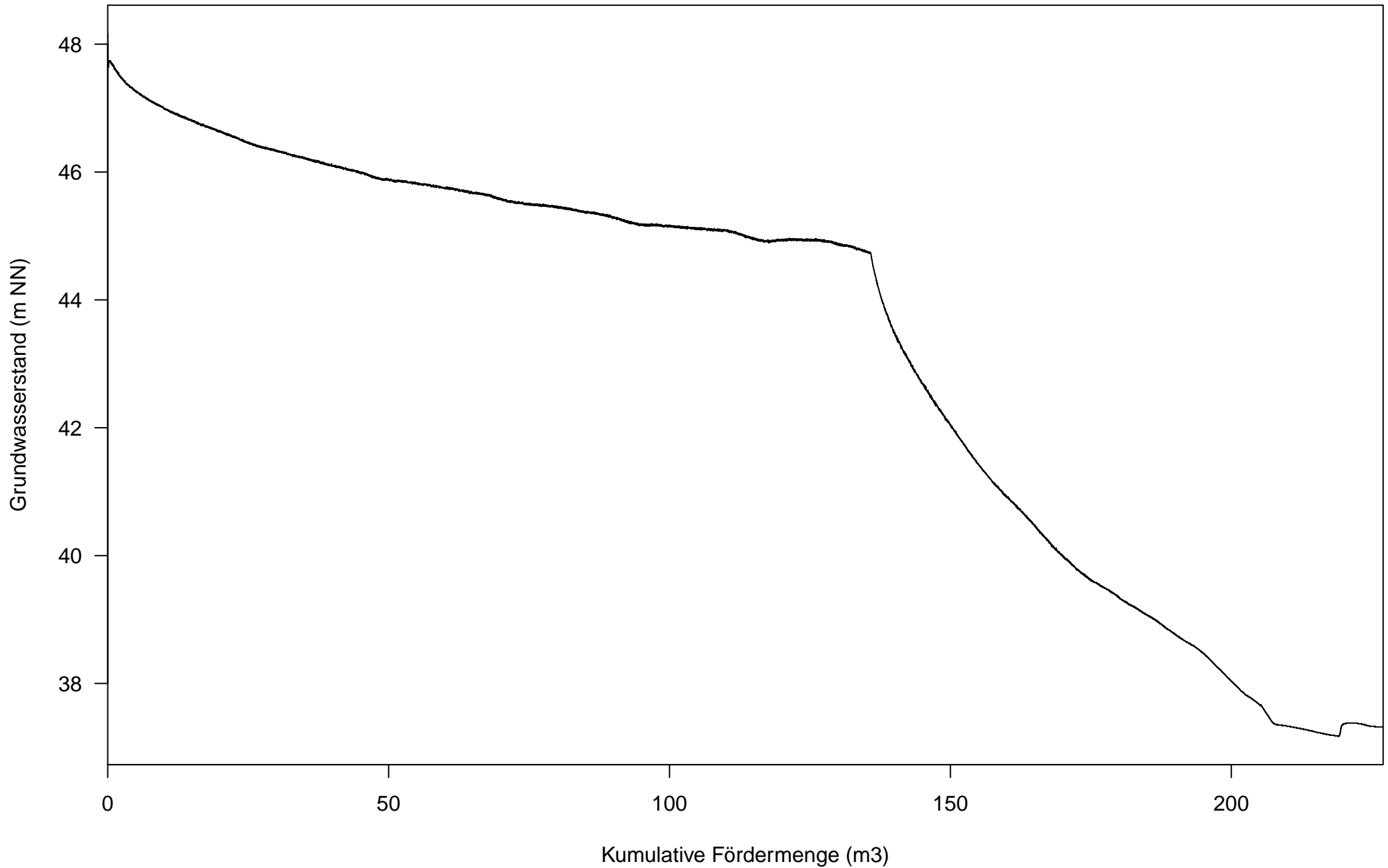
SCHACHT_B – Pumpstufen 2 und 3 – Grundwasserstand



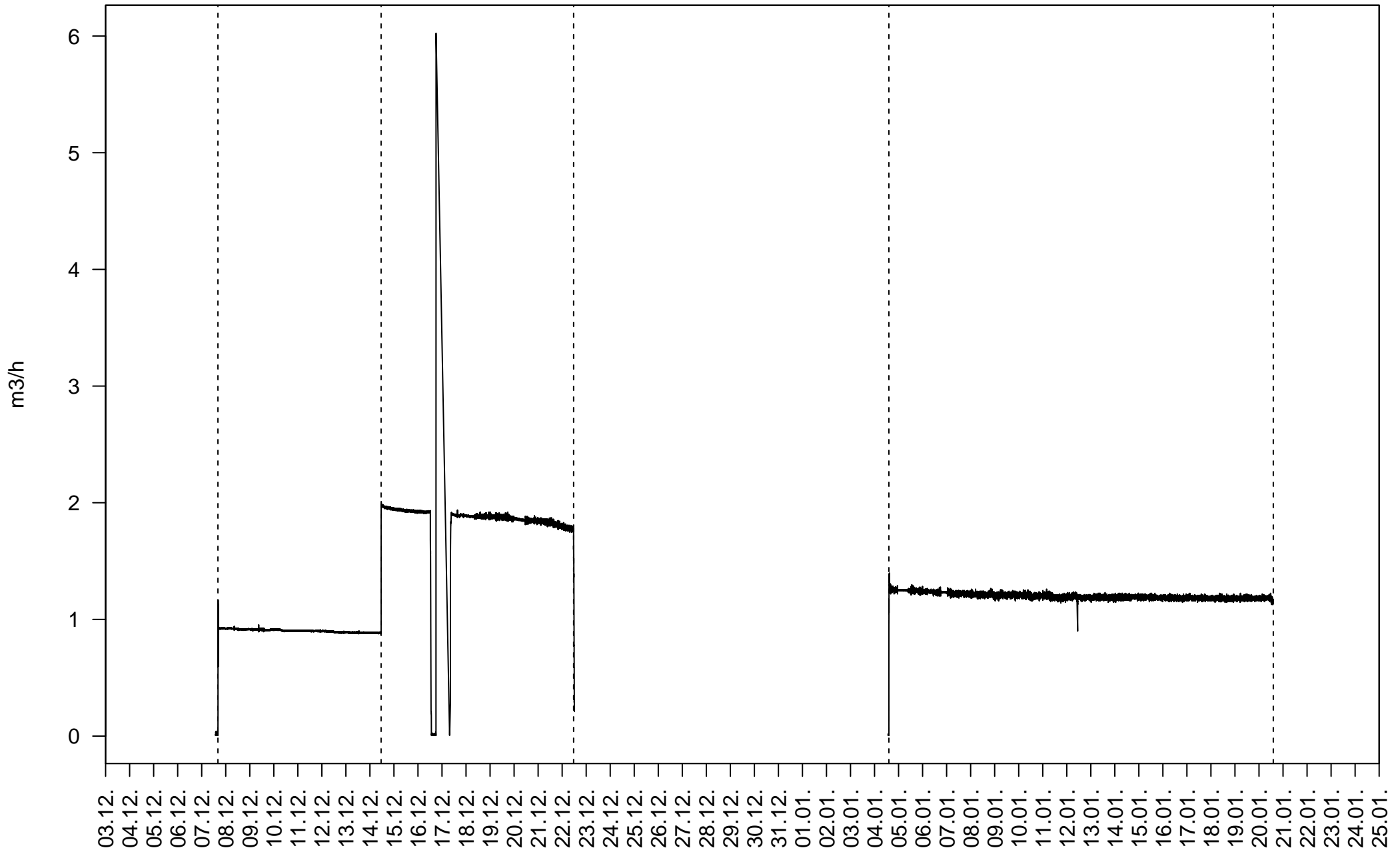
SCHACHT_B – Pumpstufen 2 und 3 – Kumulative Fördermenge



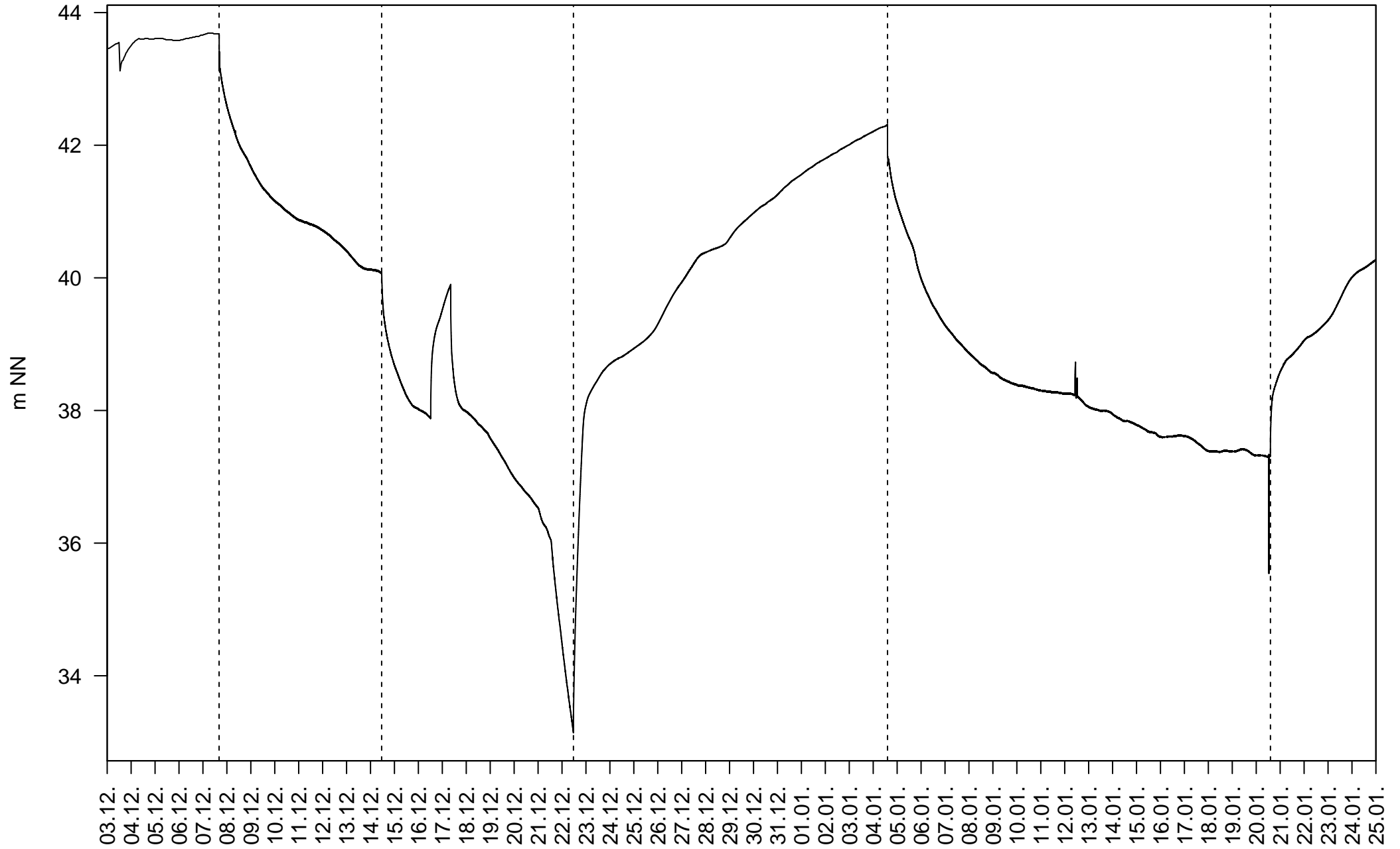
SCHACHT_B – Pumpstufen 2 und 3 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



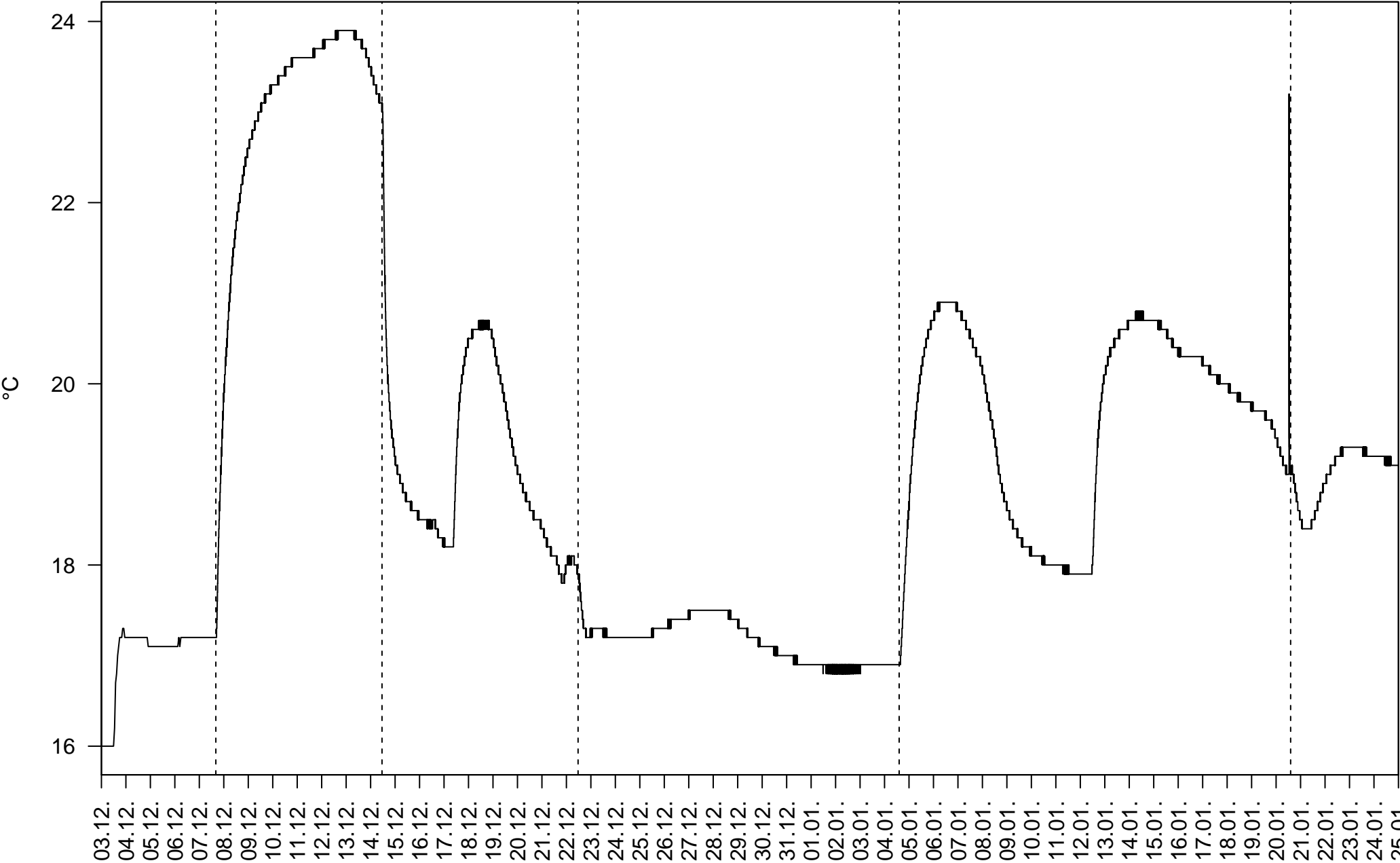
SCHACHT_C – Förderrate



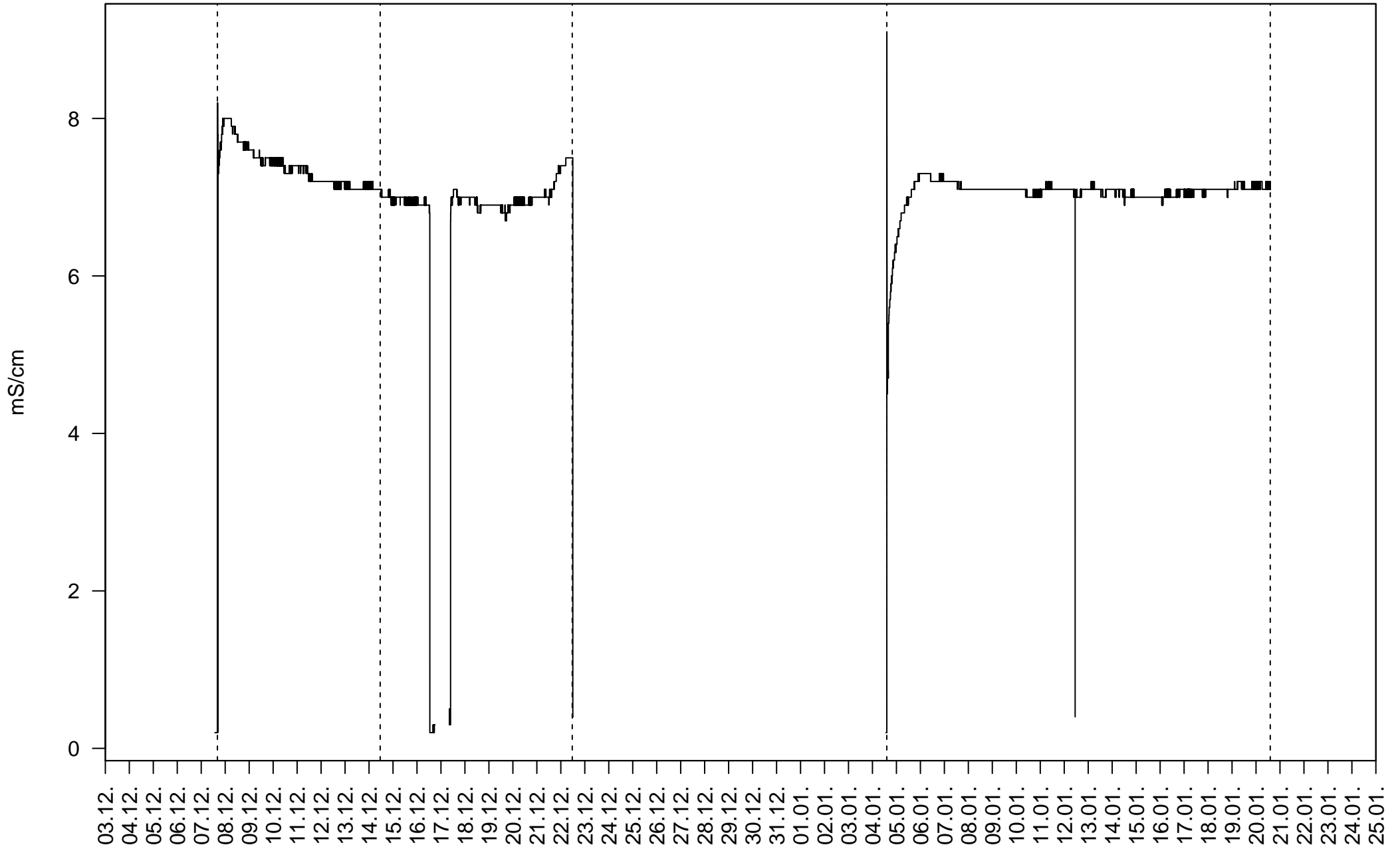
SCHACHT_C - Grundwasserstand



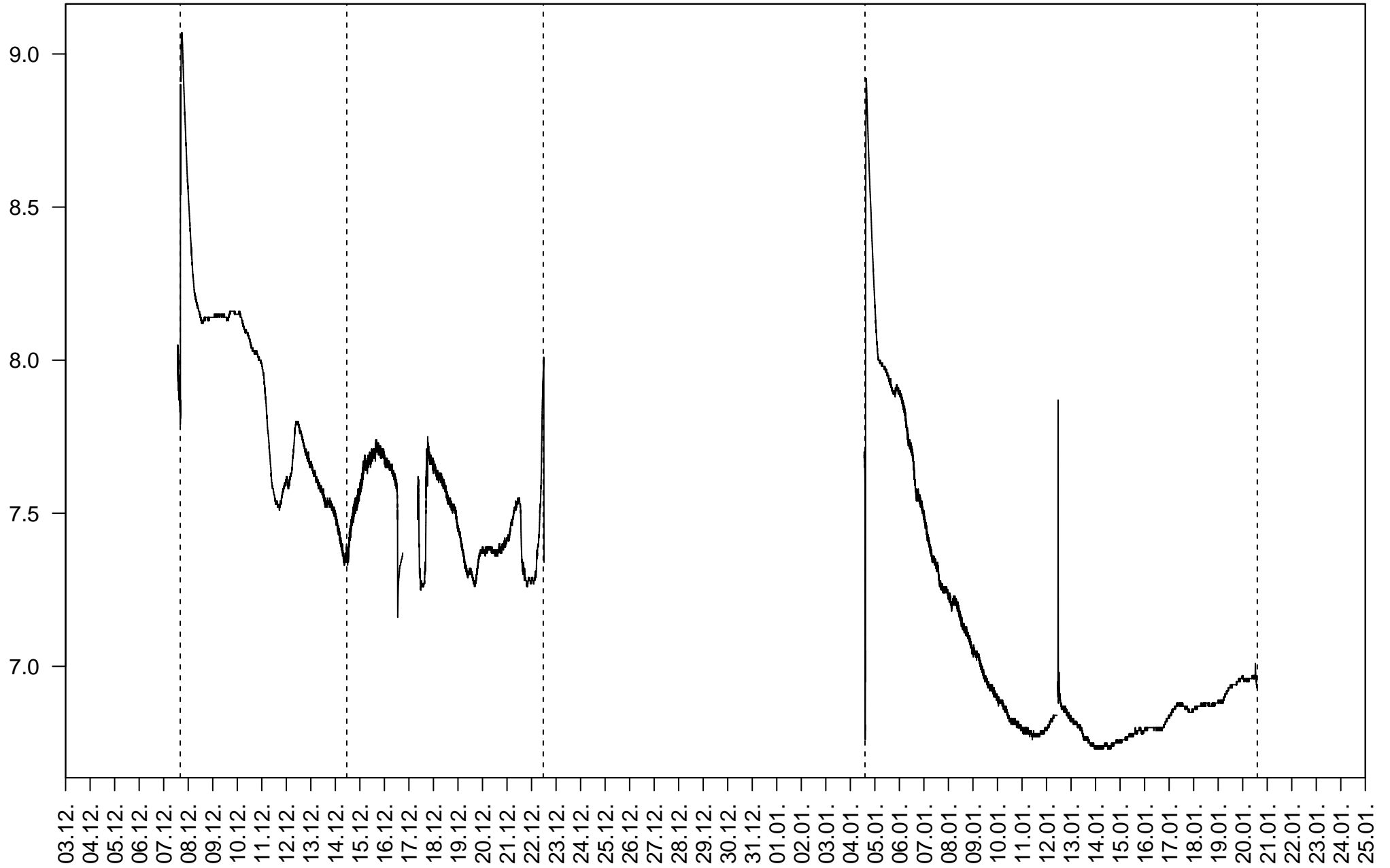
SCHACHT_C – Wassertemperatur in der Messstelle



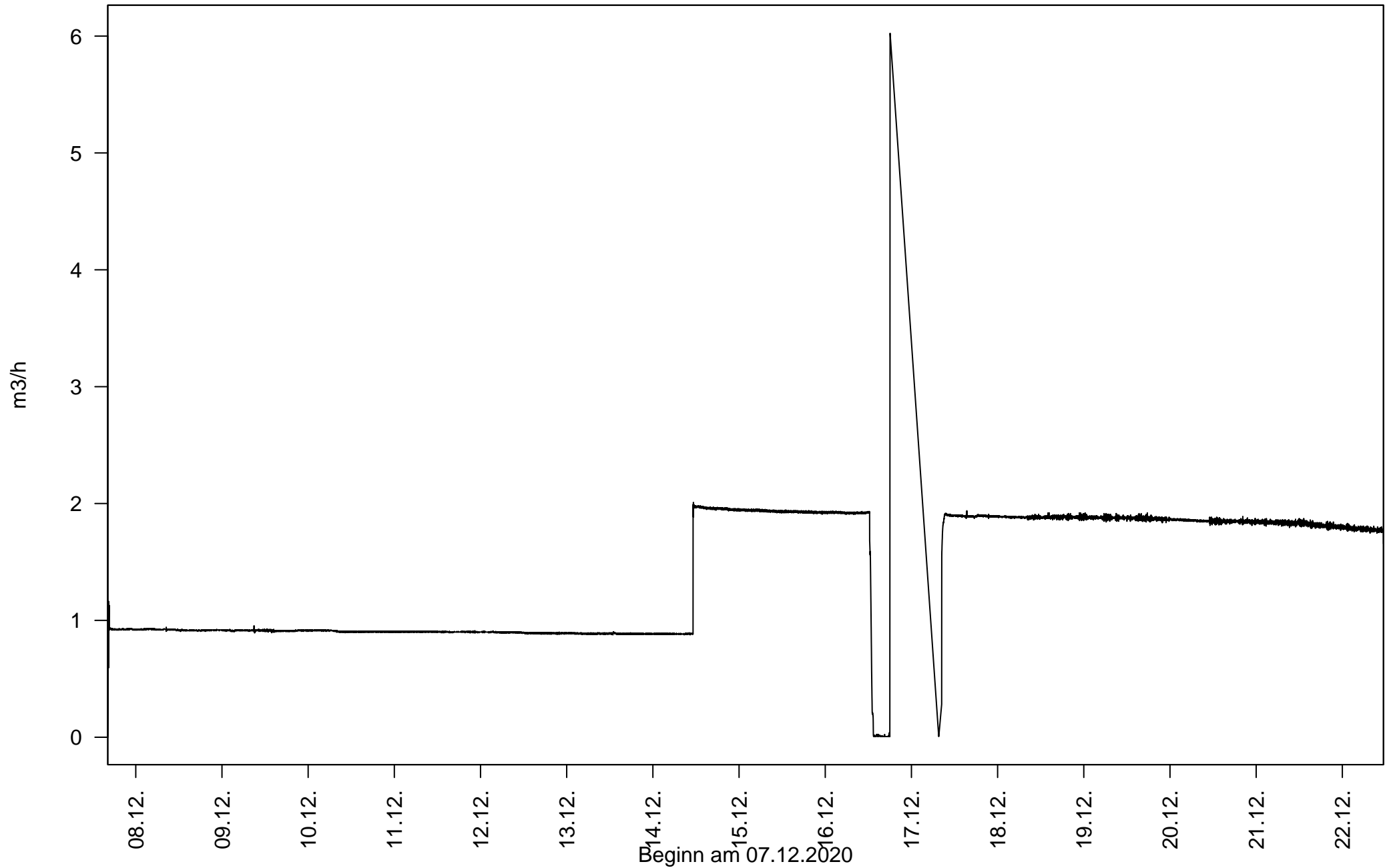
SCHACHT_C – Elektrische Leitfähigkeit



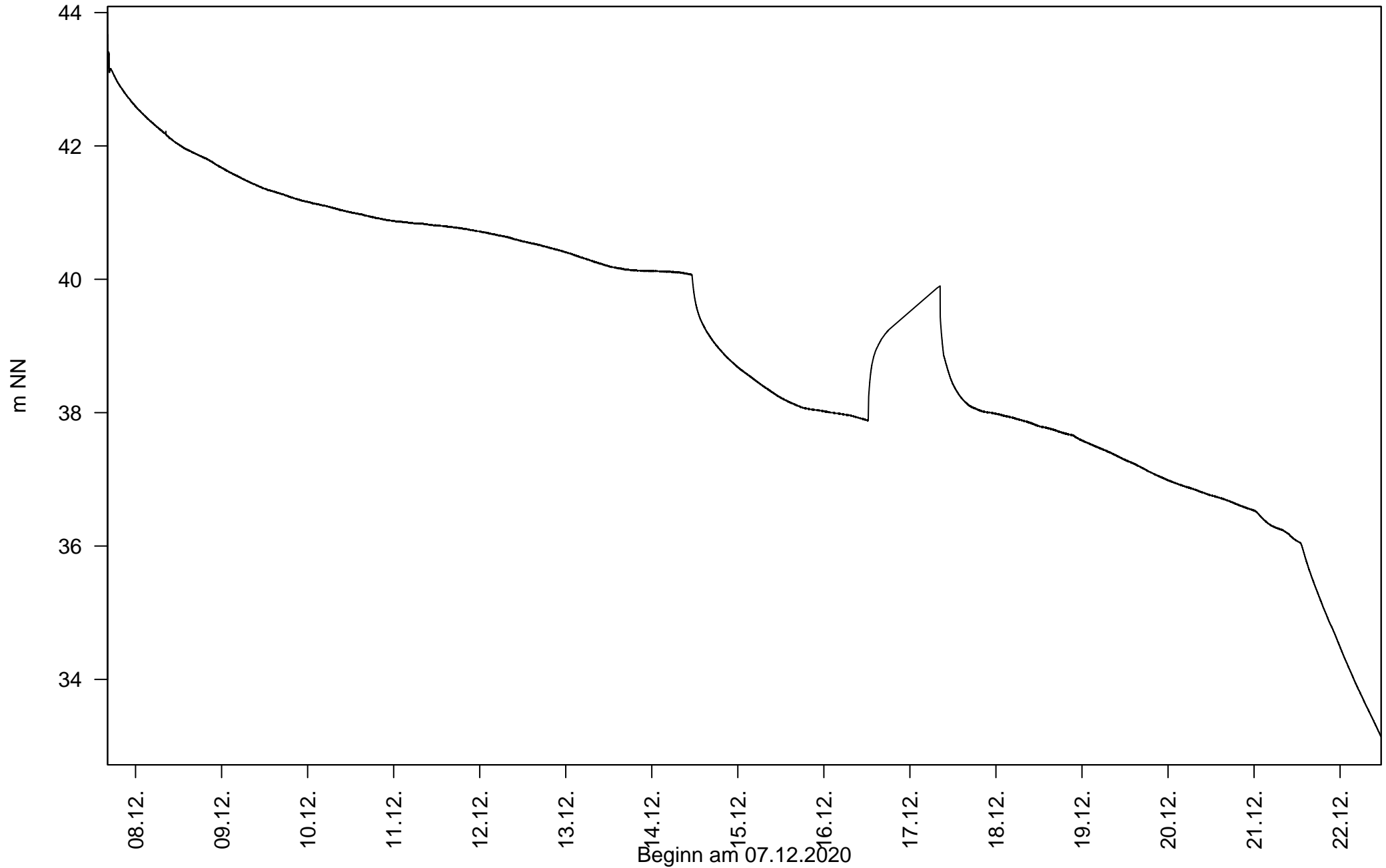
SCHACHT_C - pH-Wert



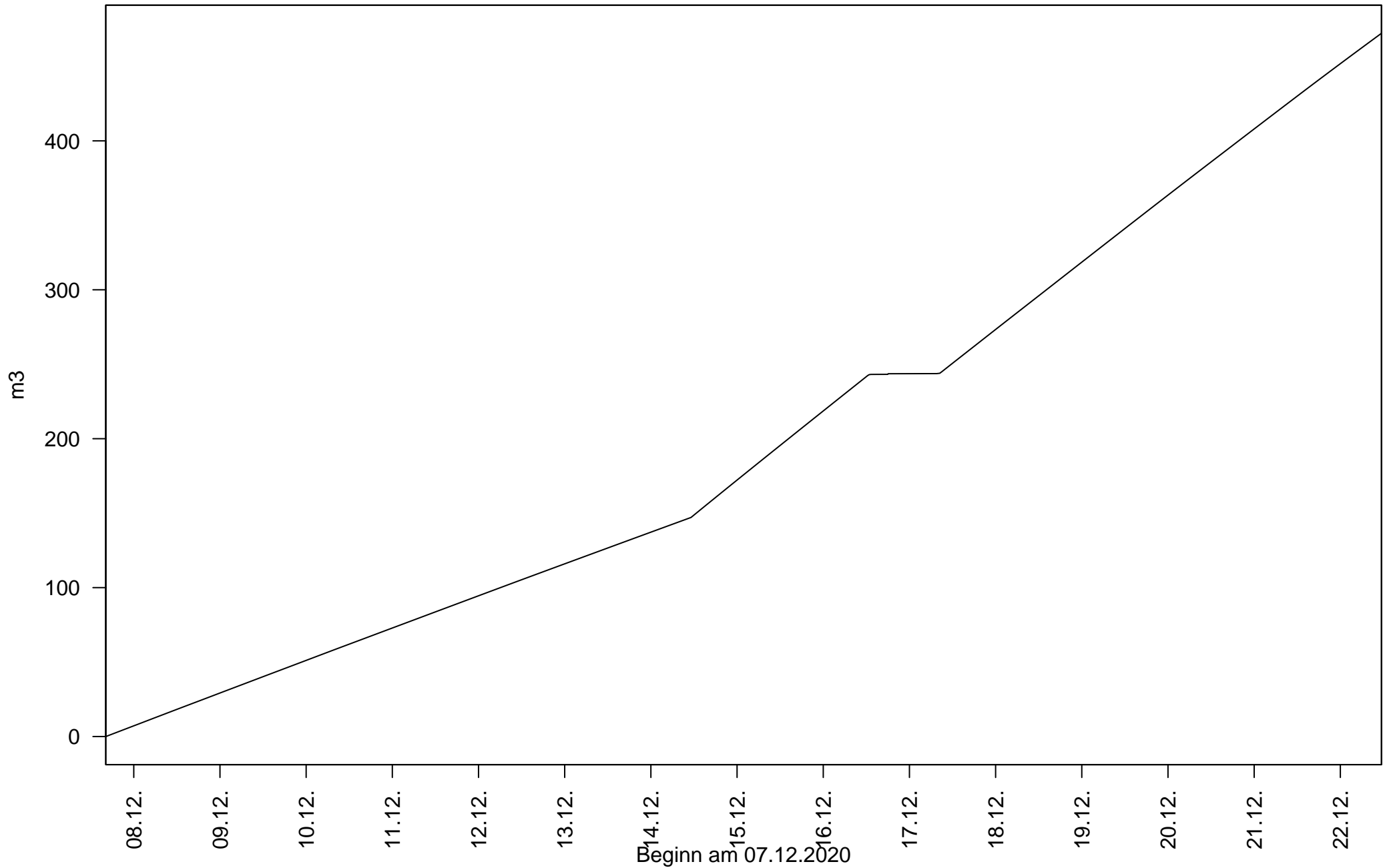
SCHACHT_C – Pumpstufen 1 und 2 – Förderrate



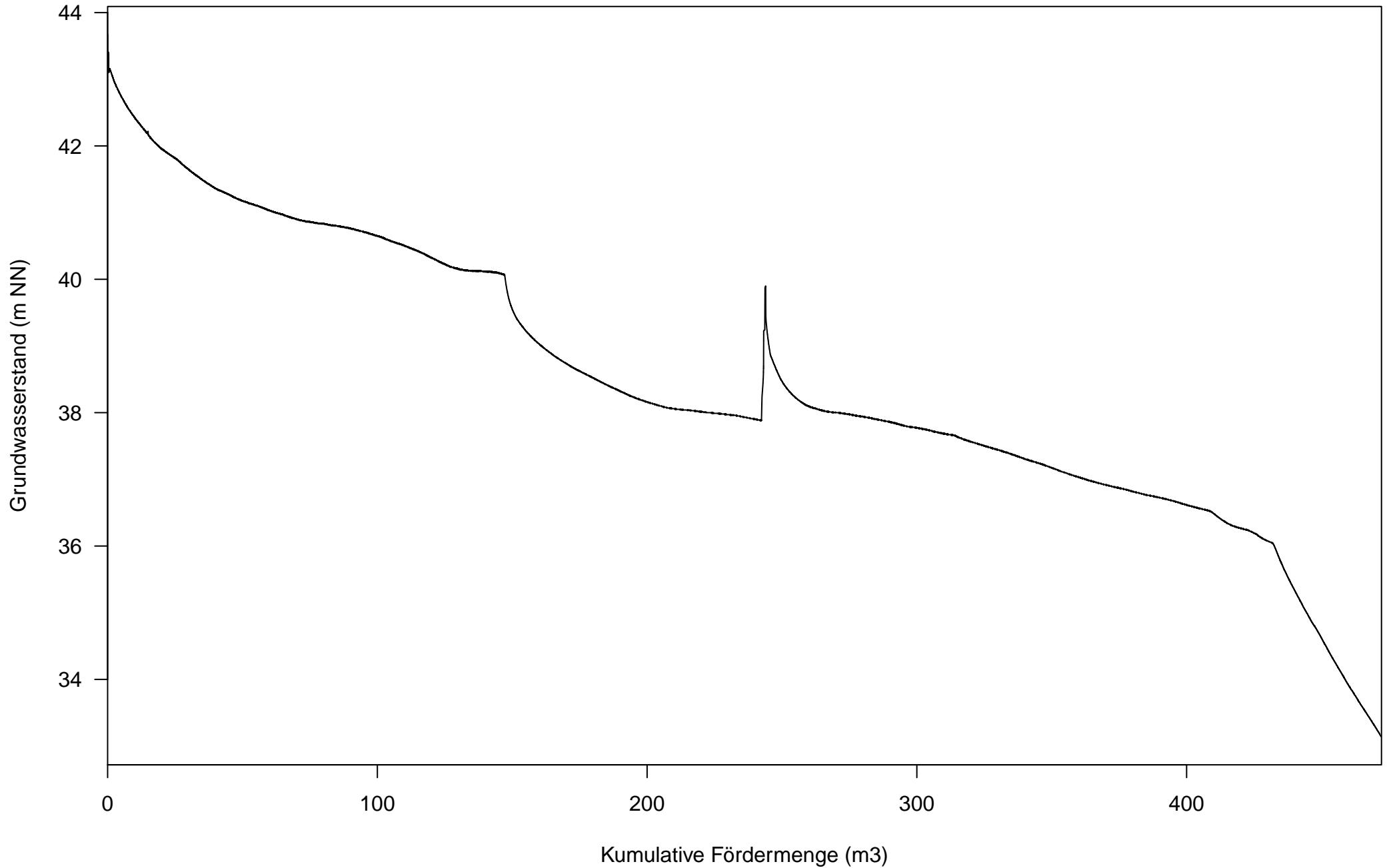
SCHACHT_C – Pumpstufen 1 und 2 – Grundwasserstand



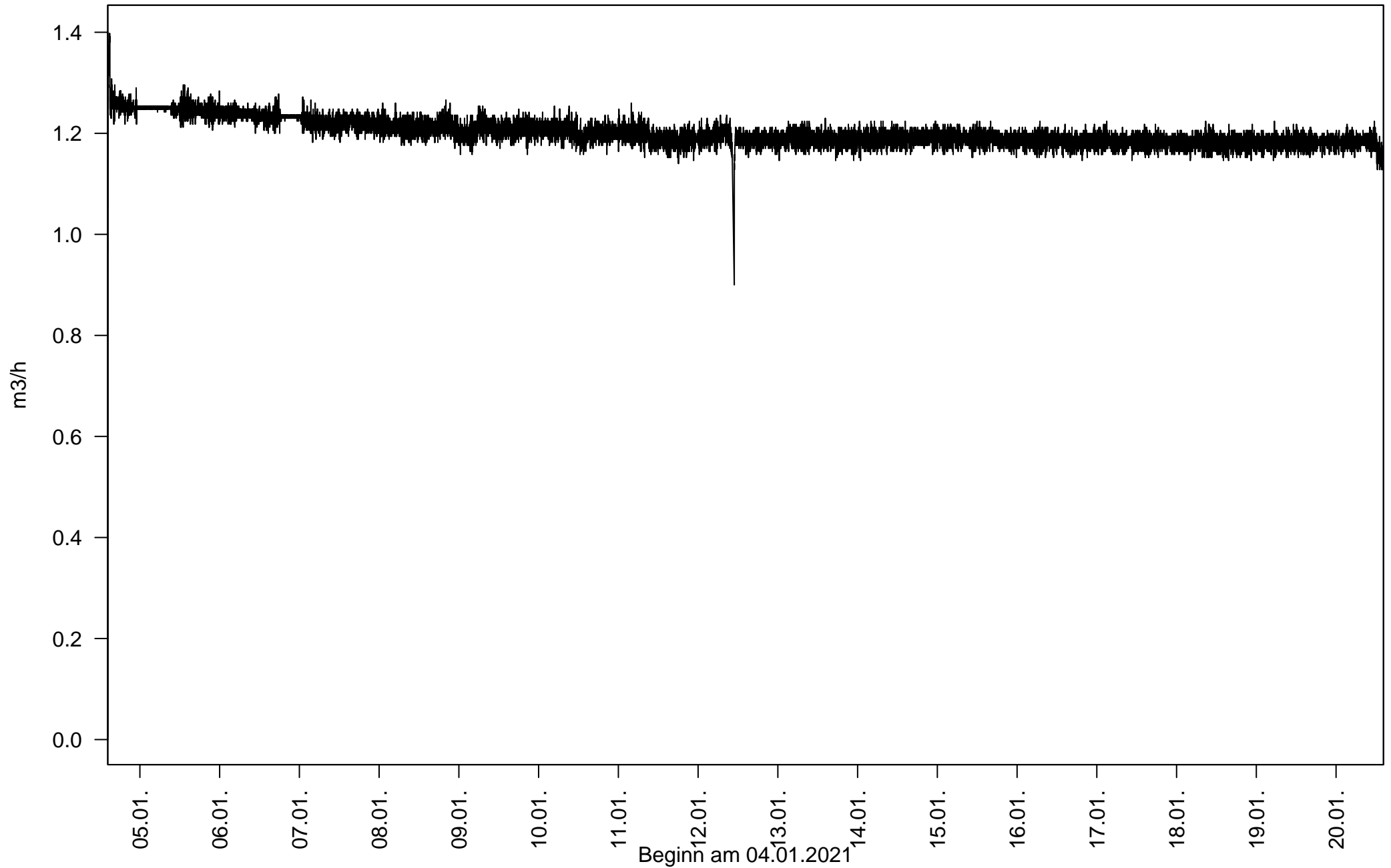
SCHACHT_C – Pumpstufen 1 und 2 – Kumulative Fördermenge



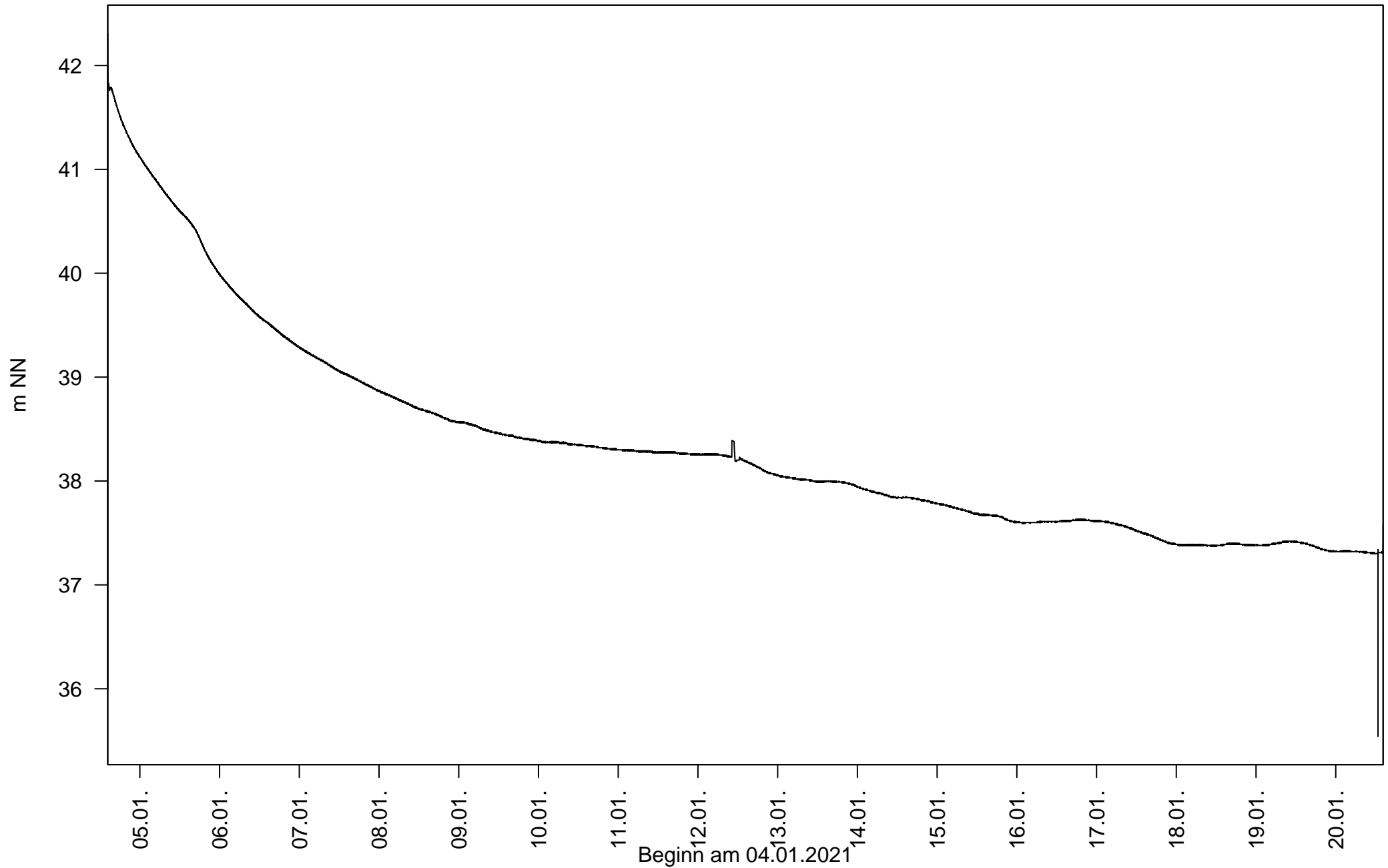
SCHACHT_C – Pumpstufen 1 und 2 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



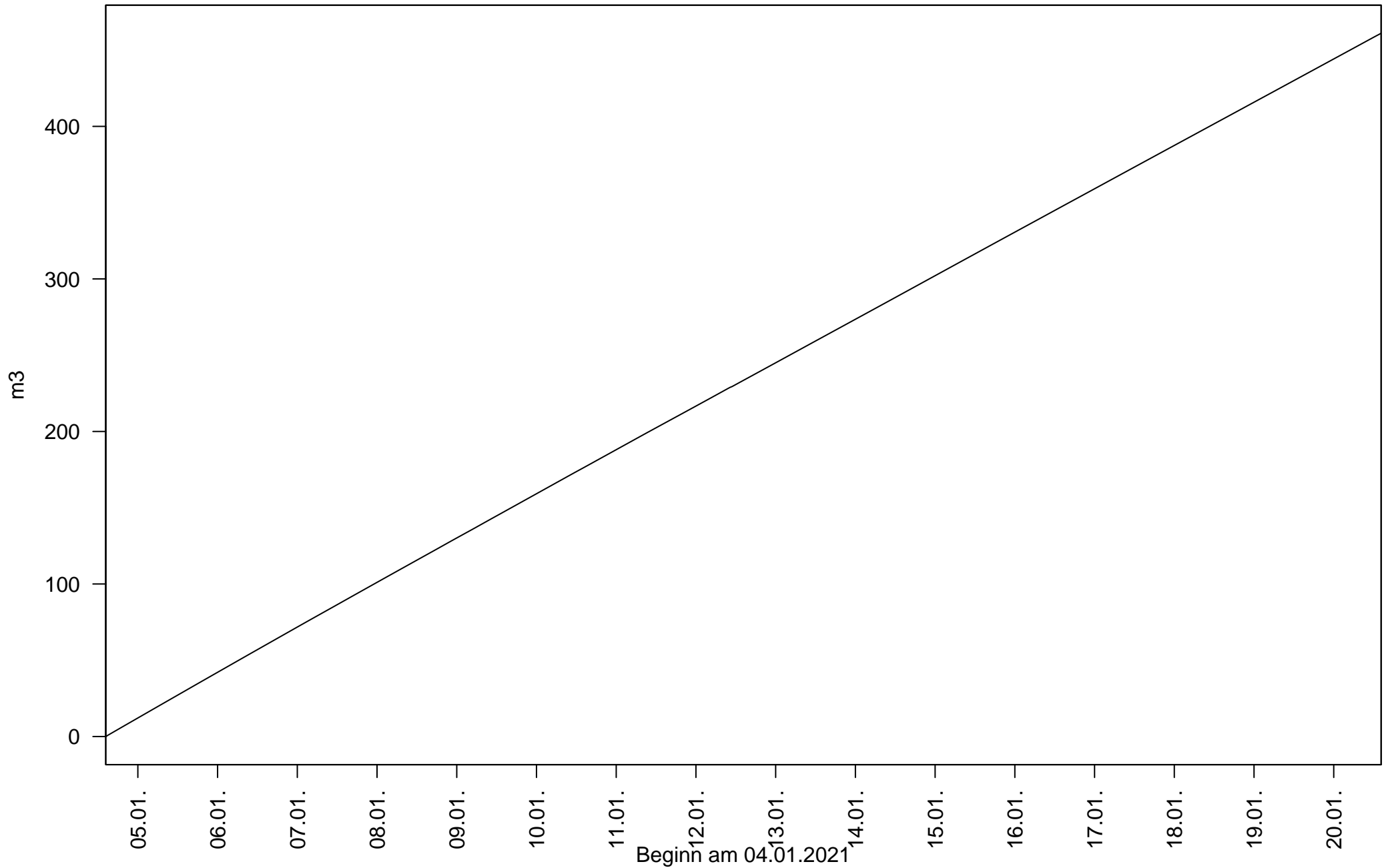
SCHACHT_C – Pumpstufe 3 – Förderrate



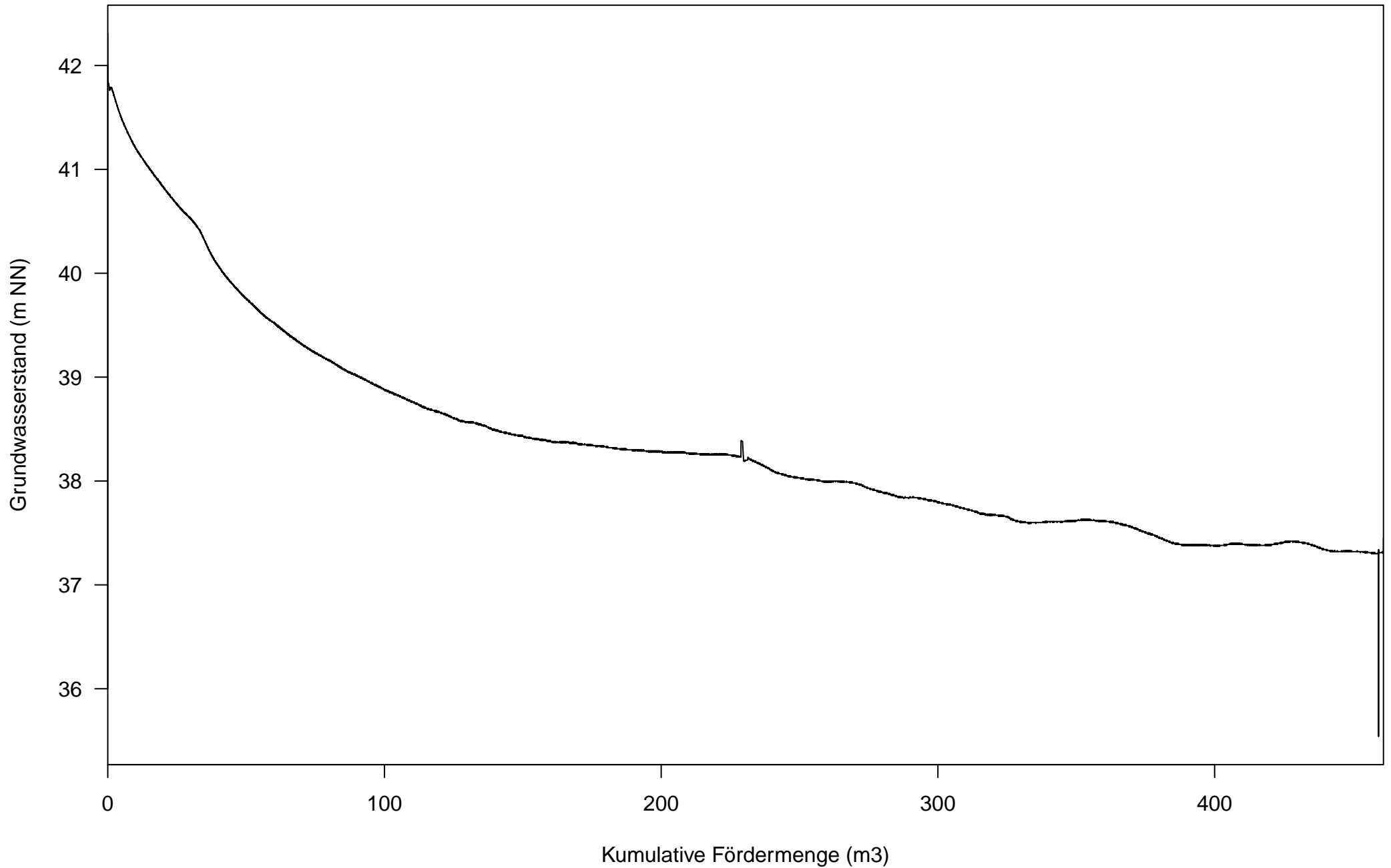
SCHACHT_C – Pumpstufe 3 – Grundwasserstand



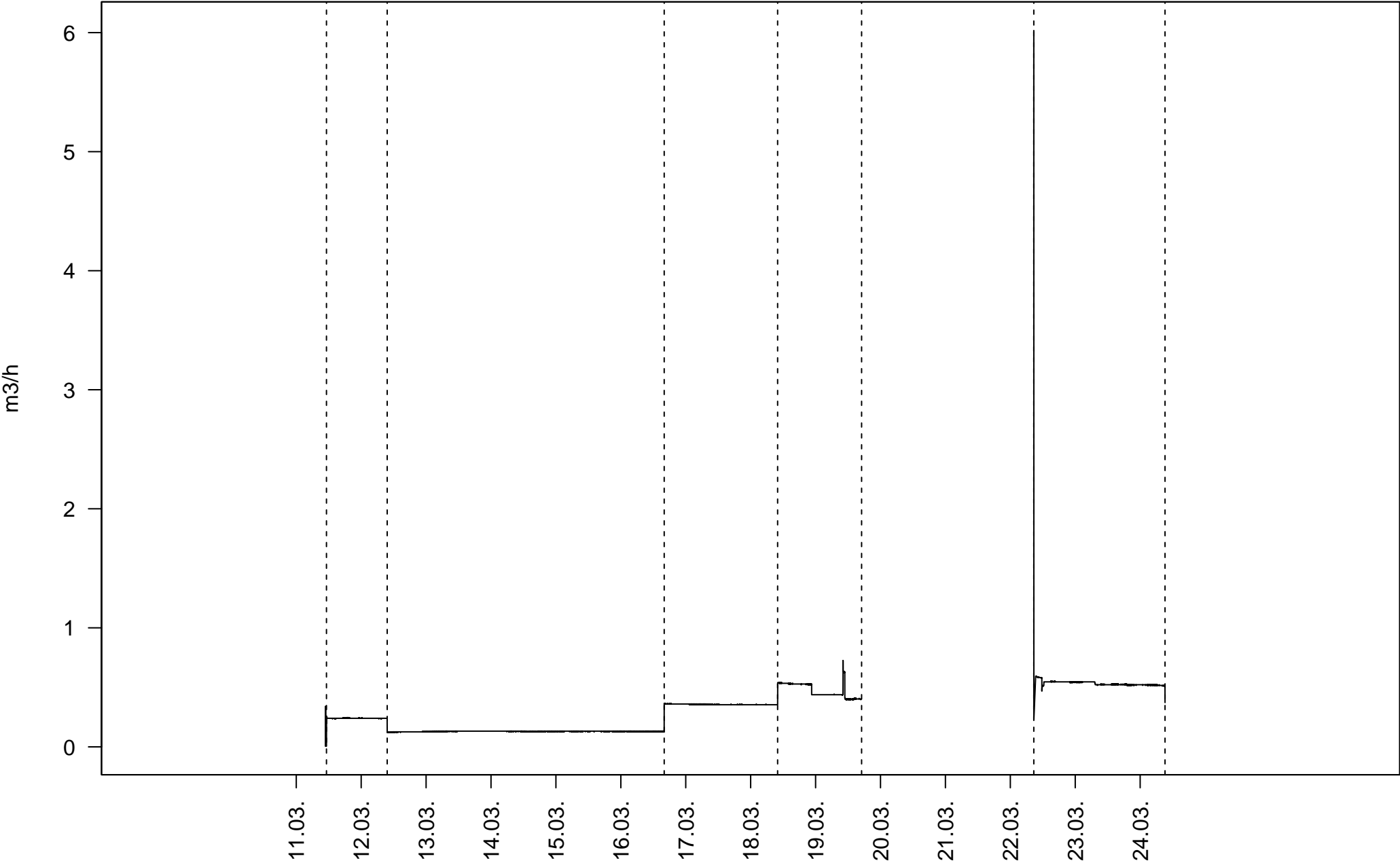
SCHACHT_C – Pumpstufe 3 – Kumulative Fördermenge



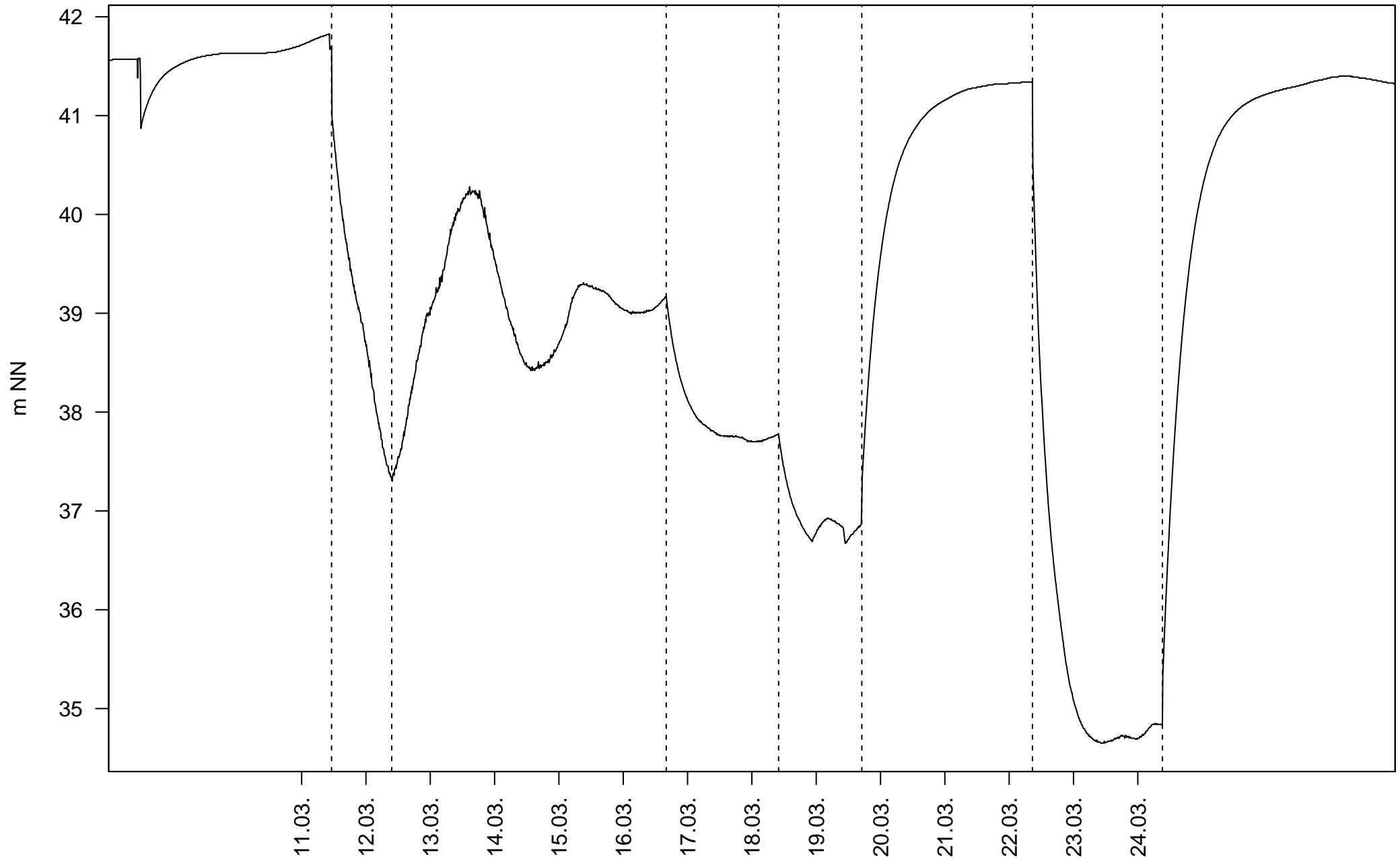
SCHACHT_C – Pumpstufe 3 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



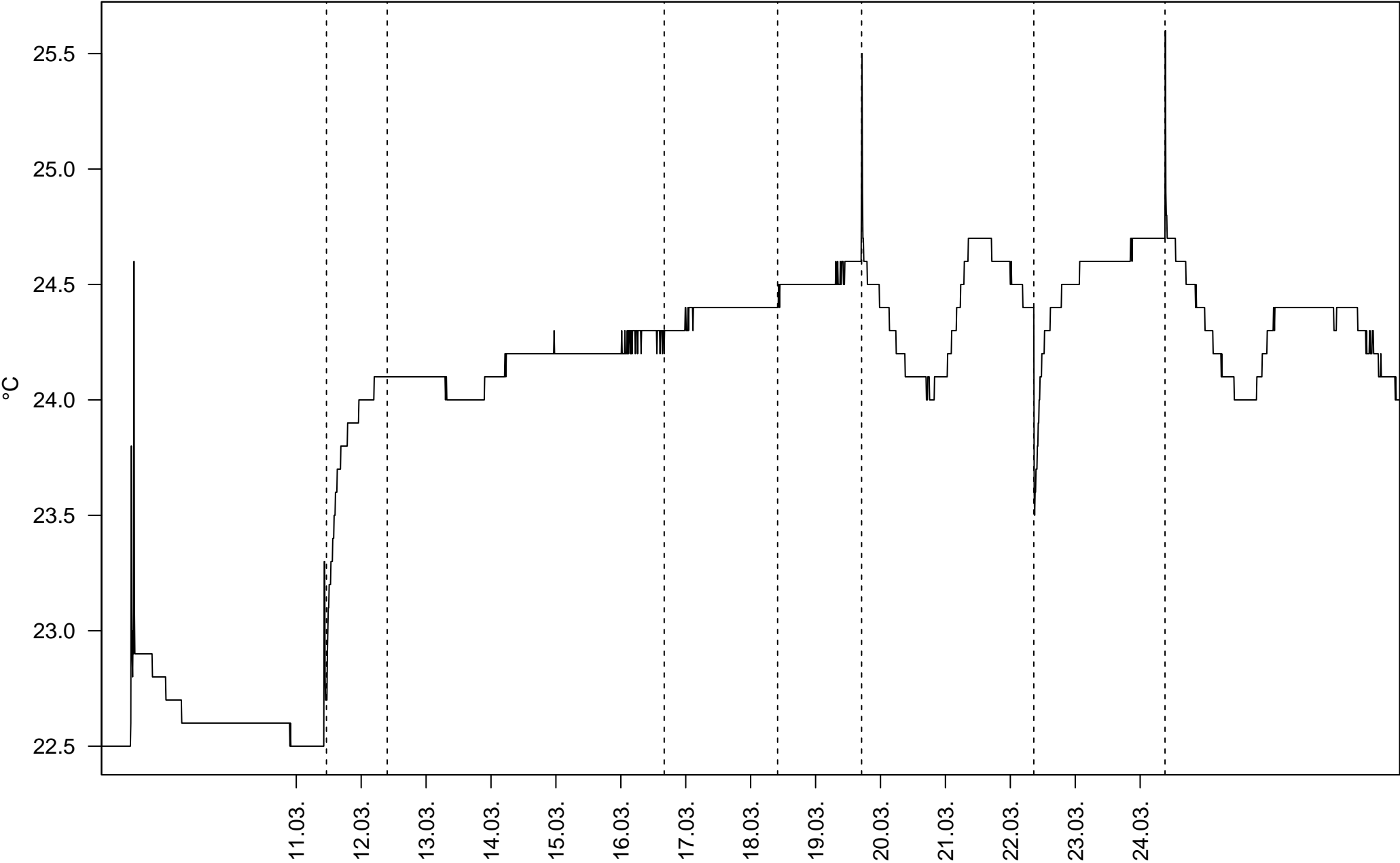
SCHACHT_D – Förderrate



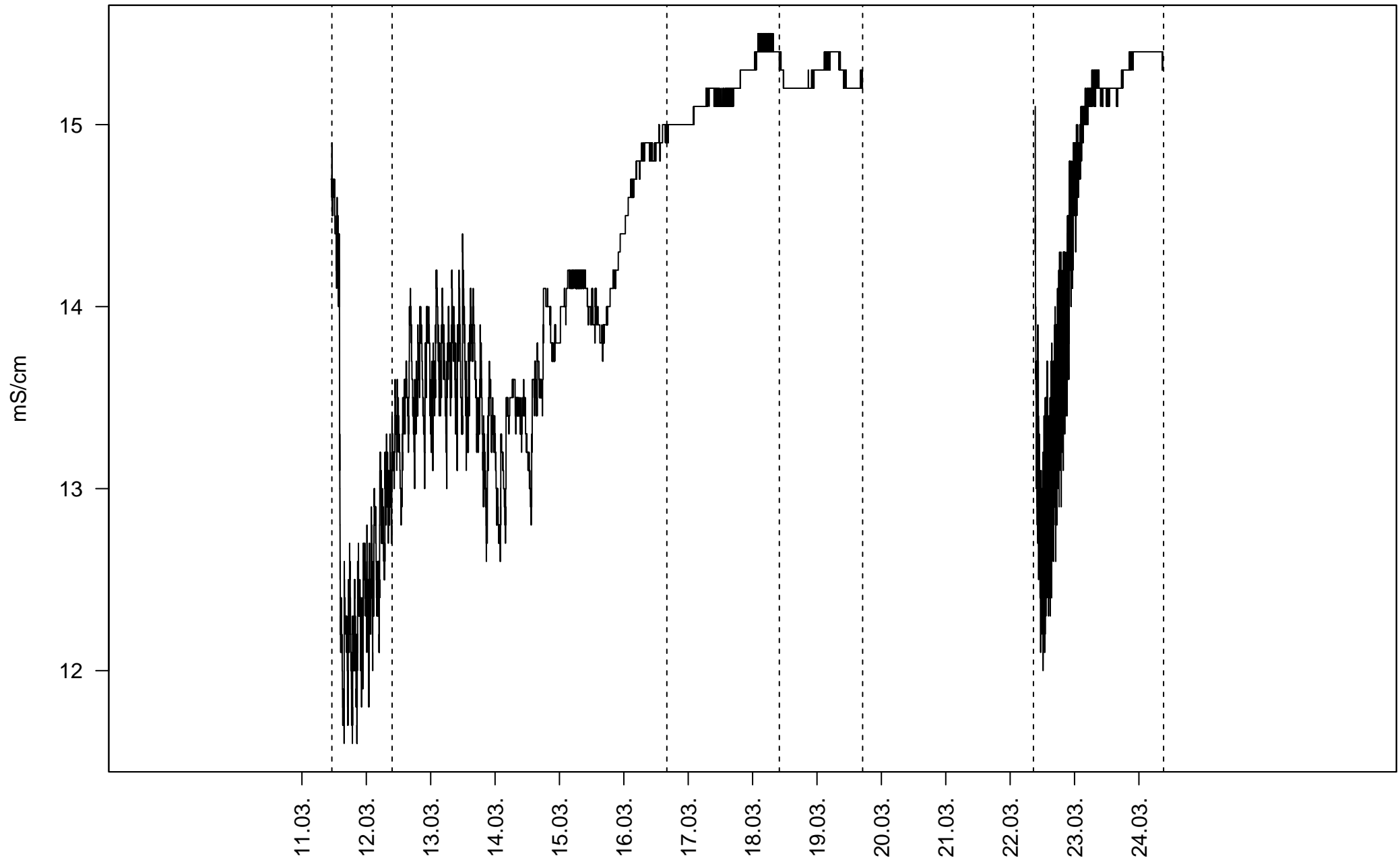
SCHACHT_D - Grundwasserstand



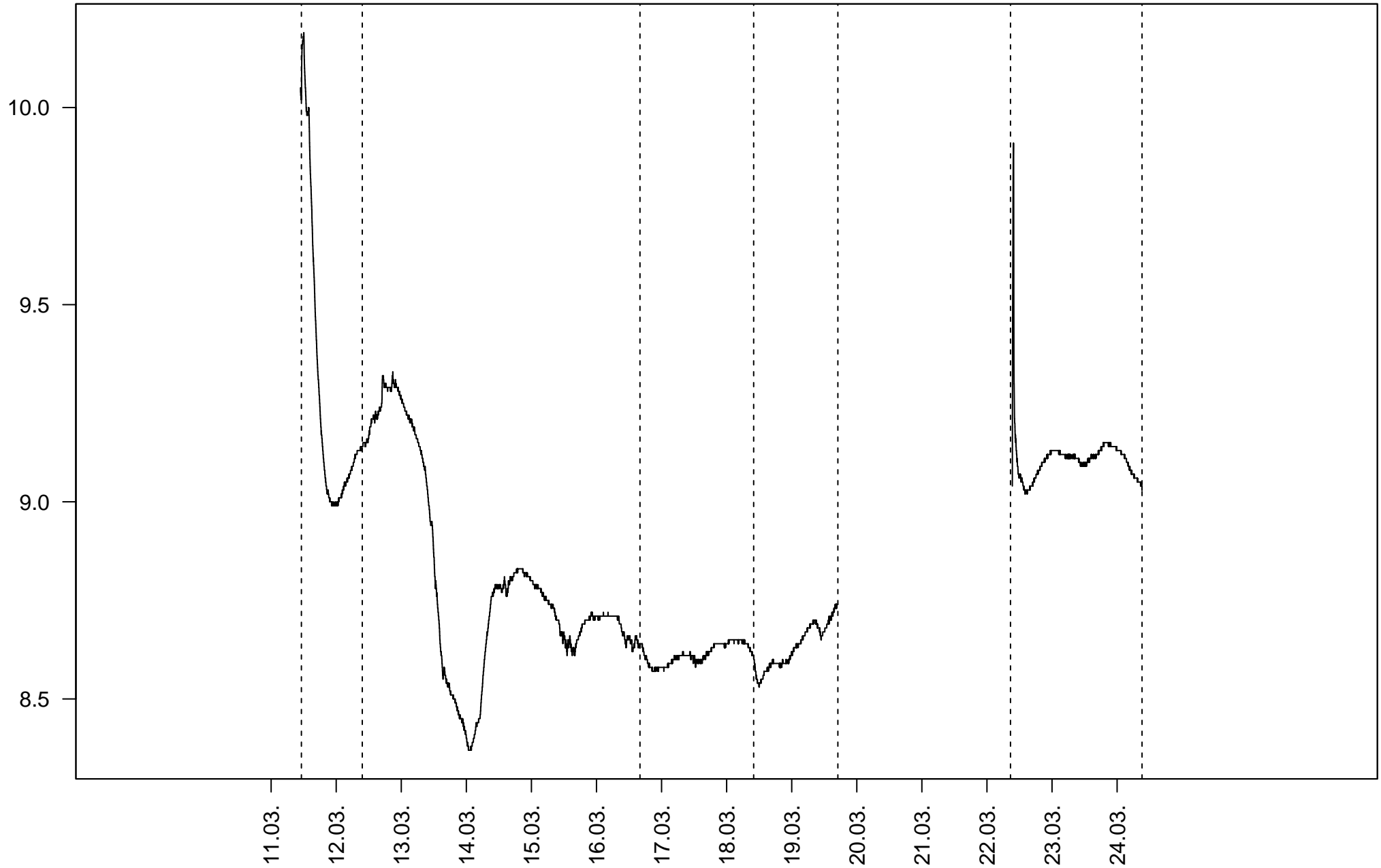
SCHACHT_D – Wassertemperatur in der Messstelle



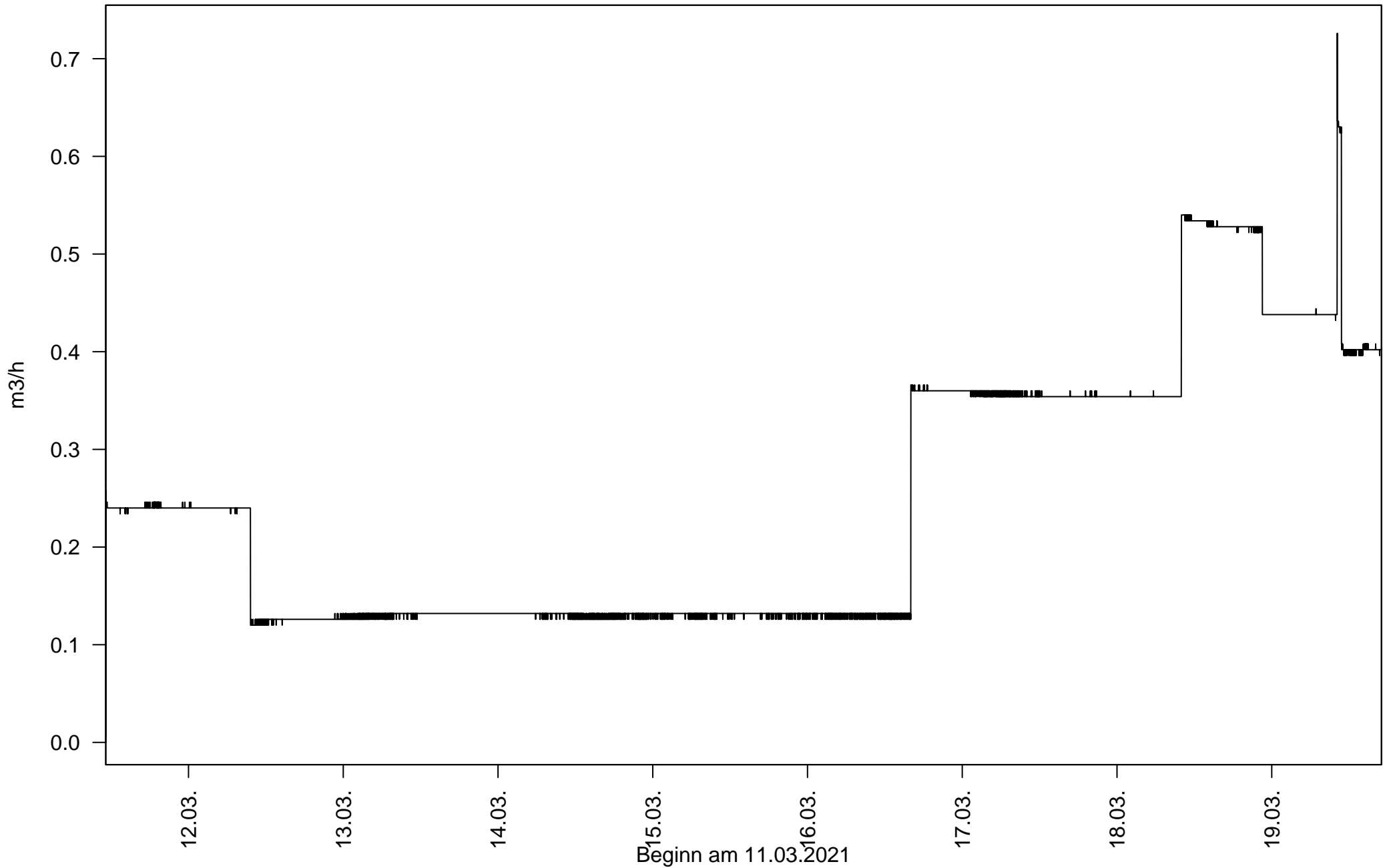
SCHACHT_D – Elektrische Leitfähigkeit



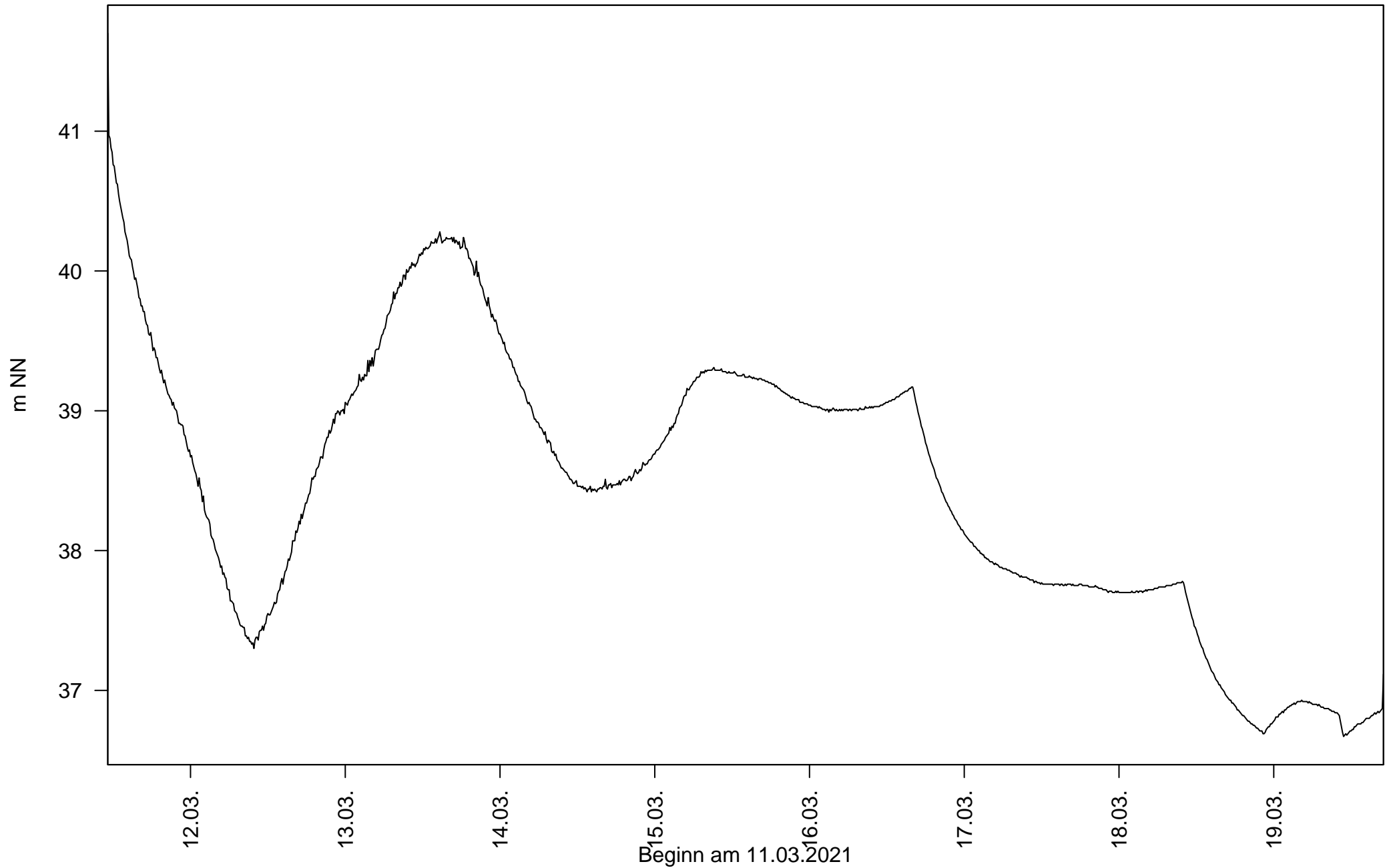
SCHACHT_D – pH-Wert



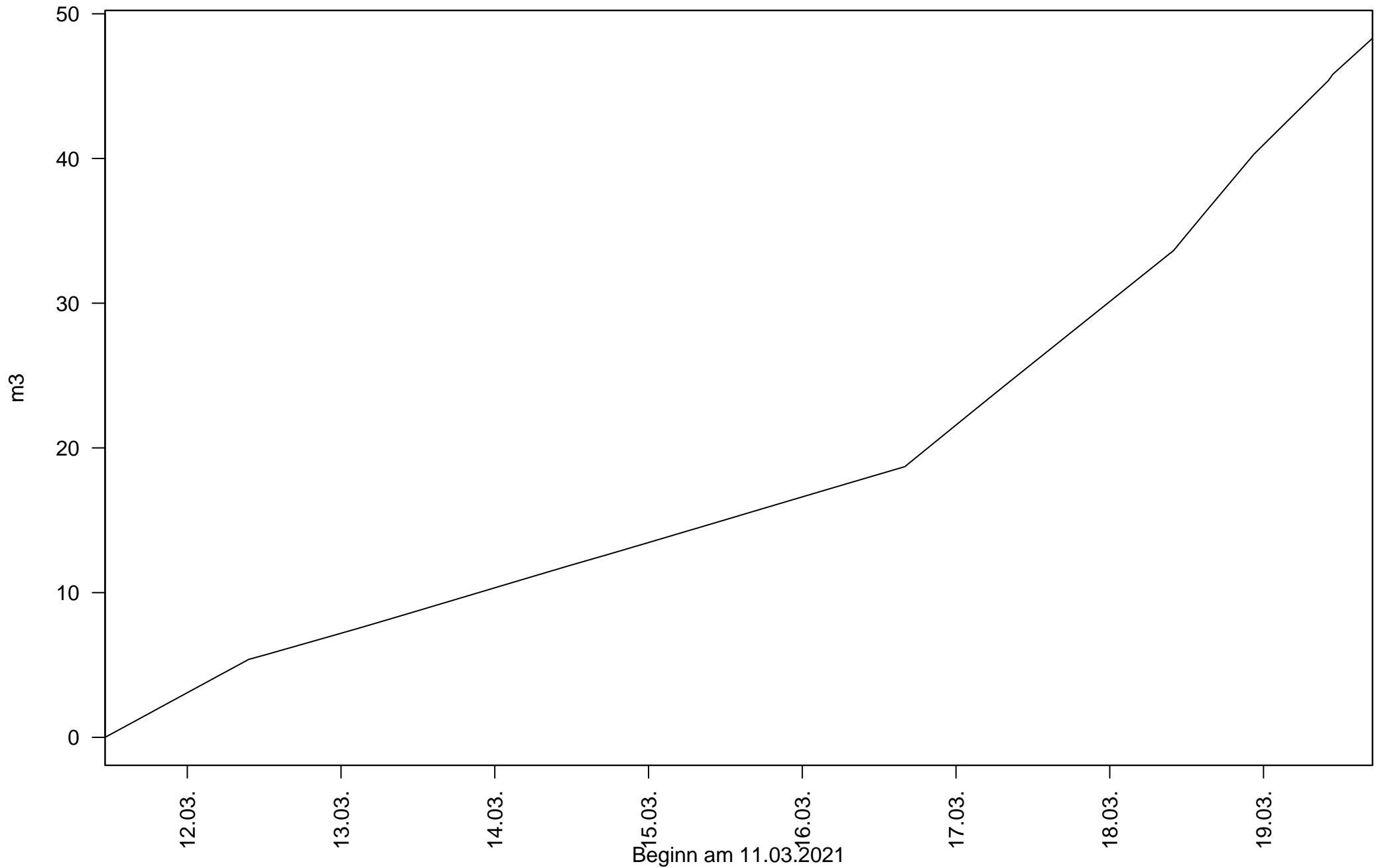
SCHACHT_D – Pumpstufen 1 bis 4 – Förderrate



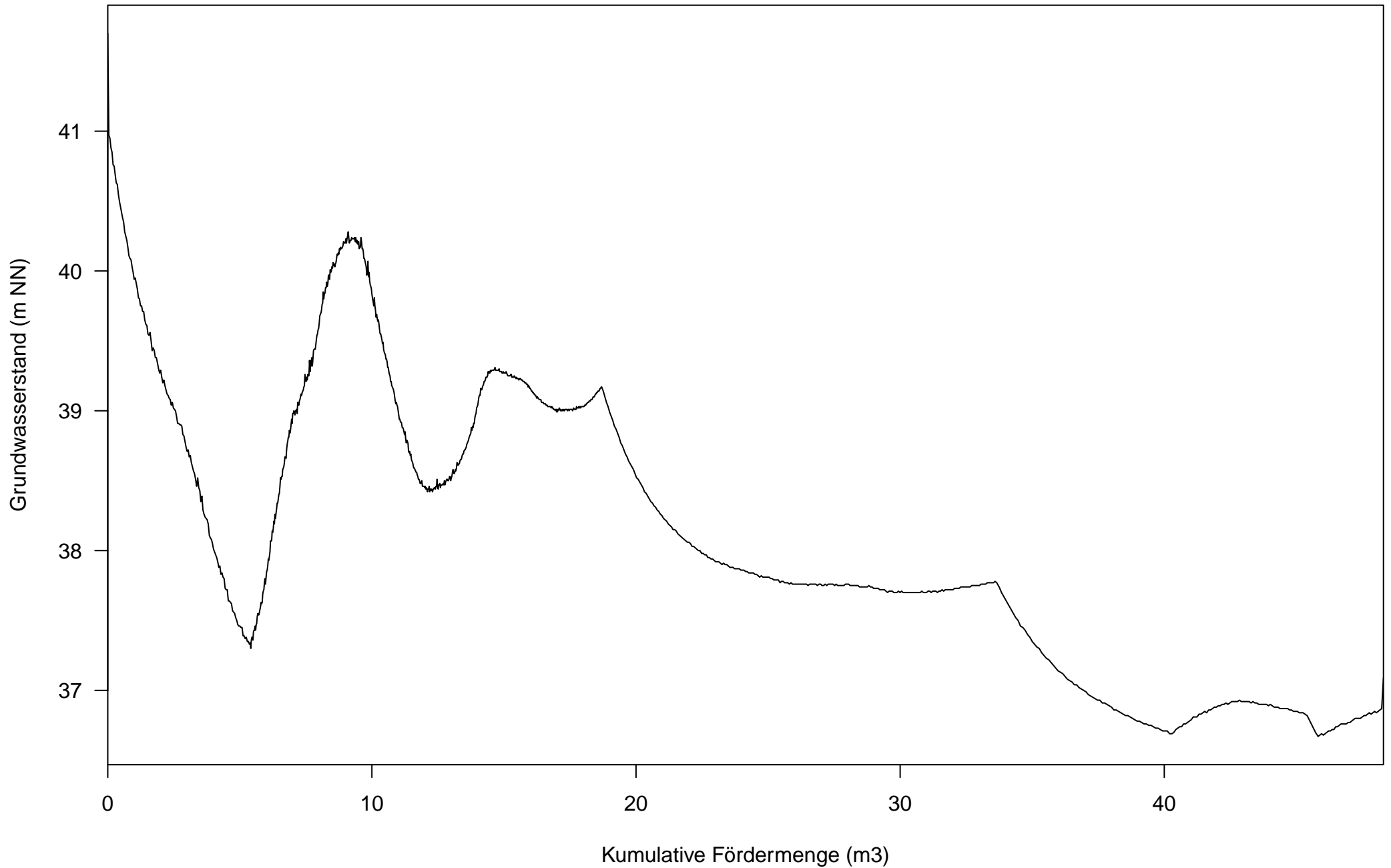
SCHACHT_D – Pumpstufen 1 bis 4 – Grundwasserstand



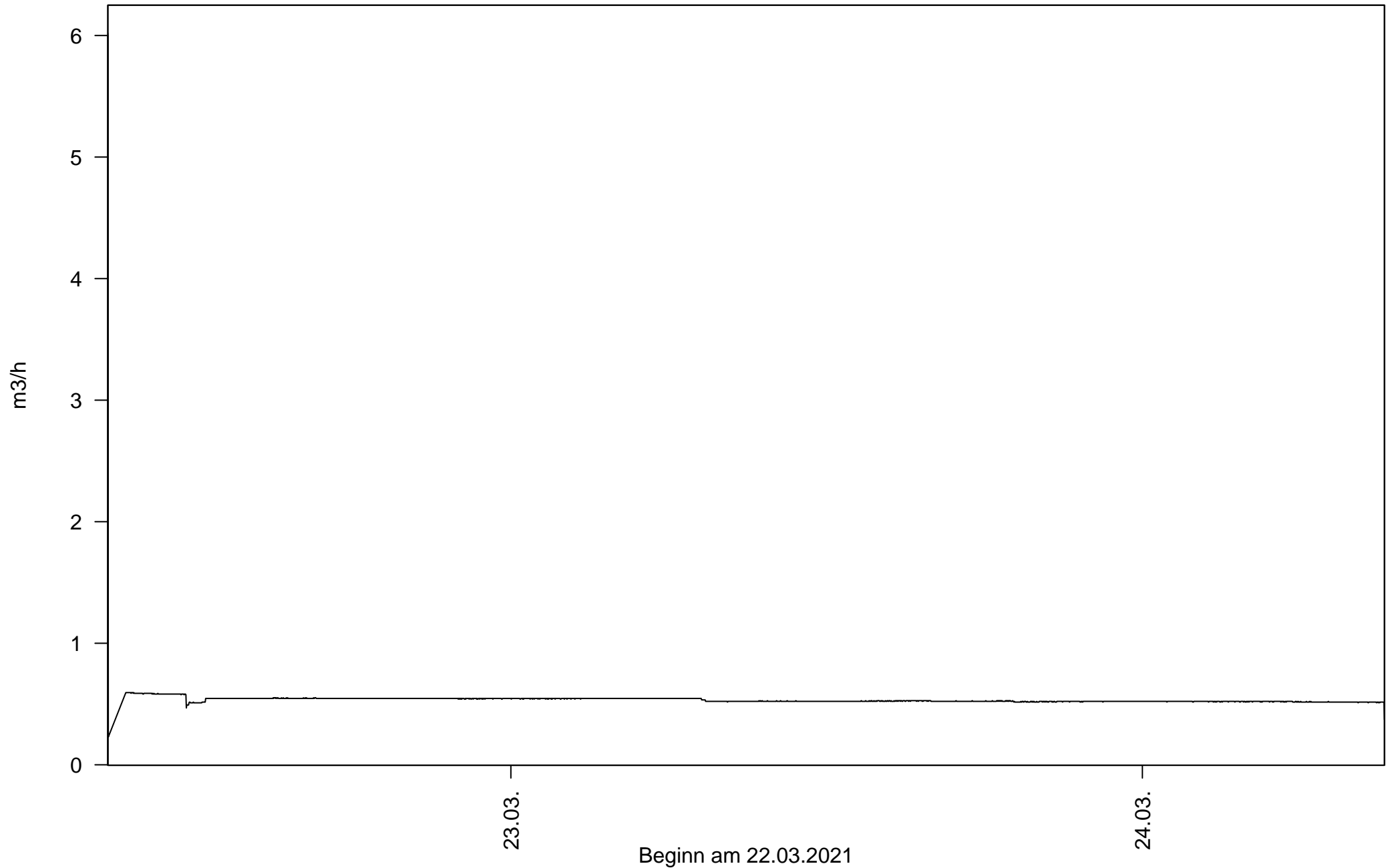
SCHACHT_D – Pumpstufen 1 bis 4 – Kumulative Fördermenge



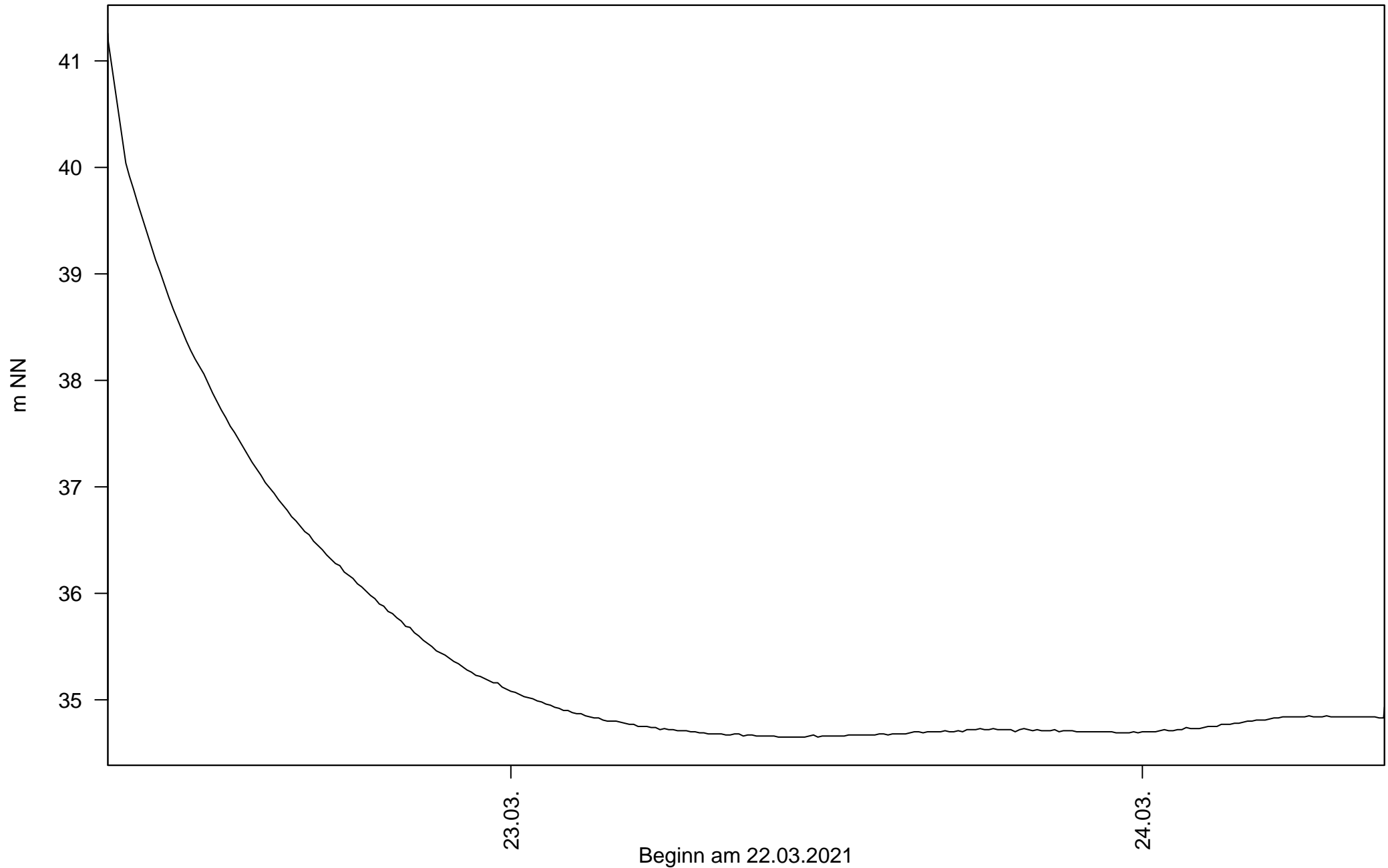
SCHACHT_D – Pumpstufen 1 bis 4 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



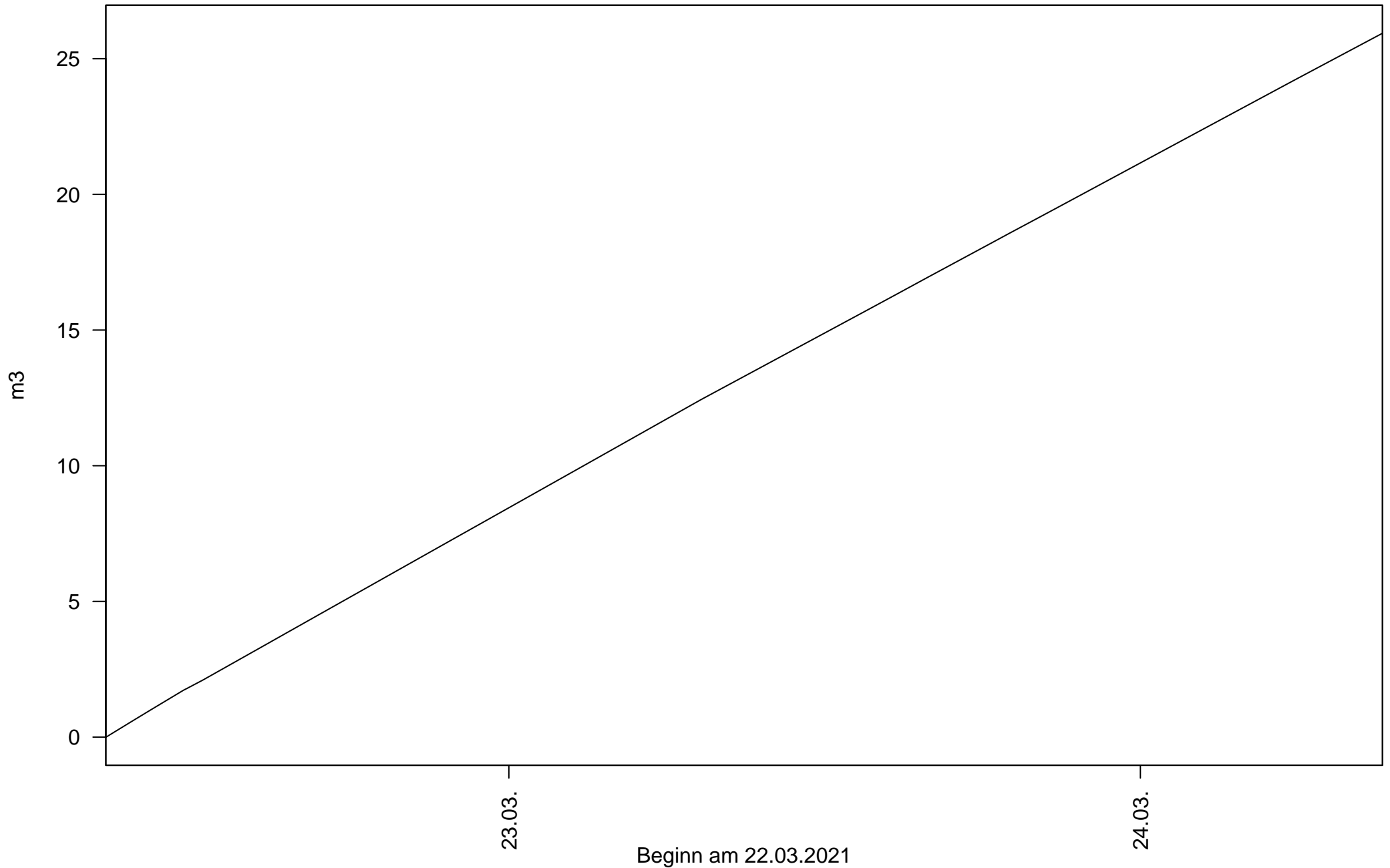
SCHACHT_D – Fortsetzung Pumpstufe 4 – Förderrate



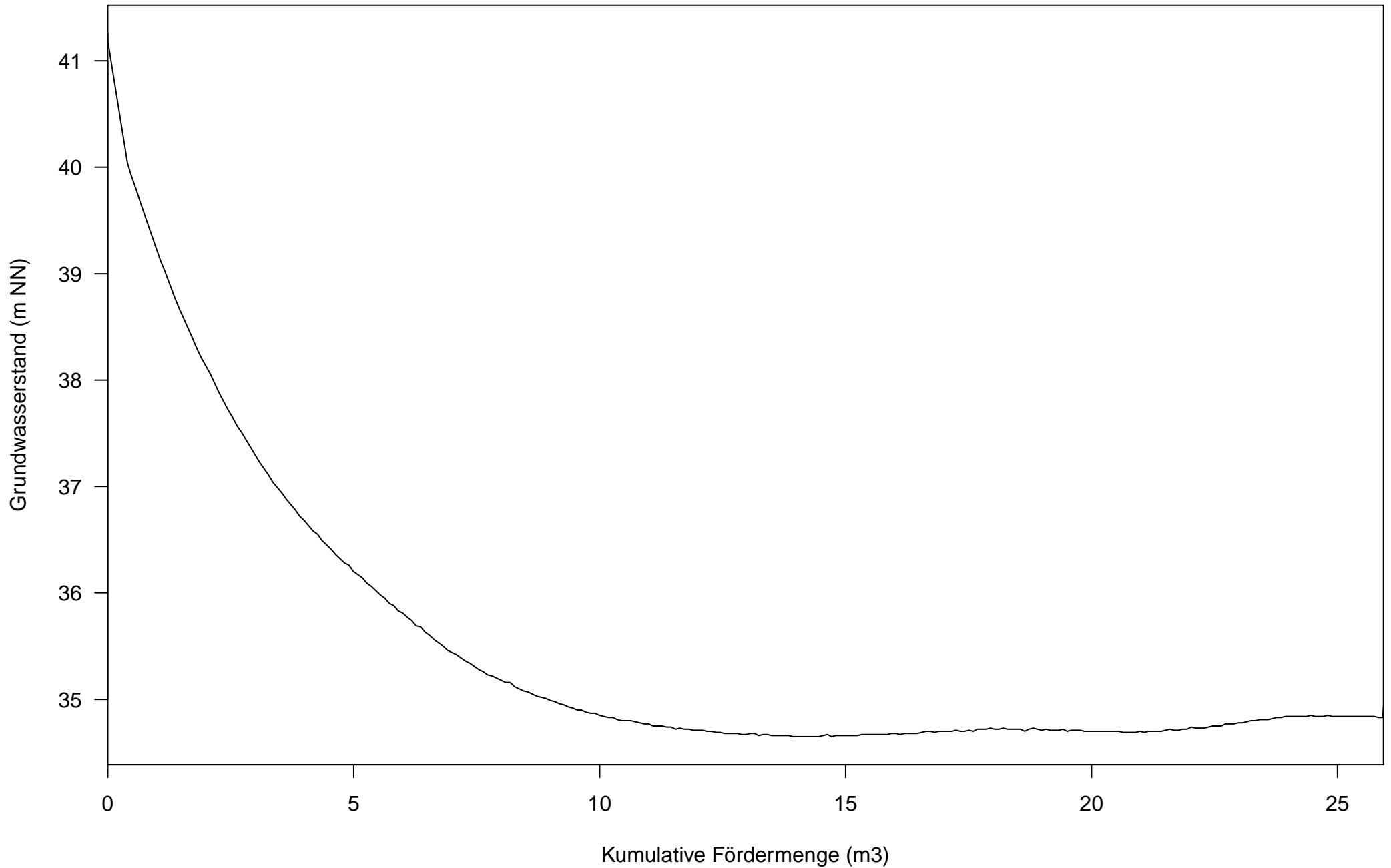
SCHACHT_D – Fortsetzung Pumpstufe 4 – Grundwasserstand



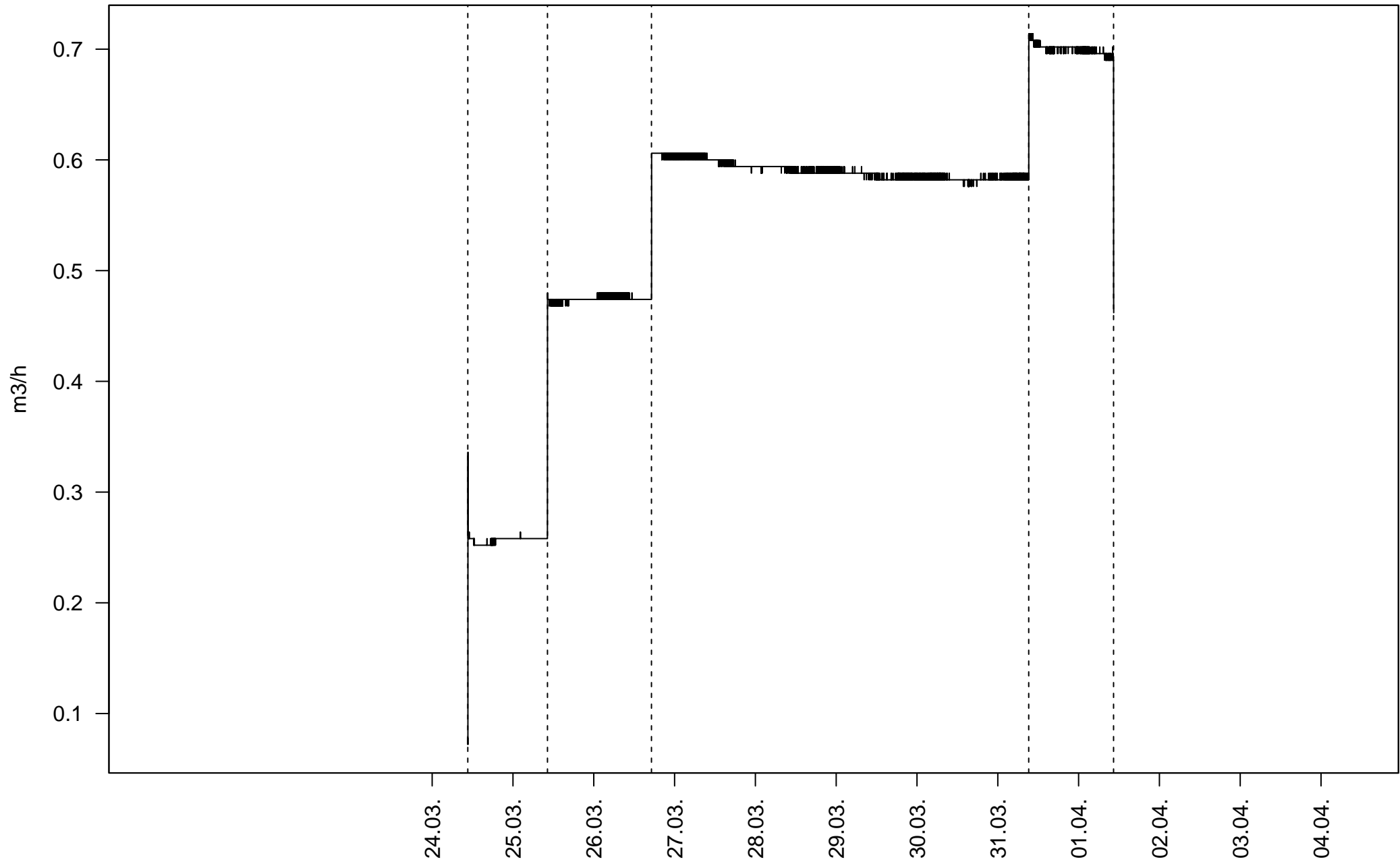
SCHACHT_D – Fortsetzung Pumpstufe 4 – Kumulative Fördermenge



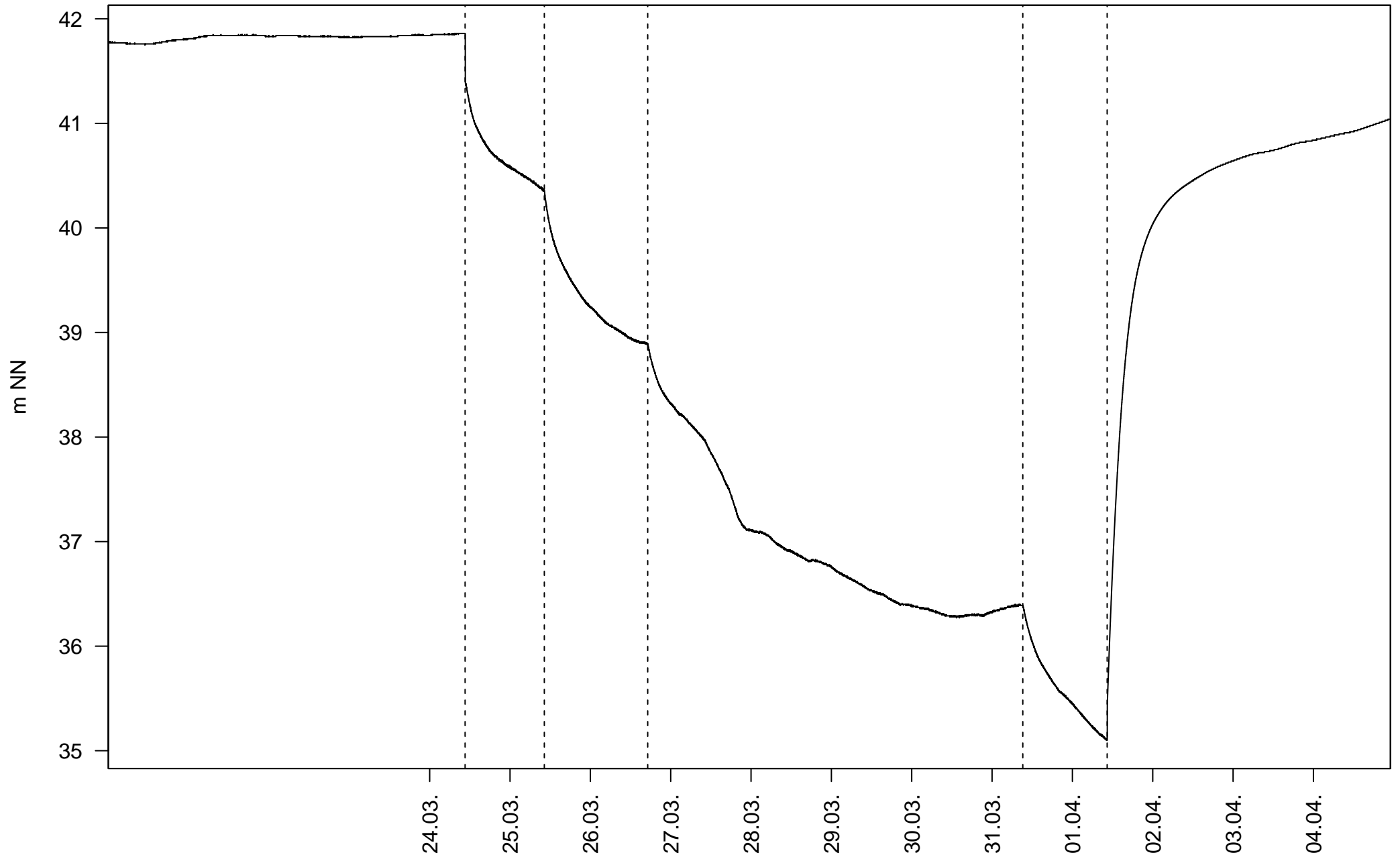
SCHACHT_D – Fortsetzung Pumpstufe 4 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



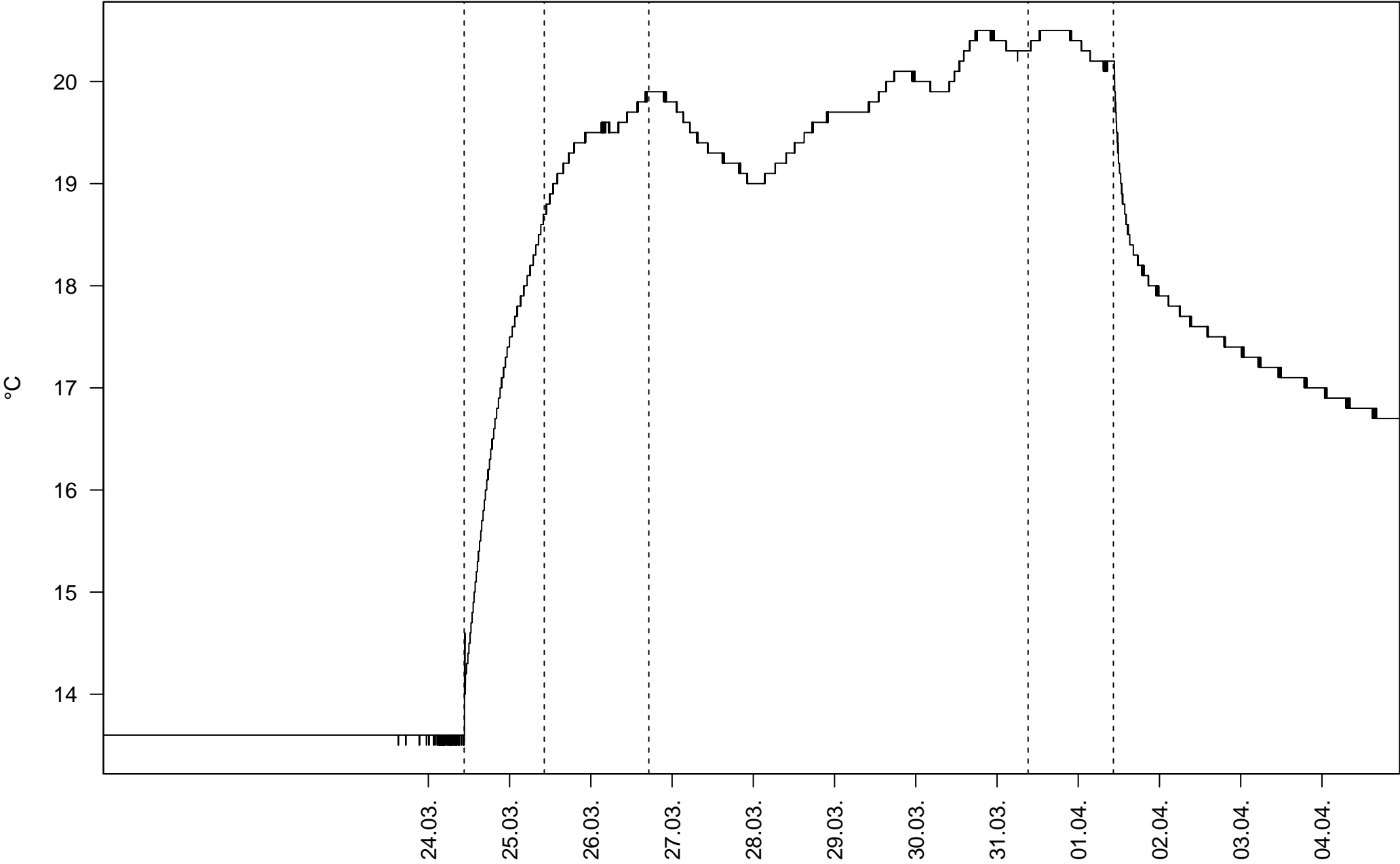
SCHACHT_E – Förderrate



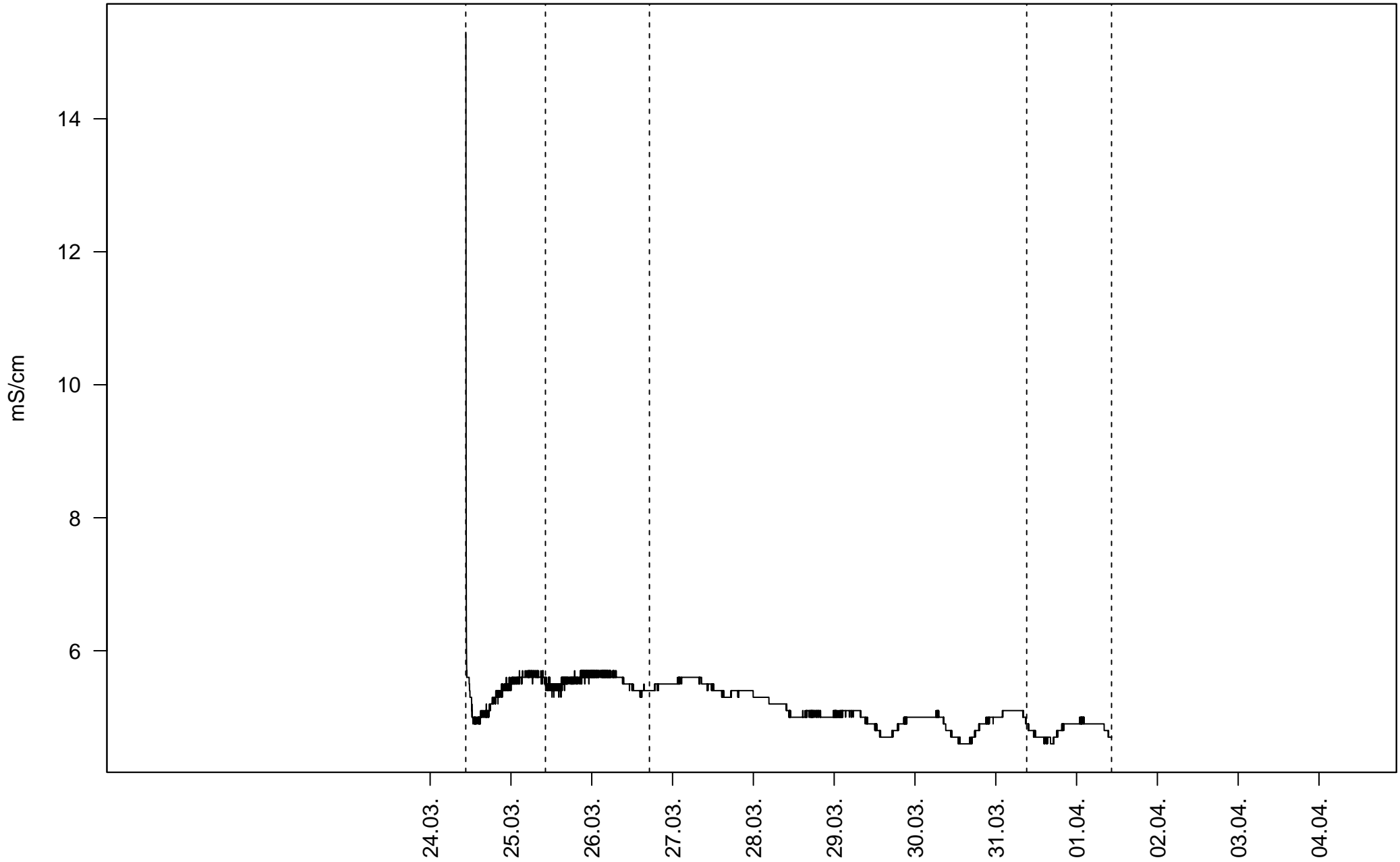
SCHACHT_E - Grundwasserstand



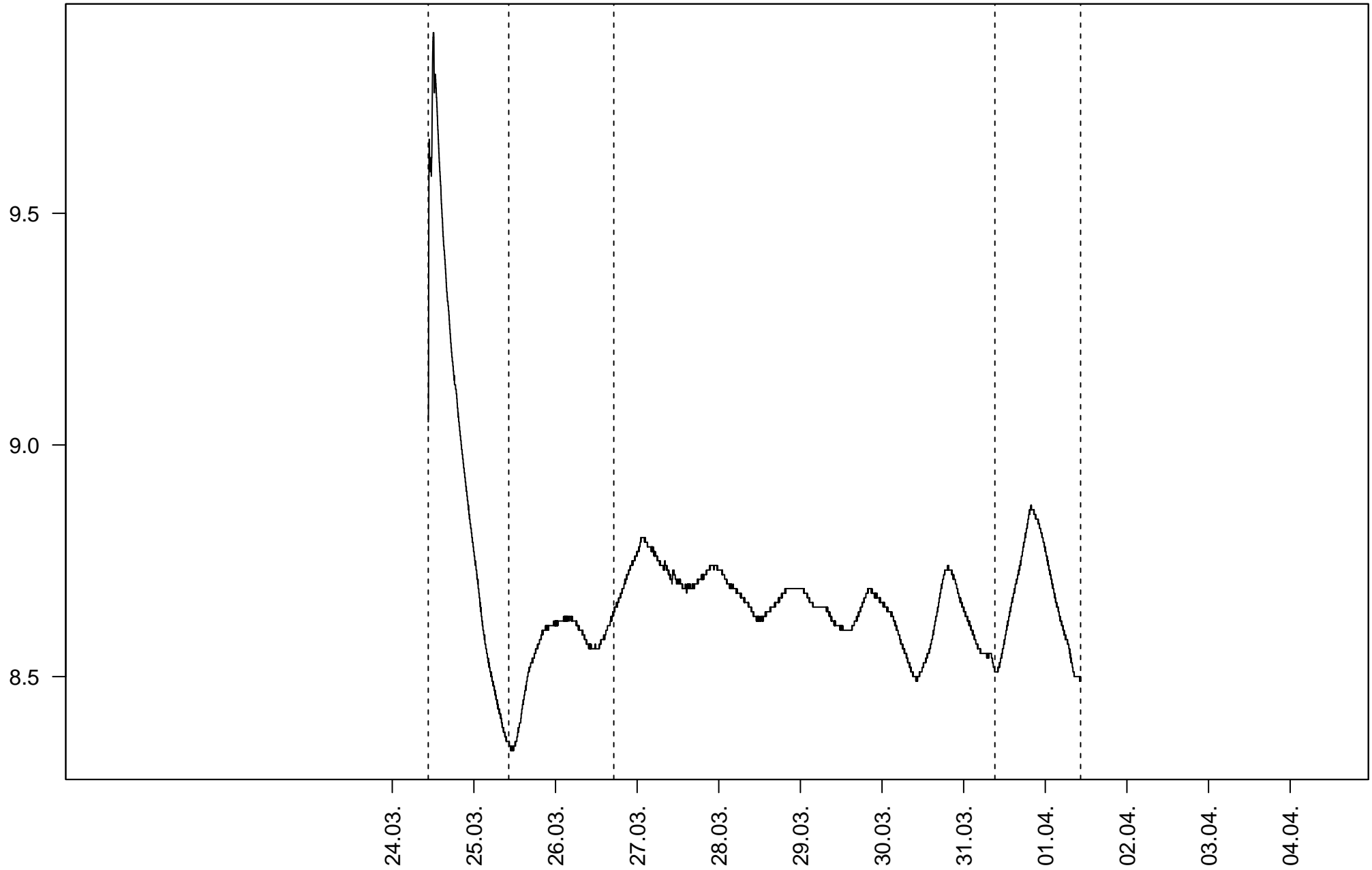
SCHACHT_E - Wassertemperatur in der Messstelle



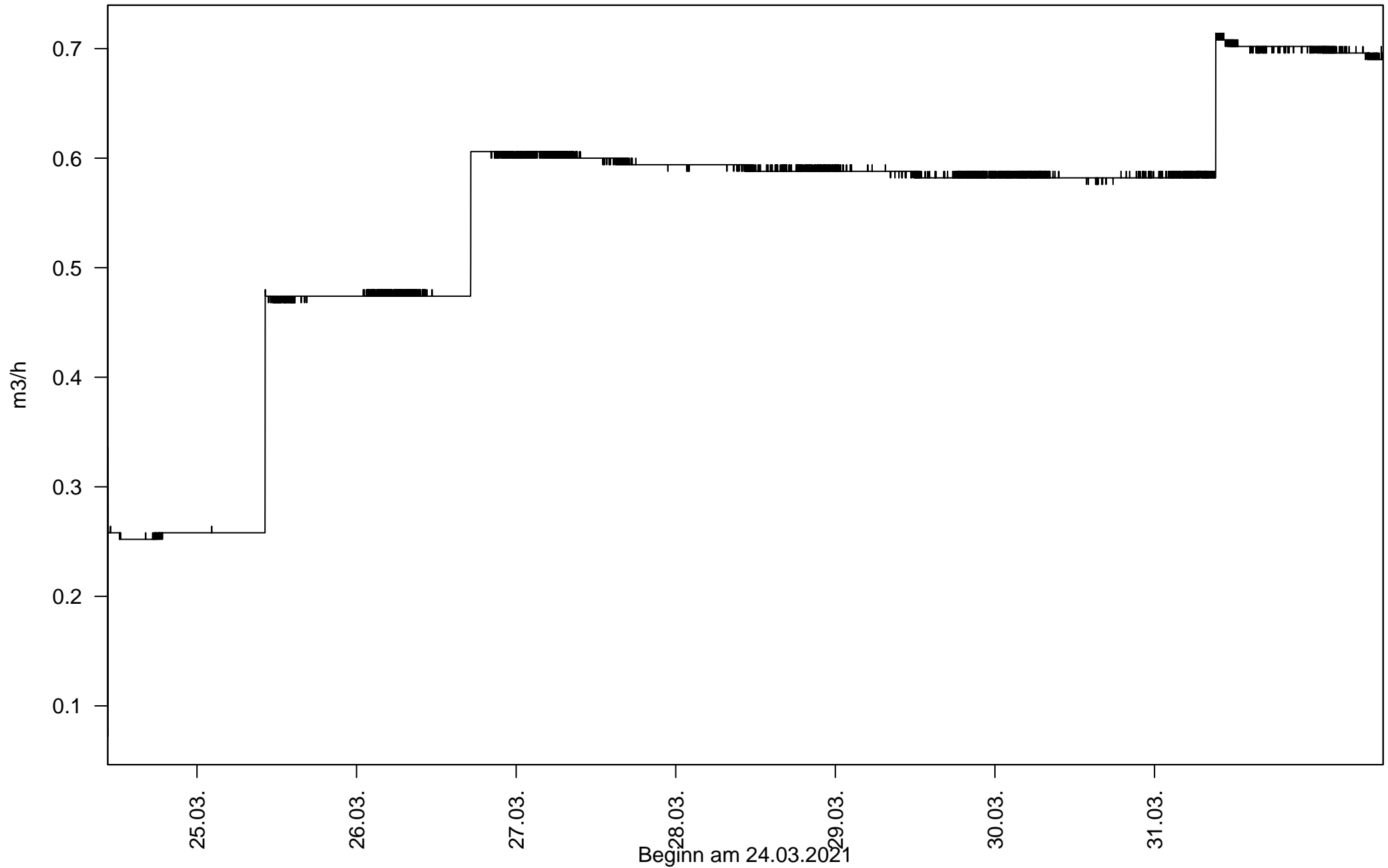
SCHACHT_E – Elektrische Leitfähigkeit



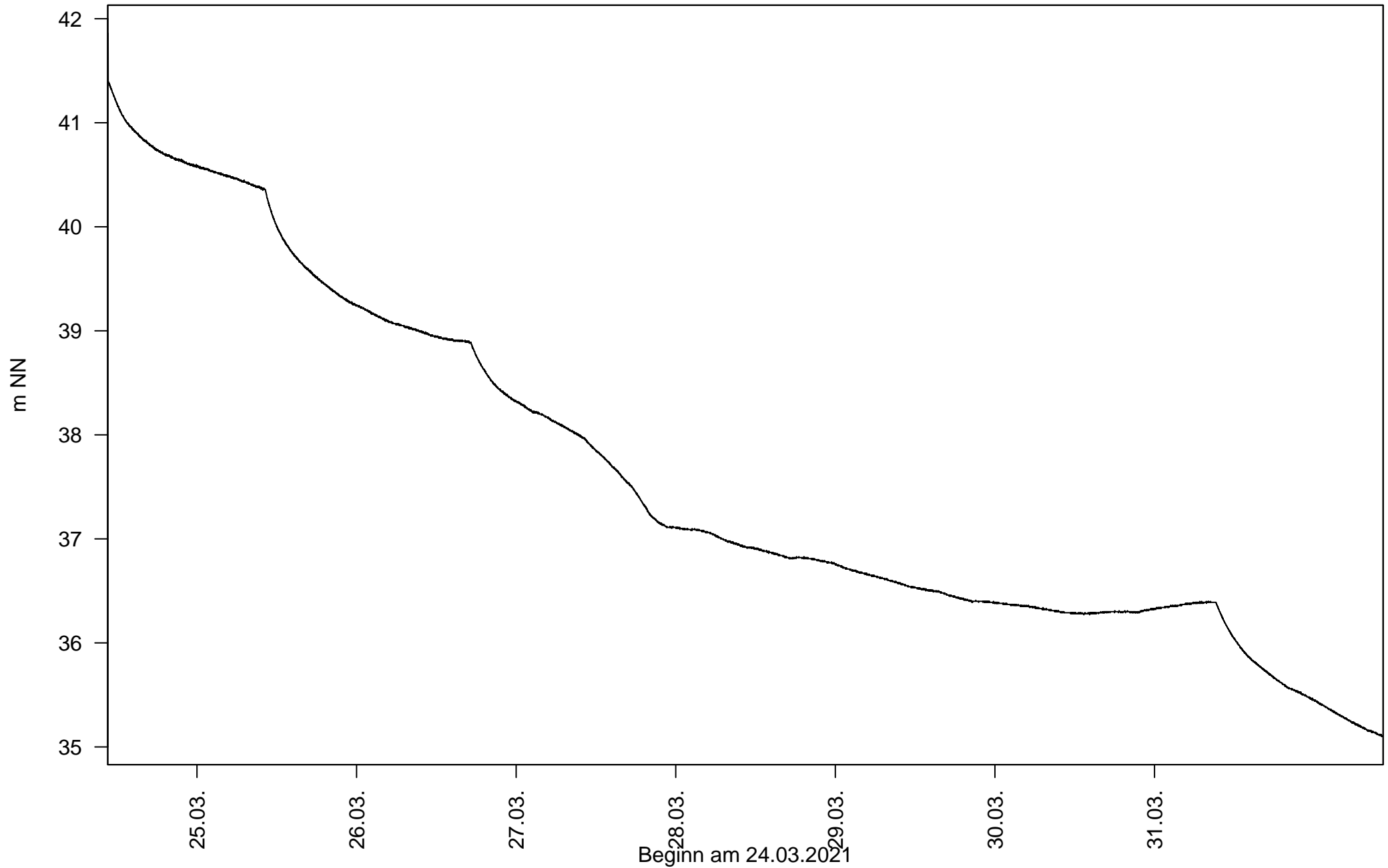
SCHACHT_E – pH-Wert



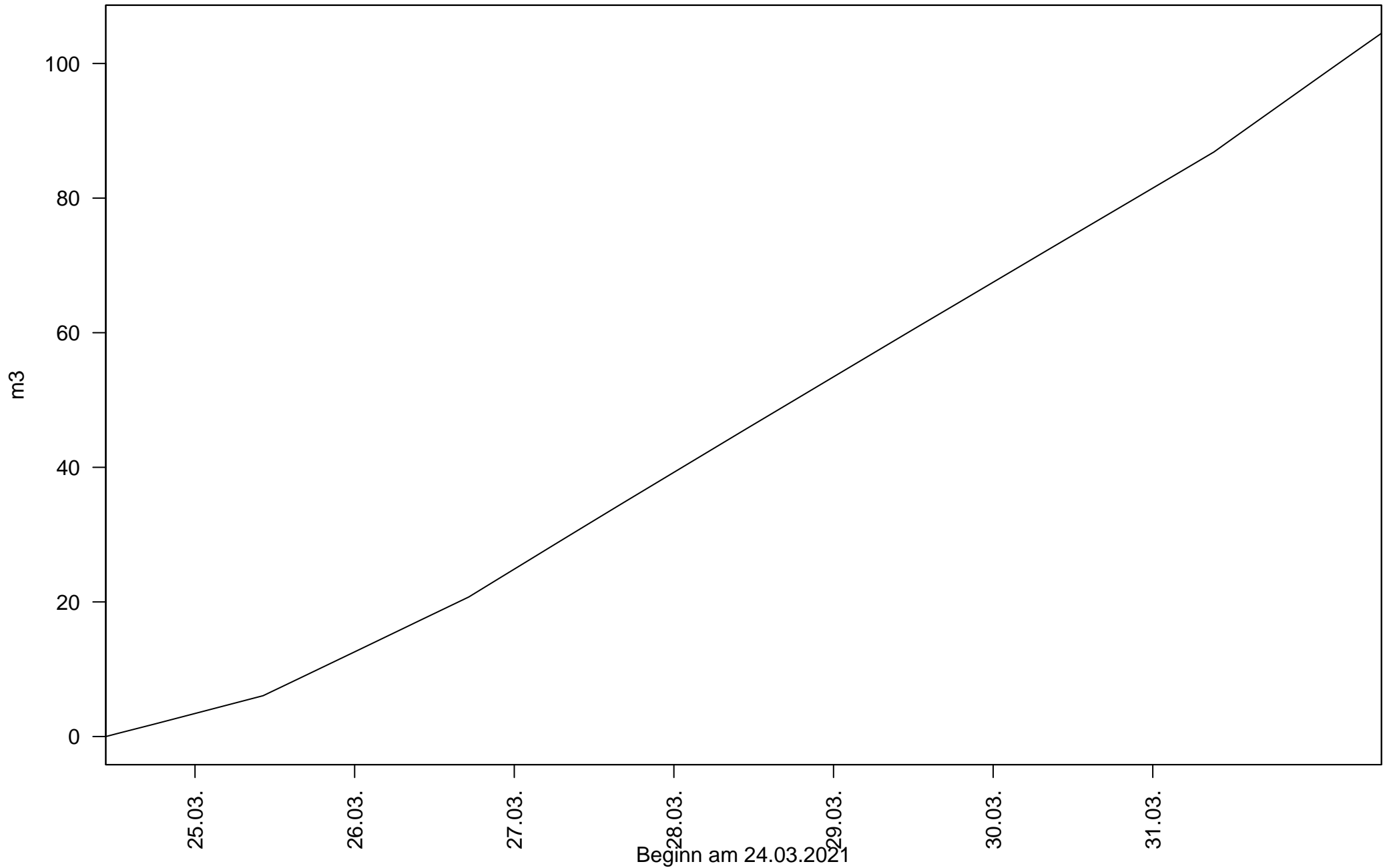
SCHACHT_E – Pumpstufen 1 bis 4 – Förderrate



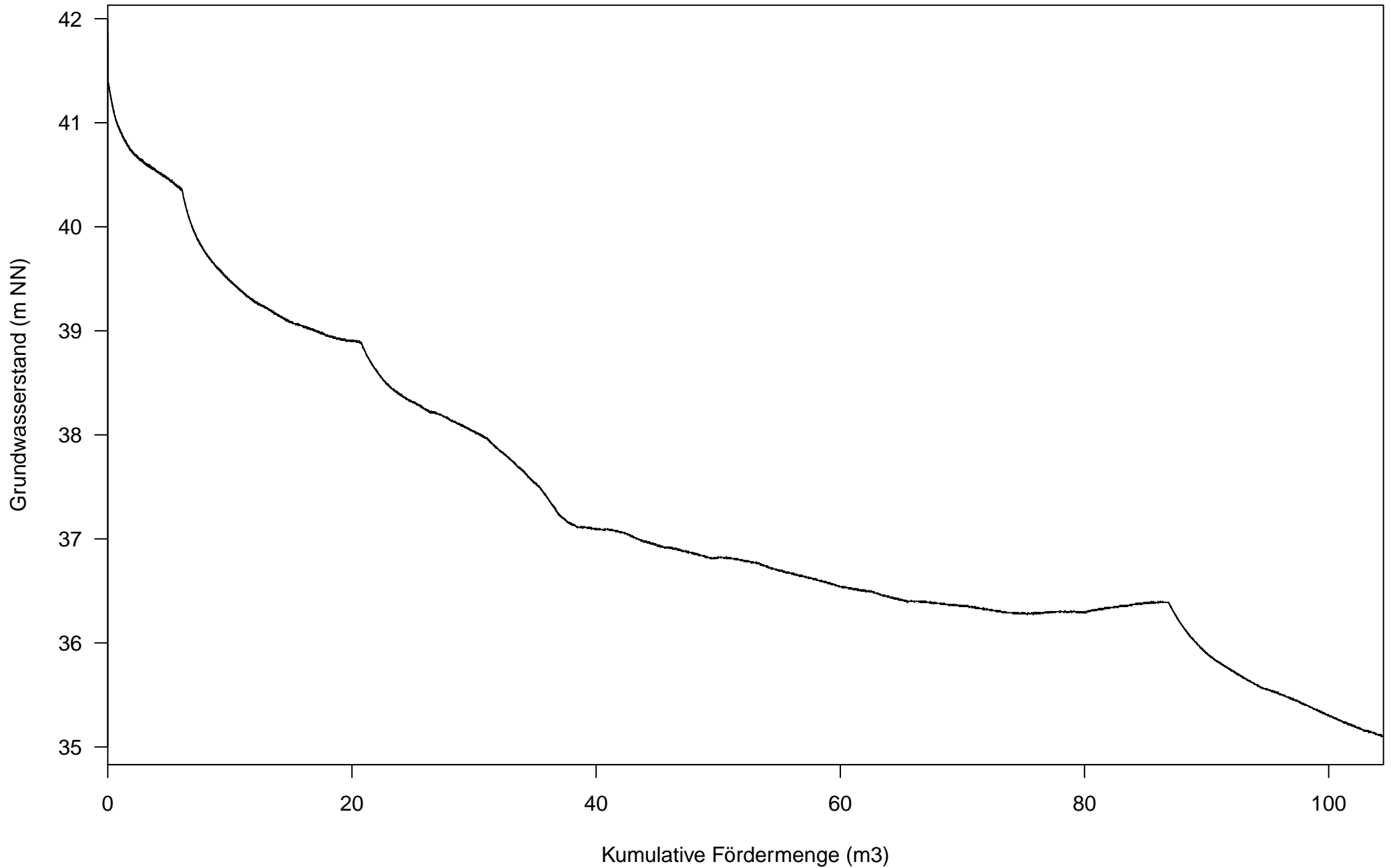
SCHACHT_E - Pumpstufen 1 bis 4 - Grundwasserstand



SCHACHT_E – Pumpstufen 1 bis 4 – Kumulative Fördermenge



SCHACHT_E – Pumpstufen 1 bis 4 – Grundwasserstand vs. kumulative Fördermenge



Dokumentation 6:
Reichweitenberechnungen (1 Seite)

Berechnung der Reichweiten nach KUSSAKIN und SICHARDT

	Mittlere Durchlässigkeit [m/s]	Mächtigkeit m [m]	Absenkung s [m]	Reichweite Kussakin (1935) [m]	Reichweite Sichardt (1928) [m]
				$575 * s * \sqrt{kf * m}$	$3000 * s * \sqrt{kf}$
B4	1,54E-06	11	6,19	14,6	23,0
B5	1,77E-05	5	0,5	2,7	6,3
Schacht A	1,11E-05	5	1,34	5,7	13,4
Schacht B	5,21E-06	12	3,42	15,5	23,4
Schacht C	7,72E-07	11	4,95	8,3	13,1
Schacht D	3,11E-06	8	7,06	20,3	37,4
Schacht E	4,02E-06	8	6,73	21,9	40,5

Anlage 3:
Bericht zur Untersuchung von Bodenluftproben
(IFUA-Projekt-GmbH)
(185 Seiten)

Projekttitel:

**Verfüllung *Mühlenberg* in
Schermbeck-Hünxe**
**Untersuchung von Bodenluftproben
4. und 5. Messkampagne**
Probennahme: April und Juli 2022

Auftraggeber:

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenallee 1
46569 Hünxe

Bearbeitung:

Petra Günther (Dipl.-Biol.)
Dr. Dietmar Barkowski (Dipl.-Chem.)

Projekt-Nr.:

P 218108

Datum:

Dezember 2022

Geschäftsführung:

Dr. Thomas Jurkschat, Dipl.-Geologe
Dr. Lutz Makowsky, Dipl.-Geograph

Sachverständige nach § 18 BBodSchG:

Dr. Dietmar Barkowski (Dipl.-Chem.)
Sachverständiger nach BBodSchG §18, Sachgebiete 2, 4 und 5
Petra Günther (Dipl.-Biol.)
Sachverständige nach BBodSchG §18, Sachgebiete 3 und 4
Dr. Lutz Makowsky (Dipl.-Geogr.)
Sachverständiger nach BBodSchG §18, Sachgebiet 2

Handelsregister: HRB 34221 Amtsgericht Bielefeld

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung und Hintergrund _____	1
2.	Methodisches Vorgehen _____	5
3.	Ergebnisse der Untersuchungen _____	7
4.	Fazit und Empfehlungen _____	24

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Endteufen und Ausbautiefen der neu errichteten Bodenluftmessstellen _____	5
Tabelle 2:	Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben _____	7
Tabelle 3:	Gegenüberstellung der Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen 2021/2022 und 2015 sowie Luft aus Lembergboxen 2021 _____	20

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1:	Lageplan Bodenluftmessstellen
Anlage 2:	Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse Bodenluftmessstellen 2.1 Messstellen BL 1 bis BL 21 2.2 Messstellen BL 5/1, BL 14/1, BL 19/1, BL 21/1, BL 22/1
Anlage 3:	Probennahmeprotokolle Bodenluft
Anlage 4:	Prüfberichte (SGS Institut Fresenius GmbH): Probennahme April 2022: 4.1 Permanentgase / Wasserstoff 4.2 BTEX und LHKW
Anlage 5:	Prüfberichte (SGS Institut Fresenius GmbH): Probennahme Juli 2022: 5.1 Permanentgase / Wasserstoff 5.2 BTEX und LHKW
Anlage 6:	Ganglinien Methan / Sauerstoff

1. Veranlassung und Hintergrund

Die Firma Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG hat in den Gemeinden Hünxe und Schermbeck, Gemarkung Gahlen sowie Gartrop-Bühl, die Tonabgrabung *Mühlenberg* betrieben.

Nach Beendigung der Tonabgrabung wurde mit der Wiederverfüllung der ausgetonten Flächen begonnen, die mittlerweile abgeschlossen ist. Gemäß Genehmigung des Kreises Wesel war die Ablagerung mineralischer Abfälle, wie z.B. Flugaschen, Schlacken, Bauschutt, Böden und Mineralien erlaubt.

Zwischen April 2010 und November 2013 wurden bei der Wiederverfüllung *Mühlenberg-Süd* nachweislich der Ermittlungen der Staatsanwaltschaft Bochum illegal ca. 25.000 t Ölpellets und mindestens ca. 27.000 t Kronocarb abgelagert.

In diesem Zusammenhang erfolgten beginnend in 2014 und bis heute andauernd umfangreiche Untersuchungen zur Klärung der Relevanz der abgelagerten Pellets unter anderem mit Blick auf die Wirkungspfade Boden-Grundwasser und Bodenluft-Außenluft-Mensch.

Mit dem Ziel einer zusammenfassenden Evaluierung vorliegender Daten, Ergebnisse und Entscheidungen beauftragte das nordrhein-westfälische Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV) das Gutachterbüro Dr. Kerth und Lampe Geo-Infometric GmbH, Detmold, welches in Zusammenarbeit mit der ICP Braunschweig GmbH im Oktober 2020 den Abschlussbericht vorlegte¹. In diesem Bericht wurde zu unterschiedlichen Themen auf das Erfordernis ergänzender Untersuchungen geschlossen, die in einer eigens hierzu gebildeten und unter Leitung des MULNV tagenden Koordinierungsgruppe inhaltlich und zeitlich abgestimmt wurden.

Einer dieser Aspekte betrifft das Thema Bodenluft, da aussagekräftige Untersuchungsergebnisse zu deren stofflicher Charakterisierung bislang nicht vorlagen.

¹ Dr. Kerth + Lampe GmbH / ICP Braunschweig GmbH: Evaluierung der vorliegenden Daten, Ergebnisse und Entscheidungen zur Verfüllung Mühlenberg (Schermbeck / Hünxe) aufgrund der illegalen Einlagerung von Ölpellets – Abschlussbericht. Detmold / Braunschweig, 07.10.2020.

Von der Errichtung von 22 bis unterhalb der mineralischen Dichtungsschicht reichenden und im Verfüllmaterial verfilterten Bodenluftmessstellen sowie den Ergebnissen dreier Untersuchungskampagnen wurde in den Gutachten vom 17.08.2021², 07.12.2021³ und 09.03.2022⁴ und berichtet.

Zusammenfassend wurde bis dahin der folgende Kenntnisstand erreicht:

- Die Probenahmen erfolgten im Juli und September 2021, wobei jeweils zwei Messstellen (BL 5 und BL 21) nicht beprobt werden konnten, weil die Filter verstopft bzw. mit Wasser gefüllt waren.
- Während im Zuge der 1. Messkampagne in mehr als der Hälfte der beprobten Messstellen Methan (1-58 Vol.-%) in Gehalten angetroffen wurde, die zunächst auf andauernde mikrobiologische Umsetzungen unter anaeroben Bedingungen in weiten Teilen der Verfüllung schließen ließen, war dies in der 2. Messkampagne nicht in dem Maße der Fall. Vielmehr wurden auffällige Gehalte an Methan nur noch in drei Messstellen (BL 8, BL 15, BL 19) nachgewiesen mit einem Maximalwert von 24 Vol%. Insgesamt stellte sich der Datensatz deutlich heterogener dar, und es war kein Trend zu erkennen, dass die in der 1. Kampagne mit auffälligen Gehalten erkannten Messstellen auch in der 2. Messreihe vergleichsweise auffällig waren und vice versa.

Zwar ist festzustellen, dass - zusammen mit bereits seit geraumer Zeit vorliegenden Hinweisen in Schürfen und Bohrungen in Bezug auf den Einbau von Abfällen organischen Ursprungs sowie hohen CSB- und BSB₅-Werten im Sickerwasser - auf einen Verfüllkörper mit relevanten Anteilen an organischer Substanz geschlossen werden kann. Allerdings war mit erreichtem Kenntnisstand auf ein eher geringes Gasbildungspotential zu schließen.

- Auch in den im Juli und September 2021 jeweils zeitparallel gewonnenen Luftproben aus Lembergboxen wurde kein Methan nachgewiesen, was als Hinweis auf geringe Migrationsprozesse aus der Verfüllung über die mineralische Dichtungsschicht bis in die Außenluft gedeutet werden kann. Daraufhin wurde das Monitoringprogramm „Lembergboxen“ im Herbst 2021 beendet.

² IFUA-Projekt-GmbH: Verfüllung Mühlenberg in Schermbeck-Hünxe – Untersuchung von Bodenluftproben. Probennahme: Juli 2021. Bielefeld, den 17.08.2021

³ IFUA-Projekt-GmbH: Verfüllung Mühlenberg in Schermbeck-Hünxe - Untersuchung von Bodenluftproben. 2. Messkampagne - Probennahme: September 2021. Bielefeld, den 07.12.2021

⁴ IFUA-Projekt-GmbH: Verfüllung Mühlenberg in Schermbeck-Hünxe - Untersuchung von Bodenluftproben. 3. Messkampagne - Probennahme: Januar 2022. Bielefeld, den 09.03.2022

- Die in BL 12 (6,6 Vol.-% / 3,2 Vol. % / 3,3 Vol. %) vergleichsweise auffälligen Gehalte an **Wasserstoff** können ursächlich entweder aus der Umsetzung von metallischem Aluminium stammen (z.B. aus Verbundmaterialien in MVA-Schlacke), und / oder er resultiert aus der Umsetzung organischer Substanz,
- Die Konzentrationen an **Stickstoff** und **Sauerstoff** belegten insbesondere für die 2. Messkampagne einen hohen Luftanteil in der Bodenluft, was zum einen als Hinweis auf eine abklingende Methanphase und damit einhergehend einer Rest- oder Schwachgasbildung zu werten ist, was auch durch die geringen Überdrücke im Ablagerungskörper gegenüber der Atmosphäre unterstützt wird. Bei höherer Methanbildungsrate und - wie hier gegeben - bei Unterbindung oder Behinderung der großflächigen Gasemission über die Oberfläche durch Abdeckung und mineralische Abdichtung wären deutlich höhere Eigen drücke des Deponiegases zu erwarten als die ermittelten maximal 2,8 hPa bzw. 4,0 hPa (= 2,8 mbar bzw. 4,0 mbar).

Möglich erschien zum anderen aber auch die Interpretation der Daten in der Form, dass insbesondere die in der 2. Messreihe ermittelten Daten auf ein gewisses Versagen der Tonabdichtung der Messstellen hindeuteten, wodurch der Anteil an angesaugter Atmosphärenluft im Vergleich zur ersten Messkampagne größer geworden sein mag. Dieser Aspekt war bei der Bewertung der im Januar 2022 gewonnenen Daten zu beachten und führte zu dem Ergebnis, dass zur weiteren Klärung des Sachverhaltes benachbart an vier bestehenden Bodenluftmessstellen neue Messstellen fachgerecht zu errichten und im Zuge der ohnehin geplanten 4. Messkampagne zu beproben und zu untersuchen waren (Vereinbarung in der 3. Sitzung der Koordinierungsgruppe am 20.01.2022. Des Weiteren sollten benachbart der bis dato nicht beprobaren Messstellen BL 5 und BL 21 zwei neue Messstellen als Ersatz errichtet werden.

- Schließlich wurde beschlossen, dass die vier Lokationen mit Doppelmessstellen sowie die beiden Ersatzmessstellen im Rahmen einer 5. Messkampagne ergänzend zu beproben waren, um für die neuen Messstellen zwei Datensätze zur Verfügung zu haben.
- Relevante Konzentrationen an LHKW und BTEX wurden in den ersten drei Messkampagnen nicht festgestellt.

Inhalt des hiermit vorgelegten Berichtes sind somit zum einen die Ergebnisse, die im Rahmen der 4. und 5. Messkampagne ermittelt wurden, wobei im April 2022 alle alten und neuen Bodenluftmessstellen sowie im Juli 2022 die sechs Lokationen mit Doppelmessstellen beprobt und untersucht wurden. Des Weiteren werden in der Datendarstellung und Auswertung auch die in den Messkampagnen 1 bis 3 ermittelten Ergebnisse berücksichtigt, so dass dieser Bericht den in Abstimmung mit der Koordinierungsgruppe insgesamt ermittelten Kenntnisstand vollständig umfasst⁵.

Keine Berücksichtigung mehr fanden hingegen die fünf Sickerwasserschächte, weil dort weder im 2. (Schächte offen) noch im 3. Untersuchungsschritt (Schächte provisorisch geschlossen) bewertungsrelevante Daten ermittelt werden konnten.

Im Folgenden wird in Kapitel 2 das methodische Vorgehen bei der 4. und 5. Messkampagne beschrieben, bevor sich Kapitel 3 der Darstellung und Bewertung aller bis dato ermittelten Ergebnisse widmet und der Bericht komplettiert wird durch ein Fazit sowie Empfehlungen zum weiteren Vorgehen in Kapitel 4.

⁵ Dies betrifft allerdings nur die Analysenergebnisse – Informationen zur Gewinnung der Proben sind den Berichten zu den Messkampagnen 1-3 zu entnehmen, siehe Fußnote auf Seite 1.

2. Methodisches Vorgehen

An 22 über die gesamte Verfüllung verteilten Lokationen wurden im April 2021 Bodenluftmessstellen bis unterhalb der mineralischen Dichtungsschicht durch die Fa. Terratec GmbH, Essen, abgeteuft. Diese Arbeiten wurden organisatorisch und gutachterlich durch die ahu GmbH, Aachen, vorbereitet, begleitet und abgenommen.

Die Einrichtung der ergänzend erforderlichen Bodenluftmessstellen BL 5/1, BL 14/1, BL 18/1, BL 19/1, BL 21/1 und BL 22/1 erfolgte wiederum durch die Firma Terratec GmbH und wurde ebenfalls fachgutachterlich begleitet durch die ahu GmbH am 28.04.2022.

Tabelle 1: Endteufen und Ausbautiefen der neu errichteten Bodenluftmessstellen

Messstelle	Endteufe [m u. GOK]	UK-Tonabdichtung [m u. GOK]	Filterstrecke [m u. GOK]
BL 5/1	7,1	5,9	6,1-7,1
BL 14/1	3,9	2,7	2,9-3,9
BL 18/1	3,6	2,4	2,6-3,6
BL 19/1	6,9	5,7	5,9-6,9
BL 21/1	5,6	4,4	4,6-5,6
BL 22/1	3,5	2,3	2,5-3,5

Die Lage der Messstellen ist Anlage 1 zu entnehmen; die Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse sind in Anlage 2.1 (alte Messstellen) und Anlage 2.2 (neu errichtete Messstellen) dokumentiert.

Die Gewinnung der Bodenluftproben im Rahmen der 4. Messkampagne erfolgte an allen alten und neuen Messstellen Ende April 2022 durch die für diese Probenahme akkreditierte IfUA-Umweltberatung und Gutachten GmbH, Bitterfeld. Hierbei konnten - wie bereits in den beiden Messkampagnen zuvor - die BL 5 und die BL 21 nicht beprobt werden, weil die Filter verstopft bzw. mit Wasser gefüllt waren.

Die Probenahme an den sechs neuen, zusammen mit den zuvor schon errichteten „alten“ vier Bodenluftmessstellen erfolgte ebenfalls durch die IfUA-Umweltberatung und Gutachten GmbH Ende Juli 2022.

Die Probennahmeprotokolle mit Angaben zu den während der Geländearbeiten angetroffenen Bedingungen befinden sich in Anlage 3.1 (4. Messkampagne) bzw. 3.2 (5. Messkampagne).

Im Gelände wurden durch verzögerungsfrei arbeitende Messgeräte jeweils Daten erhoben für die Parameter Schwefelwasserstoff (H₂S), Kohlendioxid (CO₂), Sauerstoff (O₂), Methan (CH₄), Stickstoff (N₂), Kohlenmonoxid (CO) sowie leichtflüchtige ionisierbare organische Substanzen (Messung mittels Photoionisationsdetektor (PID)). Darüber hinaus wurde mit einem mobilen Manometer jeweils der Überdruck gemessen.

In der 4. Messkampagne wurden aus den 20 alten und den sechs neuen Messstellen sowie in der 5. Messkampagne aus den vier alten und den korrespondierend eingerichteten neuen Messstellen sowie den beiden Ersatzmessstellen zum einen Bodenluftproben auf Aktivkohle angereichert, die laboranalytisch auf die Parameter Monoaromaten (BTEX) und leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) zu analysieren waren. Zum anderen wurde Bodenluft in Gasbeutel überführt, die laboranalytisch auf CO₂, O₂, CH₄, CO und auf Wasserstoff (H₂) zu untersuchen war.

Die laboranalytischen Untersuchungen erfolgten - wie durchweg im Rahmen der Bodenluftmessungen - im Hause der SGS Institut Fresenius GmbH.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

Folgende Tabelle gibt - basierend auf den Prüfberichten in Anlage 4 (4. Messkampagne) und in Anlage 5 (5. Messkampagne) - einen Überblick über die aktuell ermittelten Untersuchungsergebnisse. Des Weiteren sind dort die jeweilig in der 1. bis 3. Kampagne gemessenen Gehalte mit aufgeführt.

Zu den verwendeten Beurteilungsmaßstäben bei BTEX und LHKW sei angemerkt, dass diese zur groben Orientierung hinsichtlich der Höhe der ermittelten Konzentrationen herangezogen werden. Sie gelten originär zur Bewertung von Schadstoffgehalten in der Bodenluft bezüglich einer Migration in die Innenraumluft (Wirkungspfad Bodenluft-Innenraumluft-Mensch). Zudem werden die mit Blick auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser abgeleiteten - allerdings nicht mehr gültigen - LAWA-Orientierungswerte aus 1994 hilfsweise mit aufgeführt.

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 1				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,4	0	0,4	0,02	
LHKW ³⁾	mg/m ³	0,92	0,06	0,38	0,34	5-10 ^{1a)}
1,1,1-Trichlorethan Tetrachlorethen		0,80 0,12	0,06 n.n.	0,38 n.n.	0,34 n.n.	1.000 ^{1b)} 70 ^{1b)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	6	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	1,1 / 1	<0,01 / 0	<0,01 / 0	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 1	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	2,0 / 0	1,7 / 0	0,2 / 1	0,7 / 0,8	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	94	85	92	81	-
H ₂ S ⁴⁾	Ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	2,9 / 3	13,3 / 10,9	7,8 / 9	18,3 / 18,4	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	<0,001	<0,001	0,002	0,002	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar

1a) LAWA 1994: Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Informationsblatt

2) Untere bis Obere Explosionsgrenze (UEG-OEG)

3) im Labor gemessen

4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 2				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,53	1,0	-1,0	1,48	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,42	0,13	0,12	0,19	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,17	0,08	0,12	0,15	10 ^{1b)}
Toluol		0,11	0,03	<0,02	0,04	1.000 ^{1b)}
Ethylbenzol		0,04	<0,02	<0,02	<0,02	200 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		0,10	0,02	<0,02	<0,02	1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	3	1,4	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	0,29 / 1	<0,01 / 0	<0,01 / 0	<0,01 / 1	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	132	84	105	114	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,07 / 0	0,1 / 0,5	<0,05 / 0	0,07 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	96	85	84	88	-
H ₂ S ⁴⁾	Ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	3,6 / 3	15 / 12,1	16 / 14,8	11,9 / 11	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,062	<0,001	0,004	0,006	4,0 (-17) ²⁾

		BL 3				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,85	1,36	-0,5	1,55	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	0,57 / 1	<0,01 / 0	<0,01 / 0	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	0	0	1	0	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,23 / 0	0,1 / 0,3	<0,05 / 0	0,1 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	89	89	90	85	-
H ₂ S ⁴⁾	Ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	10,2 / 10	11 / 15,8	9,9 / 7	15 / 16	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar

1a) LAWA 1994: Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Informationsblatt

2) Untere bis Obere Explosionsgrenze (UEG-OEG)

3) im Labor gemessen

4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 4				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,01	0	0,4	0,05	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	5,3 / 6	<0,01 / 0	1 / 4	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	1,2 / 1	0,1 / 0,9	0,42 / 1	0,1 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	80	79	92	80	-
H ₂ S ⁴⁾	Ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	13,4 / 12	21 / 20,9	6,5 / 6,1	19,9 / 20,9	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

		BL 6				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0	0	0	0	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
PID ⁴⁾	ppm	0	1,4	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	0,84 / 1	<0,01 / 0	<0,01 / 0	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	10 / 0	3,0 / 5	3 / 5	0,6 / 1	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	84	79	83	80	-
H ₂ S ⁴⁾	Ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	5,0 / 4	18 / 17,6	14 / 14,5	19,5 / 20,1	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar

1a) LAWA 1994: Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Informationsblatt

2) Untere bis Obere Explosionsgrenze (UEG-OEG)

3) im Labor gemessen

4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 7				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2021	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	1	1,82	0	1,91	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	0,06	0,08	5-10 ^{1a)}
Tetrachlorethen				0,06	0,08	
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,61	0,10	0,17	n.n.	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,13	0,04	<0,02		10 ^{1b)}
Toluol		0,34	0,06	0,07		1.000 ^{1b)}
Ethylbenzol		0,05	<0,02	0,04		200 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		0,09	<0,02	0,06		1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	1,9	0	6	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	13 / 14	0,27 / 0	0,6 / 1	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	0	0	8	0	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,09 / 0	4,0 / 5	0,18 / 0,5	1,3 / 0,7	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	84	85	87	80	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	3,0 / 4	11 / 9,7	12,2 / 14,1	18,7 / 19,0	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,007	0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

		BL 8				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,3	1,11	0	1,83	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	1,28	0,23	0,82	0,63	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,15	0,05	0,13	0,16	10 ^{1b)}
Toluol		0,23	0,02	0,15	0,06	1.000 ^{1b)}
Ethylbenzol		0,18	0,03	0,11	0,09	200 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		0,72	0,13	0,43	0,32	1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol.	20 / 21	7 / 5	1,7 / 2	3,2 / 3	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	2.000	80	96	790	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	<0,05 / 0	<0,05 / 0,3	0,06 / 0	<0,05 / 2,1	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	78	82	84	85	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	1,9 / 2	11 / 12,1	14,3 / 9	11,5 / 12,0	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,13	0,018	0,078	0,26	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar // 1a) LAWA 1994: Empfehlungen: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden // 1b) LABO 2008 // 2) UEG-OEG // 3) im Labor bzw. 4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 9				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,38	1,97	0	1,81	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,41	n.n.	0,02	n.n.	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,13		<0,02		10 ^{1b)}
Toluol		0,08		<0,02		1.000 ^{1b)}
Ethylbenzol		0,05		<0,02		200 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		0,15		0,02		1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol.	27 / 26	0,13 / 0	2 / 4	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol.%	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol.%	<0,05 / 0	3,9 / 5	2 / 2,2	0,64 / 1	-
N ₂ ³⁾	Vol.%	71	82	81	80	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol.%	1,8 / 4	14 / 12,1	15 / 13	19,3 / 20,1	-
H ₂ ³⁾	Vol.%	0,60	<0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

		BL 10				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,70	0,27	0	0,97	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,02	0,02	0,04	n.n.	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,02	0,02	<0,02		10 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		<0,02	<0,02	0,02		1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol.%	3,5 / 4	<0,01 / 0	* / 0	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol.%	<0,05	<0,05	*	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol.%	<0,05 / 0	<0,05 / 0,8	* / 0,7	0,1 / 1	-
N ₂ ³⁾	Vol.%	93	90	*	83	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol.%	3,5 / 4	10 / 12	* / 8,5	17 / 16,9	-
H ₂ ³⁾	Vol.%	0,041	<0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar

1a) LAWA 1994: Empfehlungen: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Infoblatt

2) UEG-OEG // 3) im Labor bzw. 4) im Gelände gemessen

*: nicht bestimmt: Beutel undicht

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 11				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,45	0,79	0,18	0,78	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,02	n.n.	0,02	n.n.	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,02		0,02		10 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	1,2	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	5,1 / 4	0,74 / 0	1 / 2	1,4 / 2	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	0	8	15	20	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,09 / 0	0,2 / 1,1	0,1 / 0	0,07 / 0,2	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	92	85	91	88	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	3,0 / 3	14 / 15	8,0 / 11,4	10,5 / 10	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,01	0,006	0,004	0,003	4,0 (-17) ²⁾

		BL 12				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	2,1	3,9	6,8	0,04	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,30	0,10	0,29	0,24	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,12	0,05	0,11	0,13	10 ^{1b)}
Toluol		0,09	0,03	0,04	0,05	1.000 ^{1b)}
Ethylbenzol		0,02	<0,02	0,02	<0,02	200 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		0,07	0,02	0,12	0,06	1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	15 / 16	2,9 / 7	7,7 / 12	2,3 / 3	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	0	1.800	1	1.900	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	<0,05 / 0	<0,05 / 0,1	<0,05 / 0	<0,05 / 0,1	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	77	79	84	78	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	>200	4	100	16	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	1,8 / 2	14,5 / 16,1	4,8 / 3	15,6 / 16,6	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	6,6	3,2	3,3	4,1	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar

1a) LAWA 1994: Empfehlungen: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Infoblatt

2) UEG-OEG // 3) im Labor bzw. 4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 13				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,09	2,15	-1,3	1,81	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	5,5 / 5	<0,01 / 0	<0,01 / 0	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 1.800	<0,05 0	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,05 / 0	0,5 / 1,8	1,4 / 1,6	0,07 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	91	80	88	79	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	3,2 / 3	19,4 / 20,9	10,5 / 10,5	21 / 20,3	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,004	0,002	0,002	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

		BL 14					BL 14/1		Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	07/2022	04/2022	07/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	1,3	1,34	0	2,45	0,73	0,9	0,50	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾ Benzol	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	0,02 0,02	n.n.	0,10 0,10	n.n.	5-10 ^{1a)} 10 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	23 / 24	<0,01 / 0	<0,01 / 0	0,4 / 1	5 / 3	3 / 5	16 / 14	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 178	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 4.500	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	<0,05 / 0	<0,05 / 0,2	0,07 / 1	0,09 / 0	<0,05 / 0	<0,05 / 0	<0,05 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	73	79	79	80	79	80	76	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	11	0	0	0	0	4	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	3,9 / 4	21 / 20,8	20,8 / 20	19,5 / 20,2	16 / 15,7	16 / 14,8	8 / 7,3	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,086	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,670	0,002	4,0 (-17) ²⁾

1a) LAWA 1994: Empfehlungen: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Informationsblatt

2) UEG-OEG

3) im Labor

4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 15				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	07/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	2,0	0	0,9	1,48	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,32	0,39	0,21	0,02	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,11	0,17	0,08	0,02	10 ^{1b)}
Toluol		0,04	0,06	0,03	<0,02	1.000 ^{1b)}
Ethylbenzol		0,04	0,04	0,02	<0,02	200 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		0,13	0,12	0,08	<0,02	1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	28 / 26	24 / 34	11 / 12	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	134	30	0	0	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,05 / 0	<0,05 / 0,5	0,1 / 0,3	0,12 / 0,2	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	66	74	84	80	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	5,9 / 6	2 / 1,1	5 / 6,4	20 / 20,9	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,084	0,01	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

		BL 16				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,02	0,2	0,07	0	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	0,48	n.n.	5-10 ^{1a)}
Toluol				0,43		1.000 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol				0,05		1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	1,7	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	2,1 / 2	0,58 / 1,0	3 / 2	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,15 / 0	0,3 / 1,2	0,54 / 1,4	0,7 / 1	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	80	81	91	79	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	17,8 / 19	18 / 14,8	5 / 5,9	20 / 20,1	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,022	<0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar

1a) LAWA 1994: Empfehlungen: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Informationsblatt

2) UEG-OEG // 3) im Labor bzw. 4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 17				Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,10	0,01	0	0,04	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	8,0 / 7	4,6 / 2,1	4,3 / 6	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 2	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	2,3 / 0	2,0 / 3,5	5 / 4	0,2 / 1	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	77	81	85	80	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	12,7 / 12	12,5 / 10,5	5,6 / 6,3	20 / 20,1	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

		BL 18					BL 18/1		Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	07/2022	04/2022	07/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	1,88	0,37	-1,7	0	0,0	2,22	0,34	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,34	n.n.	0,20	n.n.	n.n.	0,07	n.n.	5-10 ^{1a)}
Benzol Toluol		0,08 0,26		0,06 0,14			0,07 <0,02		10 ^{1b)} 1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	58 / 60	0,01 / 0	25 / 26	<0,01/ 0	< 0,01/ 0	0,4 / 1	23 / 19	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 20	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	1,0 / 1	0,1 / 0,7	0,8 / 1	0,1 / 0	0,29 / 0,3	<0,05 / 0	0,28 / 0,4	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	39	79	70	80	80	80	69	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	2,0 / 2	20,8 / 20,9	4,2 / 4,3	20 / 20,9	19,5 / 19,2	19,6 / 18,9	7,8 / 6,8	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar

1a) LAWA 1994: Empfehlungen: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden

1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten – Informationsblatt

2) UEG-OEG 3) im Labor gemessen

4) im Gelände gemessen

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

Probennahme		BL 19					BL 19 /1		Beurteilungsmaßstäbe
		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	07/2022	04/2022	07/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	2,8	2,53	0	2,45	0,25	1,57	0,43	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,09	n.n.	0,03	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
Benzol Toluol		0,06 0,03		0,03 <0,02					10 ^{1b)} 1.000 ^{1b))}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	37 / 37	7,8 / 7,0	6 / 9	5,5 / 6,5	2 / 1	0,6 / 1,7	<0,01 / 0	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 10	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,50 / 0	2,3 / 4	1,5 / 1	2,5 / 5	3 / 2	0,1 / 0	<0,05 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	60	79	84	82	83	83	80	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	3,0 / 4	11 / 14,1	8,4 / 7,5	10 / 10	12 / 12,9	16,3 / 17,3	20 / 20,5	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,003	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

Probennahme		BL 20				Beurteilungsmaßstäbe
		07/2021	09/2021	01/2022	04/2021	
Überdruck ⁴⁾	hPa	2,56	4,01	8,1	2,36	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,03	n.n.	0,03	n.n.	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,03		0,03		10 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	36 / 38	3 / 14	4,3 / 3	0,3 / 0,2	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,07 / 0	0,2 / 1,5	0,15 / 0,7	0,5 / 0,6	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	60	79	91	80	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	4,0 / 3	18 / 20,3	4,5 / 6,1	19,2 / 18,3	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,066	0,002	<0,001	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar // 2) UEG-OEG // 3) Labor // 4) Gelände // 1a) LAWA 1994: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden // 1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

Probennahme		BL 22					BL 22 /1		Beurteilungsmaßstäbe
		07/2021	09/2021	01/2022	04/2022	07/2022	04/2022	07/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0	0,05	0,03	0	0	0,80	0	
LHKW ³⁾ cis-1,2-Dichloroethen	mg/m ³	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,07 0,07	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾ Benzol Toluol Ethylbenzol m-, p-, o-Xylol	mg/m ³	0,47 0,15 0,17 0,05 0,10	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,16 0,11 0,05 <0,02 <0,02	0,38 <0,02 0,16 0,05 0,17	5-10 ^{1a)} 10 ^{1b)} 1.000 ^{1b)} 200 ^{1b)} 1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	0	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	27 / 28	<0,01 / 1,4	0,1 / 0	<0,01 / 0	0,02 / 0	1,6 / 4	14 / 13	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 0	<0,05 208	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,22 / 1	0,4 / 2	0,76 / 0,8	0,1 / 0,5	0,42 / 1	<,0,05 / 0	0,97 / 1	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	66	80	80	80	81	81	79	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	0	0	0	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	6,8 / 7	19,6 / 19,7	19,6 / 20	20 / 20,7	18,6 / 18,9	17,4 / 17,3	6 / 6,6	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,039	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,026	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar // 2) UEG-OEG // 3) Labor // 4) Gelände

Probennahme		BL 5/1		Beurteilungsmaßstäbe
		04/2022	07/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	1,44	0,47	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	n.n.	5-10 ^{1a)}
BTEX ³⁾ Benzol	mg/m ³	0,03 0,03	n.n.	5-10 ^{1a)} 10 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	2 / 3	12 / 11	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾ CO ⁴⁾	Vol. % ppm	<0,05 82	<0,05 0	-
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	0,1 / 0	0,1 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	80	78	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	18 / 18,5	10 / 10,9	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,015	<0,001	4,0 (-17) ²⁾

Fortsetzung Tabelle 1: Untersuchungsergebnisse Bodenluftproben

		BL 21/1		Beurteilungsmaßstäbe
Probennahme		04/2022	07/2022	
Überdruck ⁴⁾	hPa	0,80	0	
LHKW ³⁾	mg/m ³	n.n.	0,2	5-10 ^{1a)}
Vinylchlorid			0,2	
BTEX ³⁾	mg/m ³	0,83	1,16	5-10 ^{1a)}
Benzol		0,07	<0,02	10 ^{1b)}
Toluol		0,26	0,49	1.000 ^{1b)}
Ethylbenzol		0,12	0,18	200 ^{1b)}
m-, p-, o-Xylol		0,38	0,49	1.000 ^{1b)}
PID ⁴⁾	ppm	0	0	
CH ₄ ³⁾ / CH ₄ ⁴⁾	Vol. %	5,8 / 11	54 / 52	4,5 (-16,5) ²⁾
CO ³⁾	Vol. %	<0,05	<0,05	-
CO ⁴⁾	ppm	174	6	
CO ₂ ³⁾ / CO ₂ ⁴⁾	Vol. %	<0,05 / 0	<0,05 / 0	-
N ₂ ³⁾	Vol. %	80	44	-
H ₂ S ⁴⁾	ppm	0	0	-
O ₂ ³⁾ / O ₂ ⁴⁾	Vol. %	14,2 / 13,3	2 / 2,2	-
H ₂ ³⁾	Vol. %	0,069	0,008	4,0 (-17) ²⁾

n.n.: nicht nachweisbar // 2) UEG-OEG (untere und obere Explosionsgrenze) // 3) Labor // 4) Gelände
 1a) LAWA 1994: Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden
 1b) LABO 2008: Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe

Werden die in der 4. und 5. Messkampagne ermittelten Gehalte an Methan in den „Doppelmessstellen“ gegenübergestellt, so lassen sich folgende Tendenzen erkennen:

- **BL 14 / BL 14/1:** In der BL 14/1 wurden mit 3 bzw. 16 Vol. % jeweils höhere Gehalte gemessen als in der BL 14 (0,4 Vol. % bzw. 5 Vol. %). Gleichwohl wurde in BL 14 in der 1. Messkampagne ein Gehalt an Methan von 23 Vol. % ermittelt, wohingegen in der 2. und 3. Kampagne kein Methan nachgewiesen werden konnte.
- **BL 18 / BL 18/1:** Hier wurden in der 4. Messkampagne Methangehalte in einer vergleichbaren Größenordnung gemessen (<0,01 Vol. % in BL 18 und 0,4 Vol. % in BL 18/1). Allerdings unterscheiden sich die ermittelten Daten in der 5. Kampagne deutlich voneinander mit <0,01 Vol. % in BL 18 und 23 Vol. % in BL 18/1. Bereits in der 1. und 3. Messkampagne fiel die BL 18 mit Gehalten von 58 Vol. % bzw. 25 Vol. % auf, wohingegen in der 2. Messung Methan nur mit 0,01 Vol. % nachgewiesen wurde.

- **BL 19 / BL 19/1:** Während in der 4. Messkampagne in BL 19 Methan mit 5,5 Vol.% nachgewiesen wurde, betrug der Gehalt in der BL 19/1 nur 0,6 Vol.%. In dieser Größenordnung bewegen sich auch die Werte der beiden Messstellen in der 5. Kampagne. Hingegen fiel die BL 19 auch in der 1. bis 3. Messkampagne mit 37 Vol.% bzw. 7,8 Vol.% bzw. 6,0 Vol.% auf.
- **BL 22 / BL 22/1:** In der 4. Messkampagne wurden mit <0,01 Vol.% (BL 22) und 1,6 Vol.% (BL 22/1) unauffällige Gehalte an Methan gemessen, wohingegen in der 5. Messkampagne in BL 22/1 ein deutlich höherer Gehalt an Methan als in BL 22 nachgewiesen wurde (14 Vol.% bzw. 0,02 Vol.%). Ansonsten fiel diese Messstelle nur in der 1. Messkampagne mit einem Methangehalt von 27 Vol.% auf.

In der Gefährdungsabschätzung⁶ wurden fünf Bodenluftmessstellen zur Überprüfung etwaiger Emissionen aus den Verfüllungen installiert, die direkt auf der Drainagematte aufsetzten und in der Rekultivierungsschicht verfiltert waren. Die erste Probennahme erfolgte unmittelbar nach Installation der Messstellen an allen Lokationen; bei der zweiten und dritten Beprobung waren nur noch drei Messstellen intakt. Die Analytik erfolgte auf die Hauptkomponenten, BTEX und LHKW.

Im Fazit zur Thematik der Gasbildung wurde damals gefolgert, dass diese aufgrund der ermittelten Hinweise auf methanogene Prozesse nicht ausgeschlossen werden könne. Allerdings sei ein erhöhtes Gefährdungspotential nicht zu besorgen, da nur untergeordnet organische Stoffe eingelagert worden seien.

In der folgenden Tabelle sind die damals gemessenen Wertebereiche den im Zuge der fünf Messkampagnen in 2021/2022 ermittelten Daten in der Bodenluft gegenübergestellt.

Des Weiteren werden beispielhaft die Ergebnisse der in 07/2021 und 12/2021 untersuchten Luft aus Lembergboxen mit aufgeführt:

⁶ ahu AG: Gefährdungsabschätzung Verfüllung Mühlenberg, Schermbeck-Hünxe. Aachen, 01.12.2015

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen 2021/2022 und 2015 sowie Luft aus Lembergboxen 2021

Parameter	Einheit	Bodenluft (07/2021-07/2022) verfiltert in der Verfüllung	Bodenluft (2015) verfiltert in der Rekultivierungsschicht	Lembergboxen (07/12.2021) Boxen 2, 3, 5, 6 auf der Oberfläche
LHKW	mg/m ³	nicht nachweisbar bis 0,92	nicht untersucht	nicht nachweisbar bis 0,0074
BTEX	mg/m ³	nicht nachweisbar bis 1,28	nicht nachweisbar bis 1,7	nicht nachweisbar bis 0,0045
N ₂	Vol. %	39-96	79,1 bis 87,3	77,5-77,6
CH ₄ CH ₄	Vol. % ppm	<0,01-58	<0,1 bis 12,9 (32*)	2 bis 9 ppm
CO	Vol. %	<0,05-1,0	nicht untersucht	nicht untersucht
CO ₂	Vol. %	<0,05-10	1,9 bis 9,1	<0,1 bis 0,5
H ₂ S	ppm	0->200	nicht nachweisbar	0
O ₂	Vol. %	1,8-21	3,4 bis 17,0	20,9 bis 21,9
H ₂ H ₂	Vol. % ppm	<0,001-6,6	nicht untersucht	<10-13 ppm
PID	ppm	0-6,6	nicht untersucht	0

* Dieser Wert wurde in der Gefährdungsabschätzung 2015 als Ausreißer interpretiert.

* 1 Vol.-% = 10.000 ppm

Vor dem Hintergrund der ermittelten Daten lassen sich nach aktuellem Kenntnisstand die folgenden Schlüsse ziehen:

- Wie schon in der zweiten Messkampagne (Probennahme 09/2021: maximal 24 Vol.% Methan) fallen auch die in der 3. und 4. Kampagne (Probennahme 01/2022 und 04/2022) gemessenen Gehalte an **Methan** mit Werten von bis zu 25 Vol.% bzw. bis zu 5,8 Vol.% geringer aus als im ersten Untersuchungsschritt (Probennahme 07/2021: maximal 58 Vol.%). Erst in der fünften Messkampagne (Probennahme 07/2022) wurde wieder ein höherer maximaler Wert ermittelt (54 Vol.% in BL 21/1).

Während in der ersten Überprüfung der Bodenluft in mehr als der Hälfte der Messstellen Konzentrationen oberhalb 4,5 Vol.% (UEG, siehe Tabelle 1) für Methan - im Folgenden wieder als auffällig oder erhöht bezeichnet - nachgewiesen wurden (BL 4, BL 7, BL 8, BL 9, BL 11, BL 12, BL 13, BL 14, BL 15, BL 17, BL 18, BL 19, BL 20, BL 22) war dies in der zweiten Messkampagne an drei (BL 8, BL 15, BL 19) und in der dritten Kampagne an vier Messstellen (BL 12, BL 15, BL 18, BL 19) der Fall.

Im vierten Untersuchungsschritt sind diesbezüglich die zwei Messstellen BL 19, BL 21/1 und im fünften die sechs Messstellen BL 5/1, BL 14, BL 14/1, BL 18/1, BL 21/1, BL 22/1 zu nennen.

Somit scheinen die Gehalte in den Sommermonaten tendenziell höher auszufallen als im weiteren Jahresverlauf, da die höchsten Gehalte im Juli 2021 und im Juli 2022 gemessen wurden und auch vergleichsweise viele Messstellen auffällige Gehalte aufwiesen (n= 14 bzw. n= 6). Dies bestätigt allgemeine Erfahrungen, wonach temperaturabhängige Umsetzungsprozesse in den Sommermonaten zunehmen, wonach die Temperatur im Jahresverlauf in ca. 2,50 m Tiefe zwischen ca. 5°C im Frühjahr und ca. 12°C im Sommer schwankt⁷. Inwieweit diese Erfahrung auf den Standort *Mühlenberg* übertragbar ist, kann von hier aus nicht bewertet werden. Daten dazu liegen nicht vor.

Die oben genannte Beobachtung kann aber auch durch zunehmende Undichtigkeiten bei den alten Messstellen und bei den Messungen im April 2022 noch nicht vollständig eingestellten Gleichgewichtsbedingungen bei den neuen Messstellen bedingt sein.

Schlussfolgernd sind weiterhin Hinweise auf mikrobiologische Umsetzungen unter anaeroben Bedingungen in der Verfüllung gewonnen worden, was auf das Vorhandensein relevanter Mengen an abgelagerten organischen Materialien schließen lässt.

Die messstellenbezogene Betrachtung lässt erkennen, dass an allen Standorten ein starker Abfall der Konzentrationen an Methan vom ersten zum zweiten Untersuchungsschritt nachgewiesen wurde, was die Frage aufwirft, ob in der 2. Kampagne vermehrt Außenluft angesaugt wurde. In der Tat zeichnet sich dies ab, wie der Anlage 6 entnommen werden kann.

⁷ Methanemissionen aus passiv entgasteten Deponien und der Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen. Wasteconsult International: Schlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, Langenhagen, Dezember 2008.

In der dritten Messreihe war nur an zwei Standorten wieder ein relevanter Anstieg zu erkennen (BL 12, BL 18), während dies in den anderen, im Zuge der ersten Messung auffälligen Standorten nicht der Fall war (BL 7, BL 8, BL 9; BL 14, BL 15, BL 19, BL 20). Auch in der 4. Messreihe wurden keine Anstiege der Methankonzentrationen ermittelt und überhaupt waren nur die BL 19 und 21/1 auffällig. Erst in der 5. Messkampagne stiegen die Gehalte an Methan vereinzelt wieder an, siehe Anlage 6. Dies betraf insbesondere die „neuen“ Messstellen.

In den im Juli und Dezember 2021 gewonnenen Luftproben aus den Lembergboxen wurde kein Methan nachgewiesen, was weiterhin als Hinweis auf geringe Migrationsprozesse aus der Verfüllung über die mineralische Dichtungsschicht bis in die Außenluft gedeutet werden kann.

- In allen Messkampagnen wurden zumeist niedrige Gehalte an **Wasserstoff** ermittelt. Lediglich in der BL 12 wurden nennenswerte Nachweise mit Werten zwischen 3,2 Vol.% und 6,6 Vol.% gemessen. Wie bereits in den zuvor erstellten Berichten ausgeführt, kann dies entweder aus der Umsetzung von metallischem Aluminium resultieren, welches im basischen Milieu zu Hydroxidkomplexen des Aluminiums unter Freisetzung von Wasserstoff reagieren kann. Oder es entstammt der Umsetzung organischer Substanz, wobei insbesondere in den ersten Phasen der Gasbildung (saure Gärung und instabile Methangärung) Wasserstoffbildung stattfindet. Auch eine Kombination bzw. Überlagerung beider Prozesse ist denkbar.
- Die Konzentrationen an **Stickstoff** und **Sauerstoff** belegen wiederum hohe Luftanteile in der Bodenluft, was für eine abklingende Methanphase und damit einhergehend einer Rest- oder Schwachgasbildung spricht. Diese Vermutung wird weiter durch die sehr geringen Überdrücke im Ablagerungskörper gegenüber der Atmosphäre bestätigt. Bei höherer Methanbildungsrate und - wie im vorliegenden Fall - bei Unterbindung oder Behinderung der großflächigen Gasemission über die Oberfläche durch Abdeckung und mineralische Abdichtung wären deutliche höhere Eigendrucke des Deponiegases zu erwarten als die ermittelten maximal 8,1 hPa (= 8,1 mbar).

Der Betrachtung der Konzentrationsdiagramme in Anlage 6 zufolge, mögen die zum Teil gegenläufigen Ganglinien von Methan und Sauerstoff auch darauf hindeuten, dass zumindest zeitweise vermehrt Atmosphärenluft angesaugt wurde. Sofern das Verhältnis O_2/N_2 dem der Luft entspricht (ca. 0,26), ist nicht auszuschließen, dass Undichtigkeiten im Messsystem vorliegen. Wird demgegenüber Luft durch den Ablagerungskörper abgesaugt, ist das Verhältnis signifikant kleiner, da Sauerstoff durch heterotrophe Mikroorganismen veratmet wird⁸. Diese Konstellation liegt bei allen positiven Methanbefunden vor, so dass diesbezüglich keine Hinweise auf Undichtigkeiten vorliegen. Beide Effekte können sich aber auch überlagern. Ein weiterer Untersuchungsbedarf wird vor diesem Hintergrund jedoch nicht gesehen.

- Relevante Konzentrationen an **LHKW** und **BTEX** wurden auch in der vierten und fünften Messkampagne nicht festgestellt.

⁸ LUA Materialien Band 65 (2004): Arbeitshilfe Deponiegas.

4. Fazit und Empfehlungen

Da hinsichtlich der Thematik „Bodenluft“ zunächst aussagekräftige Untersuchungsergebnisse zu deren stofflicher Charakterisierung ausstanden, wurde nach inhaltlicher und zeitlicher Abstimmung mit der unter Leitung des MULNV (heute MUNV) tagenden *Koordinierungsgruppe* ein Untersuchungsprogramm beschlossen mit dem Ziel, die diesbezüglichen Kenntnislücken zu schließen.

Hierzu wurden 22 Bodenluftmessstellen eingerichtet, die bis unterhalb der mineralischen Dichtungsschicht reichen und im Verfüllmaterial verfiltert sind.

Die ersten drei Beprobungen erfolgten im Juli und September 2021 sowie im Januar 2022, wobei zwei Messstellen (BL 5 und BL 21) jeweils nicht beprobt werden konnten, weil die Filter vermutlich verstopft bzw. mit Wasser gefüllt waren. Zusätzlich wurde in der zweiten und dritten Messkampagne die Luft aus fünf Sickerwasserschächten beprobt (einmal offen und einmal provisorisch abgedichtet) und auf das auch in den Bodenluftmessstellen angewandte Parameterprogramm hin untersucht.

Um dem insbesondere nach Vorliegen der Ergebnisse der zweiten Messkampagne aufkommenden Verdacht zu begegnen, dass einige Bodenluftmessstellen nicht ausreichend abgedichtet sein könnten und somit bei der Probengewinnung Atmosphärenluft gezogen wird, wurden an vier Stellen korrespondierend neue Bodenluftmessstellen (BL 14/1, BL 18/1, BL 19/1, BL 22/1) sowie an den bis dato nicht beprobaren BL 5 und BL 21 neue Messstellen (BL 5/1, BL 21/1) errichtet.

Zusammenfassend sind mit erreichtem Kenntnisstand die folgenden Aussagen zu treffen und Empfehlungen auszusprechen:

- Nach vorliegender Datenlage wird nicht auf ein relevantes Gasbildungspotential geschlossen. Maßnahmen, um z.B. klimarelevante Emissionen zu vermeiden, werden nach aktueller Einschätzung für nicht erforderlich erachtet.
- Er wird empfohlen, diese Einschätzung noch einmal mit Messdaten im Sinne einer Beweisführung zu belegen, wozu der Einsatz eines verzögerungsfrei arbeitenden Methan-Messgerätes (Infrarotsensor (IR)) in Frage kommt (Messbereich: 0,01 Vol.% bis 100 Vol.%).

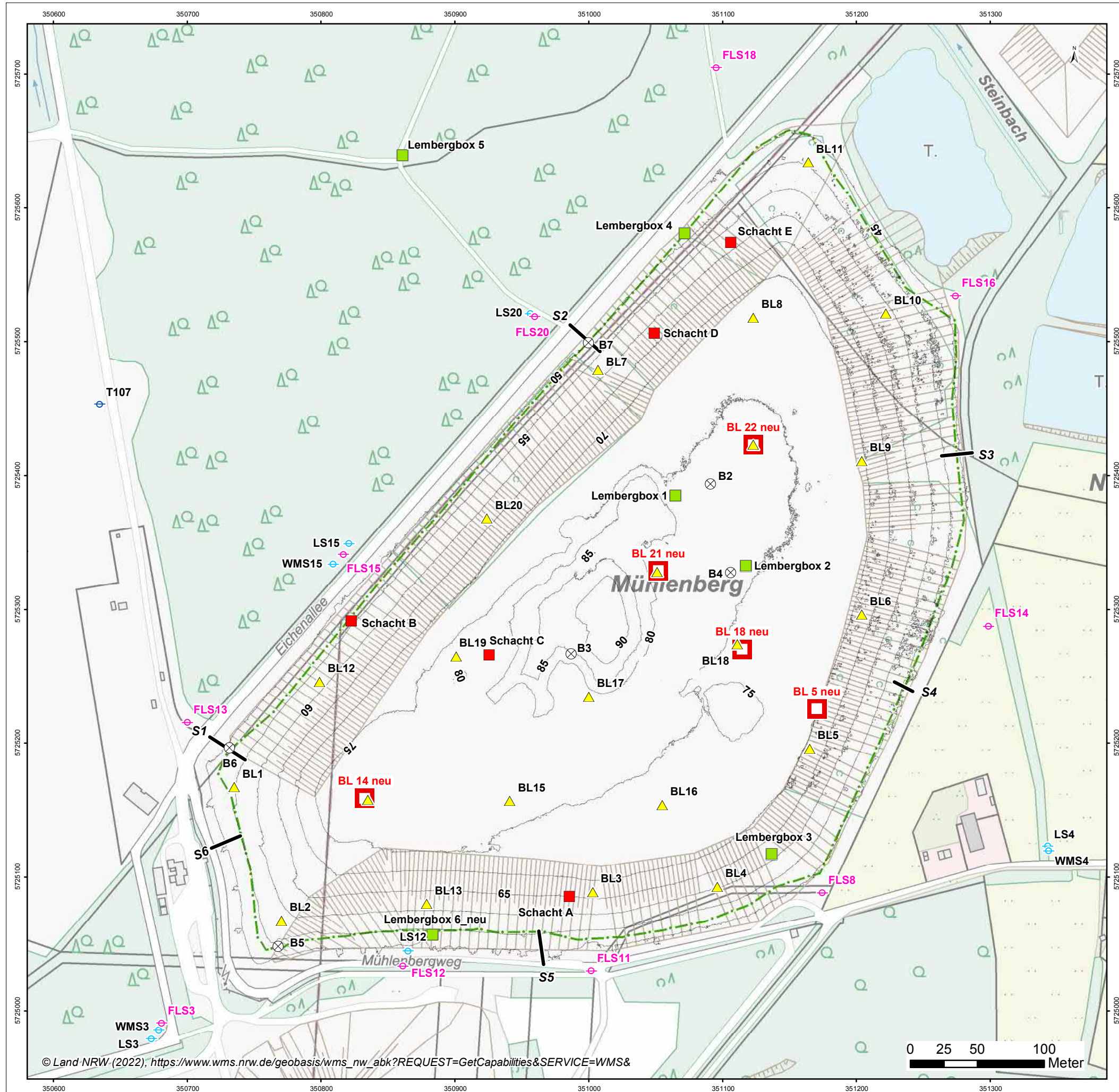
- Diese Messungen können auf das Umfeld der Messstellen beschränkt werden, die in 2022 (noch) auffällig waren (BL 5/1, BL 12, BL 14/1, BL 15, BL 18/1, BL 19, BL 21/1, BL 22/1) und sollten nach Abschluss der Arbeiten zur Oberflächenabdichtung erfolgen.
- Es wird weiterhin empfohlen, bis zum Vorliegen der Ergebnisse der Infrarotmessungen die sechs neuen Bodenluftmessstellen beizubehalten, um erneute Untersuchungen durchführen zu können, falls bei den Vor-Ort-Untersuchungen wider Erwarten erhöhte Gehalte an Methan nachgewiesen werden sollten.
- Abschließend ist anzumerken, dass bei etwaig notwendig werdenden Arbeiten, die einen Eingriff in die Verfüllung erforderlich werden lassen, Arbeitssicherheitsmaßnahmen zu ergreifen sind. Diese sind in Art und Umfang auf das jeweilig anstehende Gewerk adäquat anzupassen. Auf jeden Fall sollten die Arbeiten messtechnisch begleitet und Arbeitsräume freigesessen werden.

Bielefeld, den 05.12.2022

Petra Günther
(Dipl.-Biol.)

Dr. Dietmar Barkowski
(Dipl.-Chem.)

Anlage 1: Lageplan Bodenluftmessstellen



- Höhenlinie, berechnet aus DEM Feb. 2021
- ⊕ Grundwassermessstelle, Bestand
- ⊕ Grundwassermessstelle, neu
- ⊕ flache LS-Messstellen
- ▲ Bodenluftmessstelle
- neue Bodenluftmessstelle
- Lemberg-Box
- Sickerwasserschacht
- ⊗ Sickerwassermessstelle
- Profilschnitt Schurf, durchgeführt
- ⋯ Tagesbaugrenze nach Angaben der Fa. Nottenkämper

NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlberg

Lageplan
Bodenluftmessstellen

Anlage 1

entworfen : AM	Datum: Dez. 2022	Änderungen:	Maßstab: 1:3.000
gezeichnet : CL			Projektzeichen: NOTT5
geprüft :			

Wasser
Boden
Geomatik

P:\NOTT5\gis\map\ArcGIS\00_Gefährdungsabschätzung\Anl_1_Lageplan_BL.mxd, 15.12.2022.c1

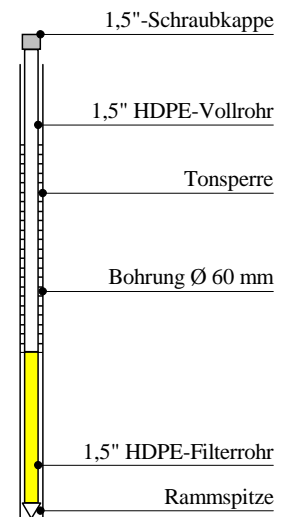
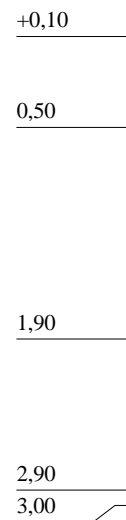
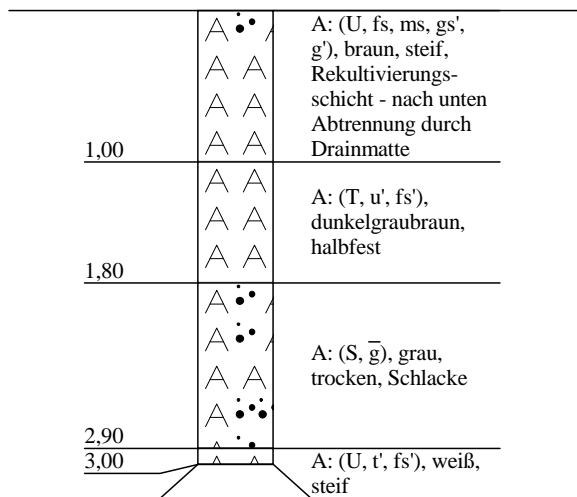
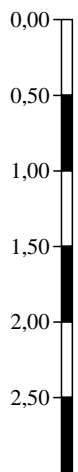
- Anlage 2: Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse
Bodenluftmessstellen**
- 2.1. BL 1-22**
 - 2.2. BL 5/1, 14/1, 18/1, 19/1, 21/1, 22/1**

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 16.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 1
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 1

BL 1

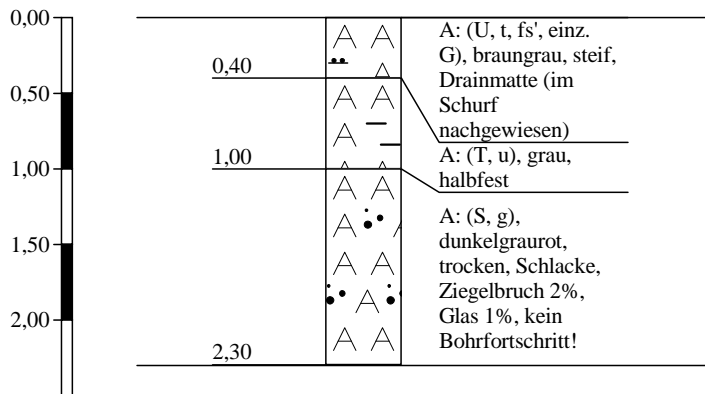


Höhenmaßstab 1:50

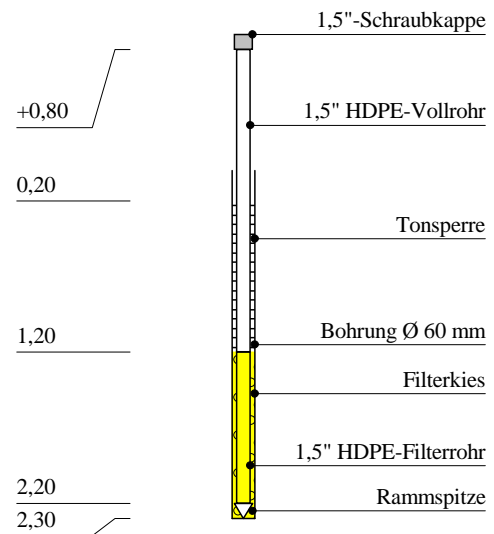
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 16.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 2
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 2



BL 2



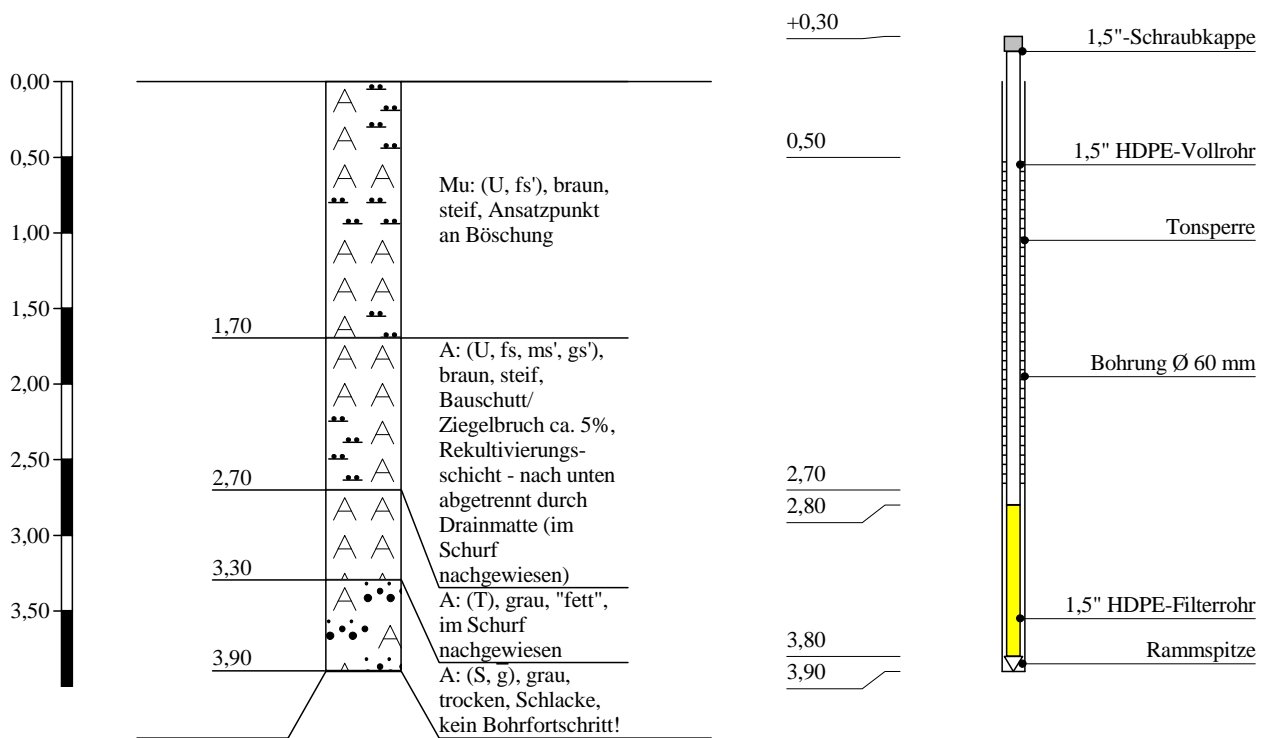
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 16.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 3
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 3

BL 3



Höhenmaßstab 1:50

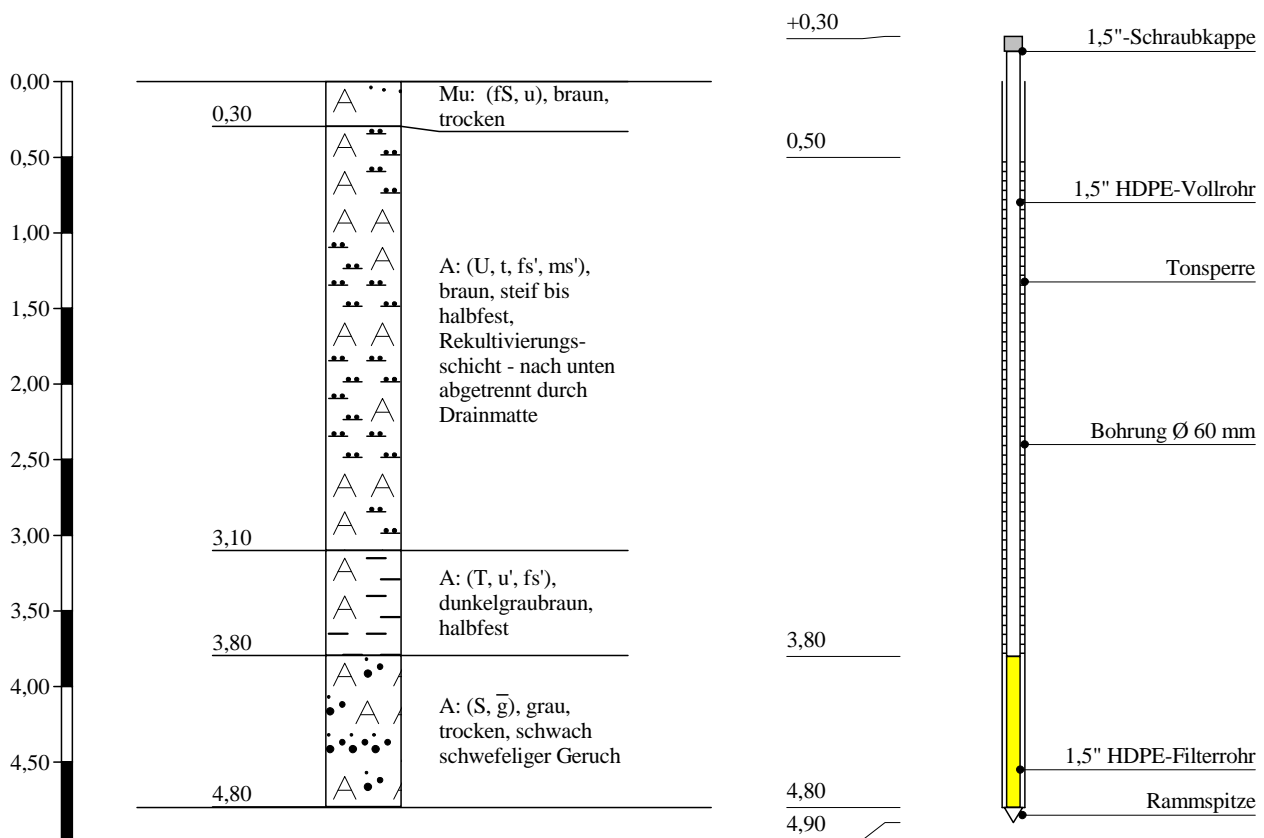
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 23.04.2021
Projektnummer: 21.10211
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Bohrung/Schurf: RKB 4

RKB 4

BL 4



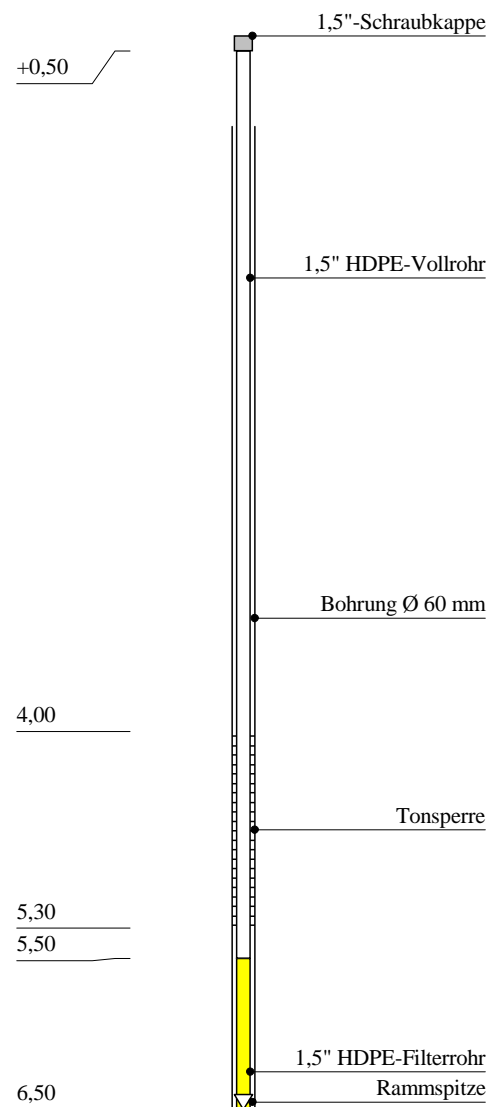
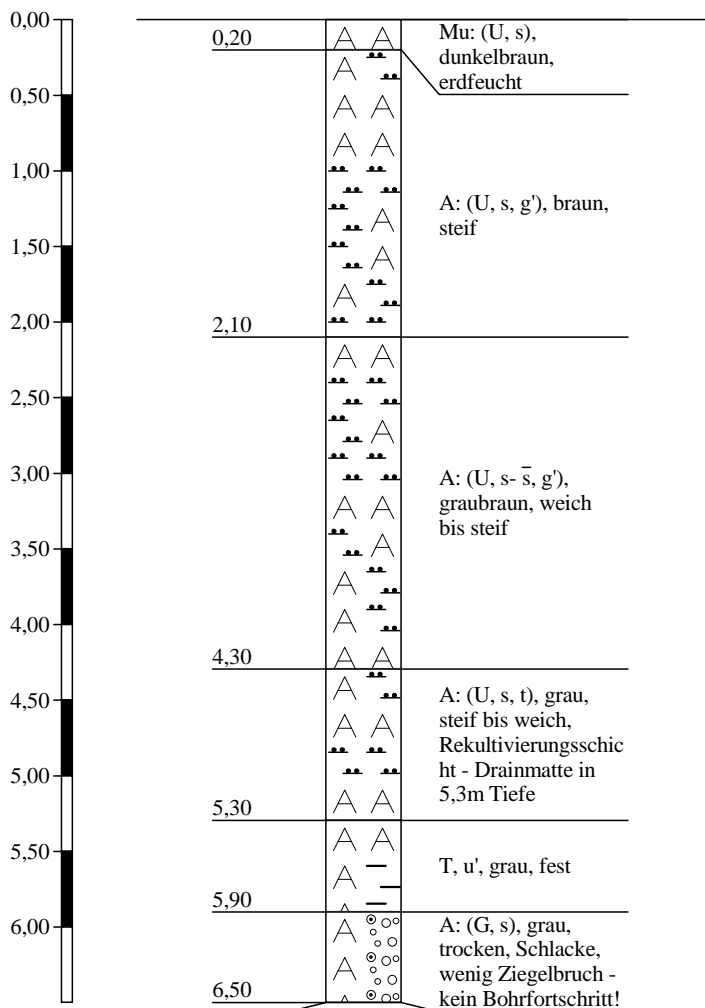
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 03.03.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 5
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 5

BL 5



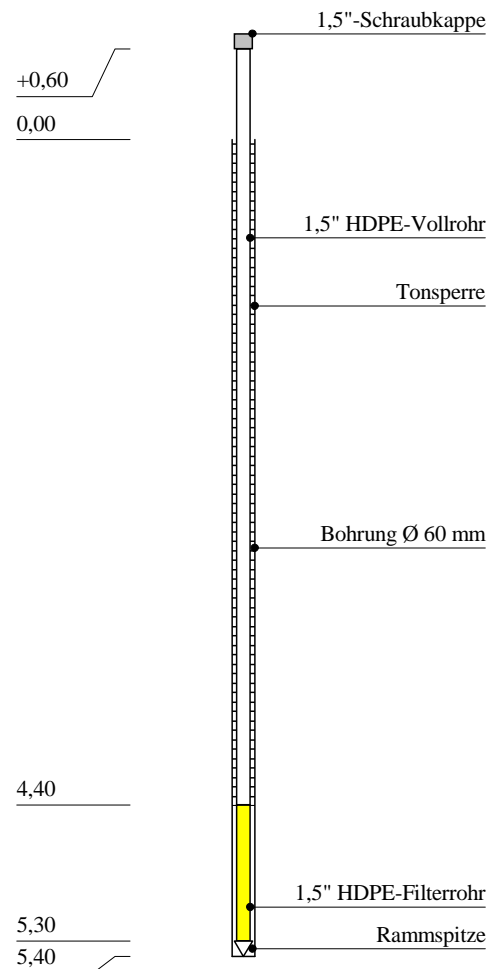
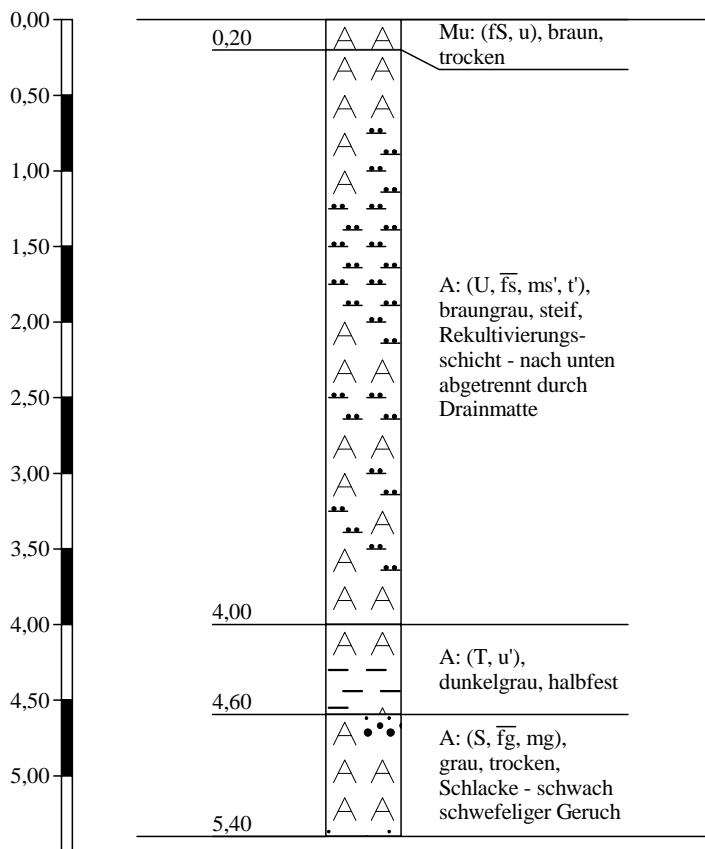
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 23.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 6
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 6

BL 6



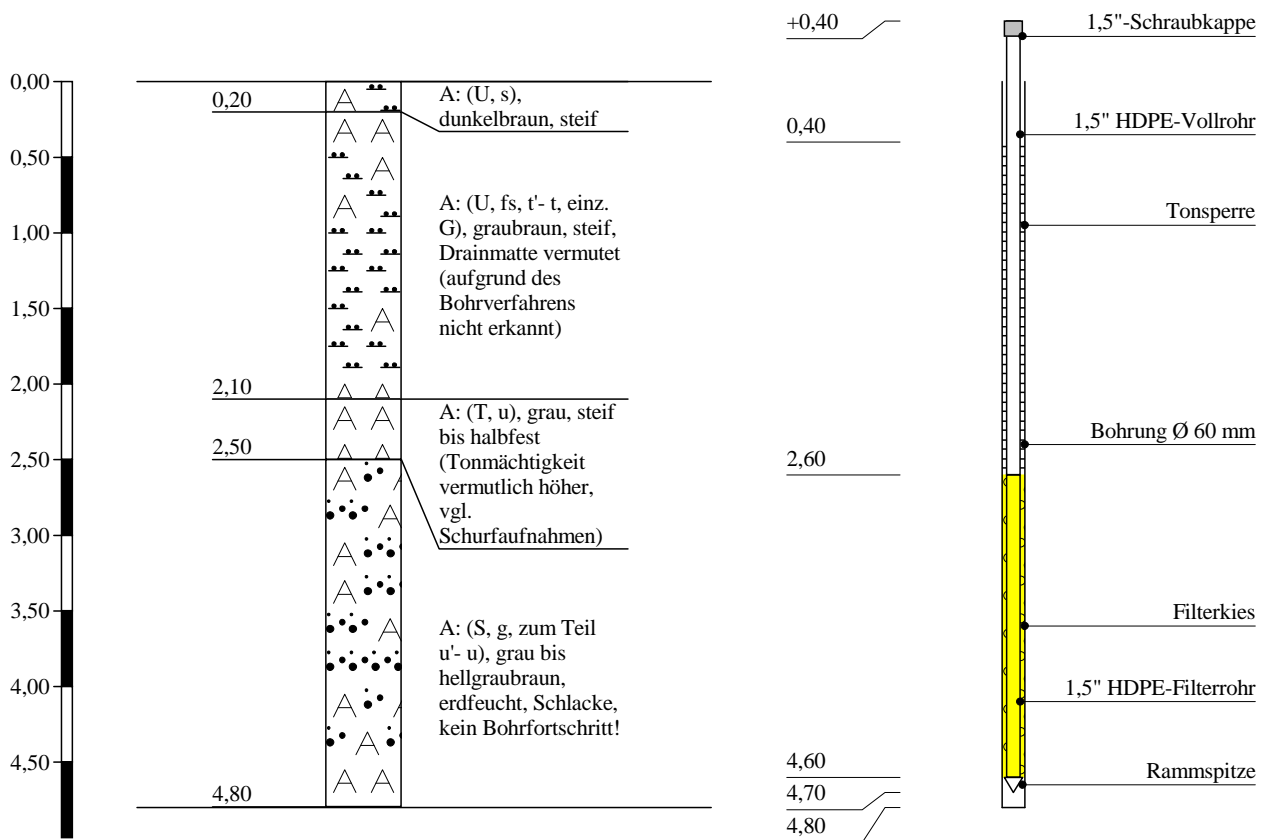
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 21.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 7
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 7

BL 7



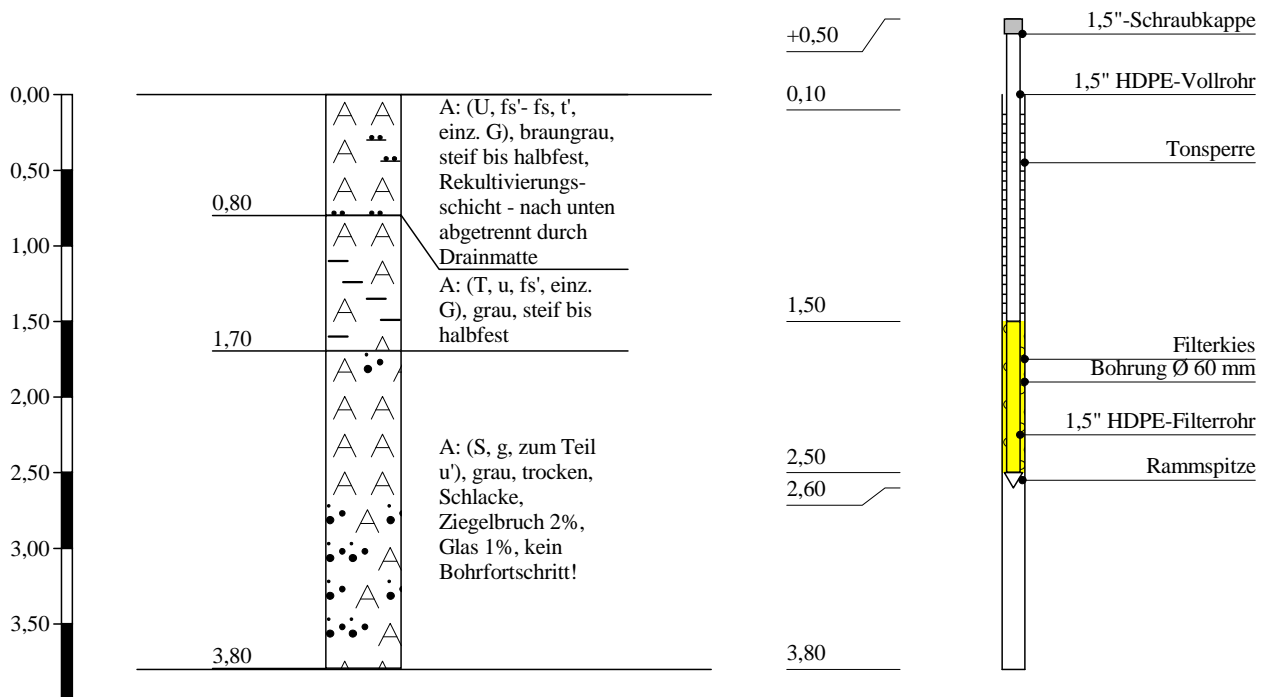
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 21.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 8
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 8

BL 8



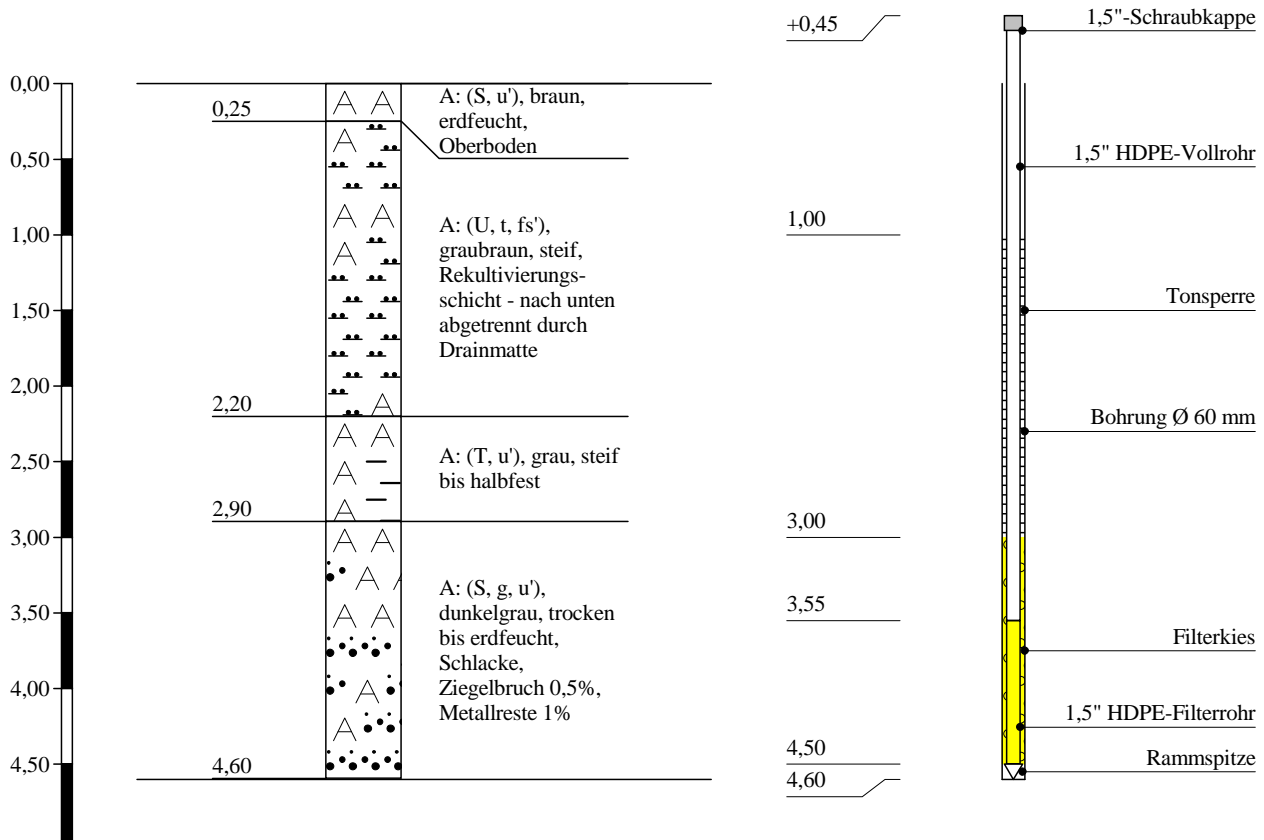
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 21.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 9
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 9

BL 9



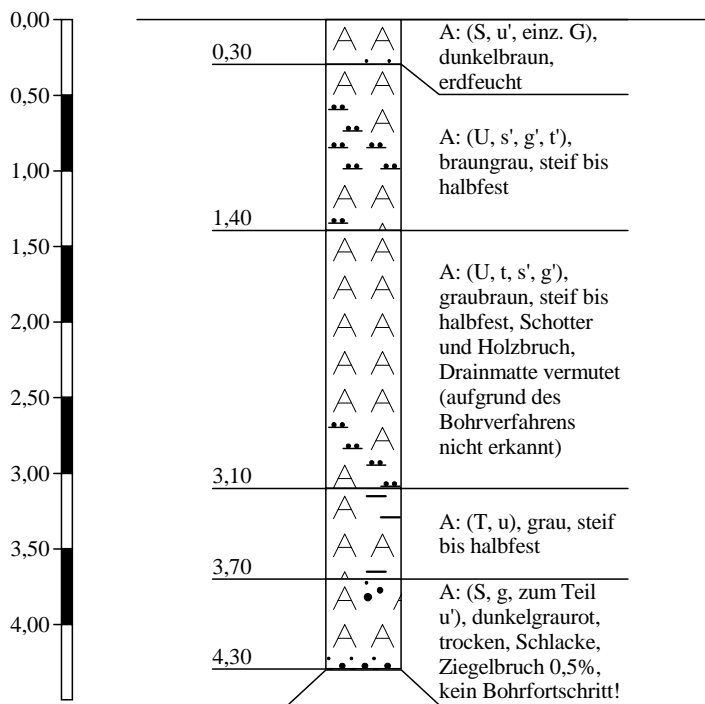
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

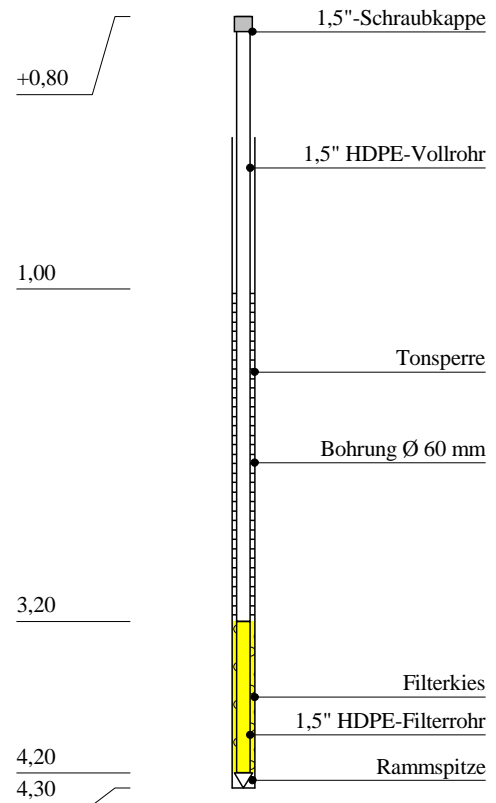
Anlage:
Datum: 22.04.2021
Projektnummer: 21.10211
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Bohrung/Schurf: RKB 10

RKB 10



BL 10



Höhenmaßstab 1:50

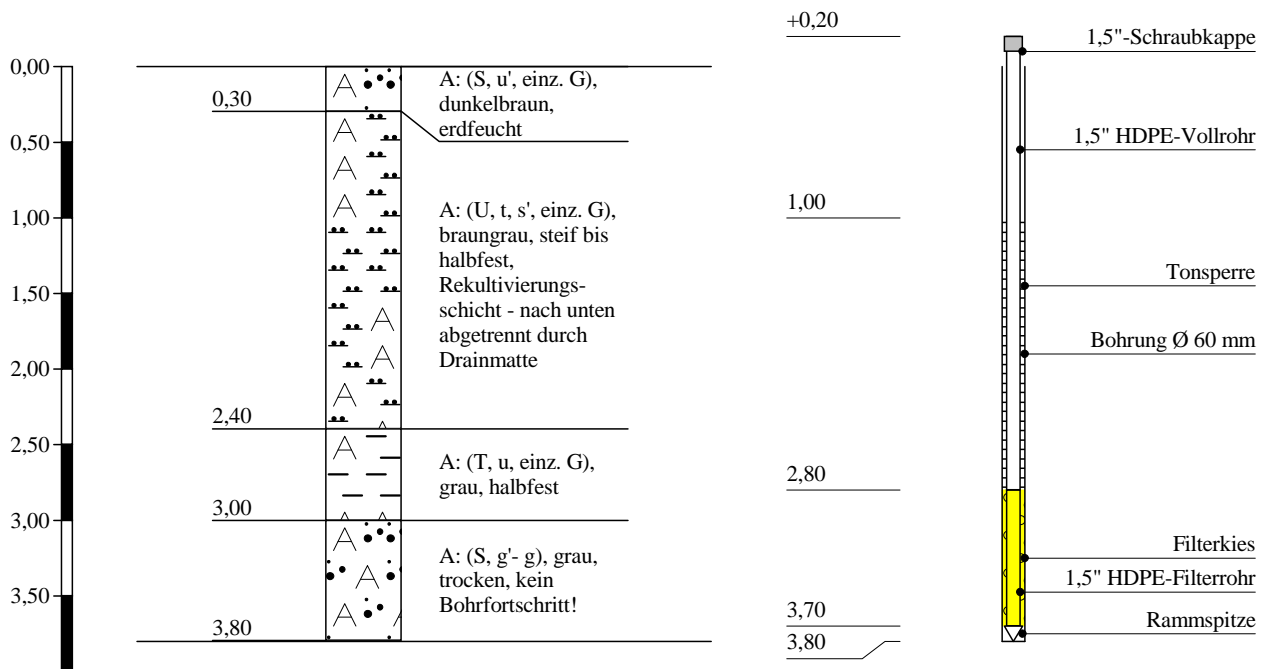
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 22.04.2021
Projektnummer: 21.10211
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Bohrung/Schurf: RKB 11

RKB 11

BL 11



Höhenmaßstab 1:50

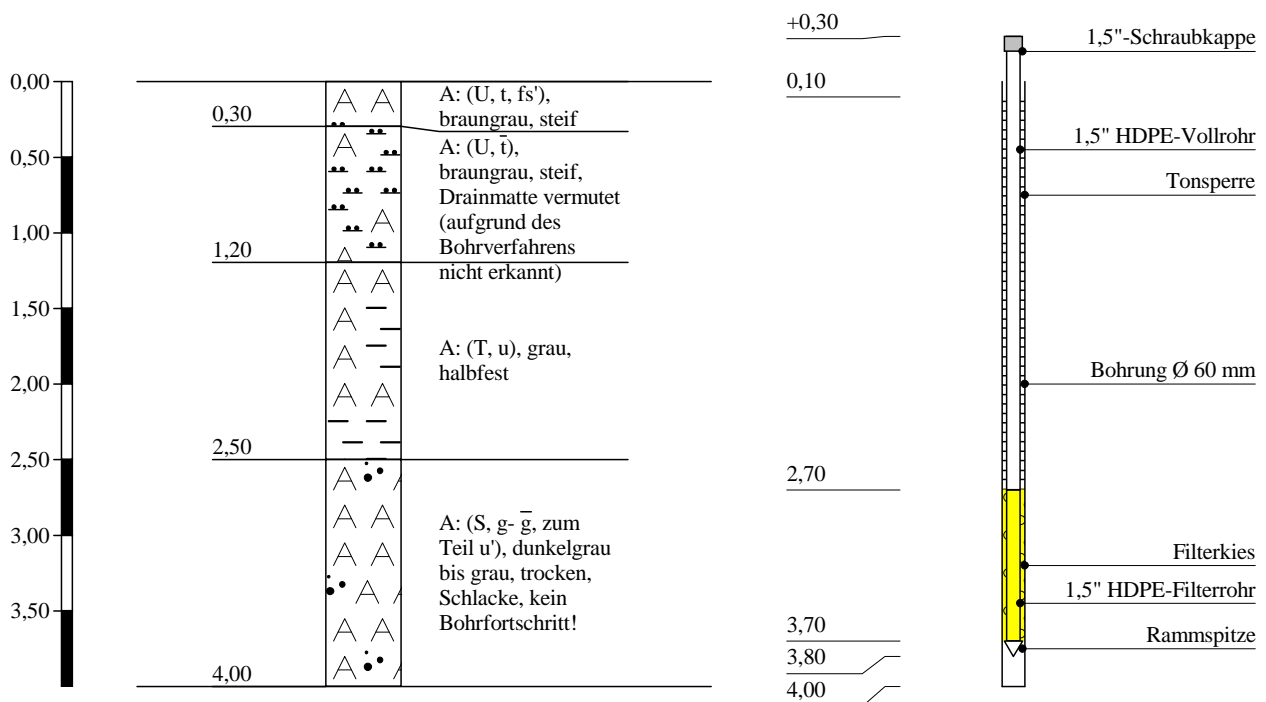
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 16.04.2021
Projektnummer: 21.10211
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Bohrung/Schurf: RKB 12

RKB 12

BL 12



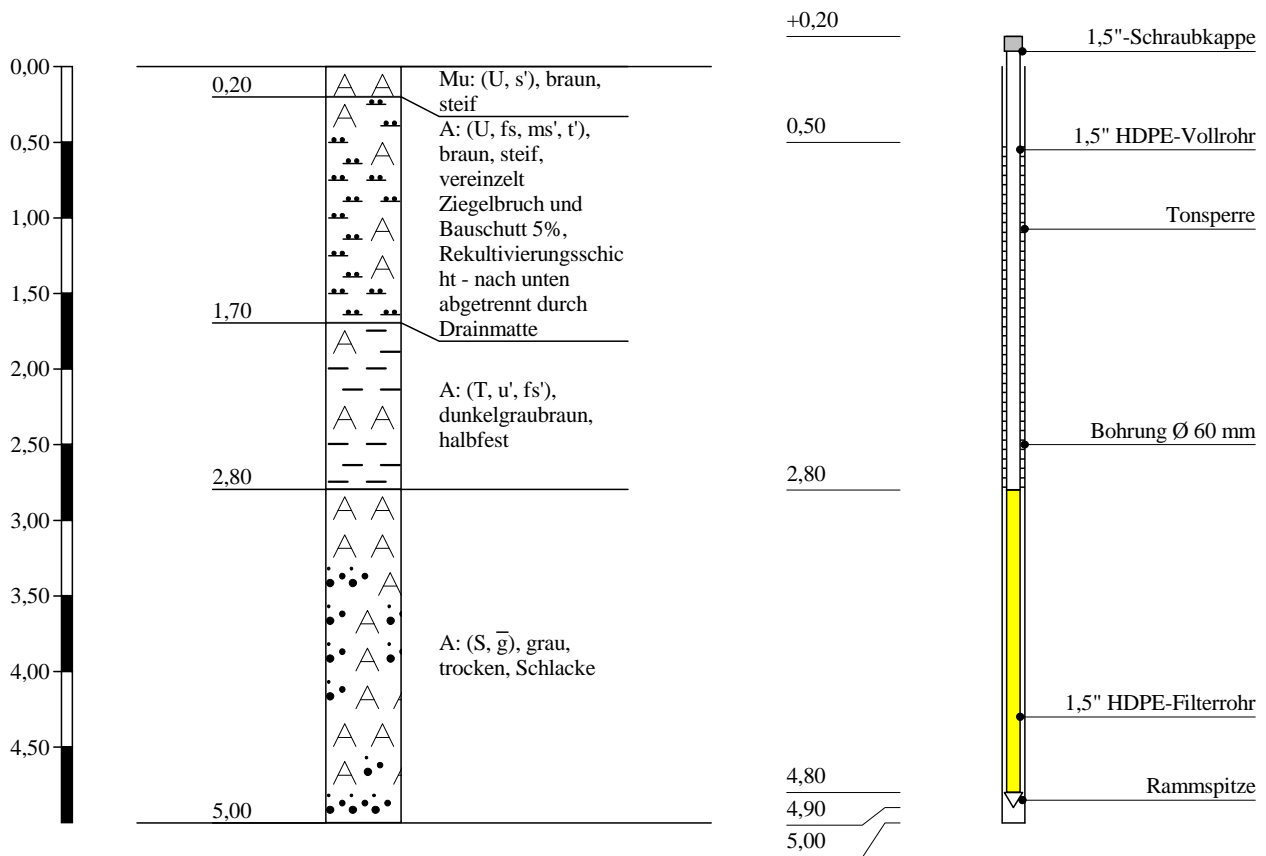
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 16.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 13
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 13

BL 13



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:

Datum: 16.04.2021

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg

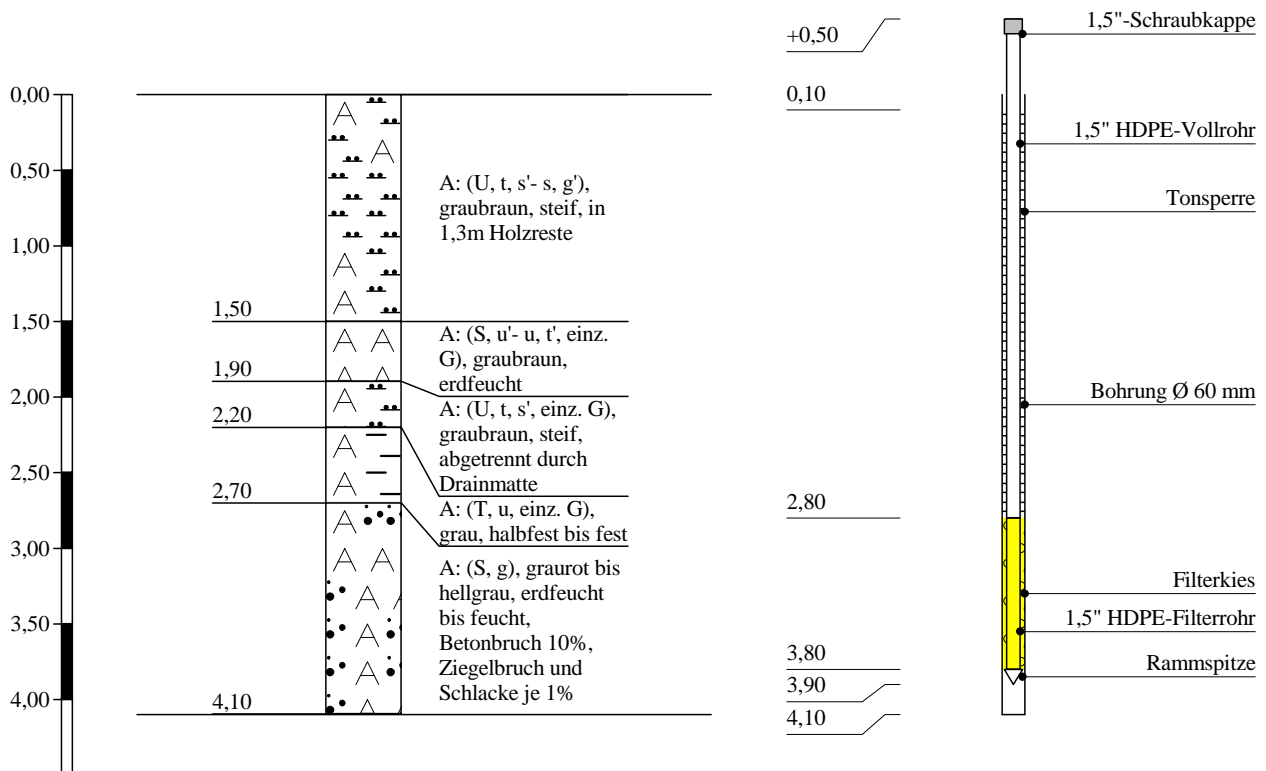
Projektnummer: 21.10211

Bohrung/Schurf: RKB 14

Bearb.: Terratec GmbH
(0 20 54) 87 36 15

RKB 14

BL 14

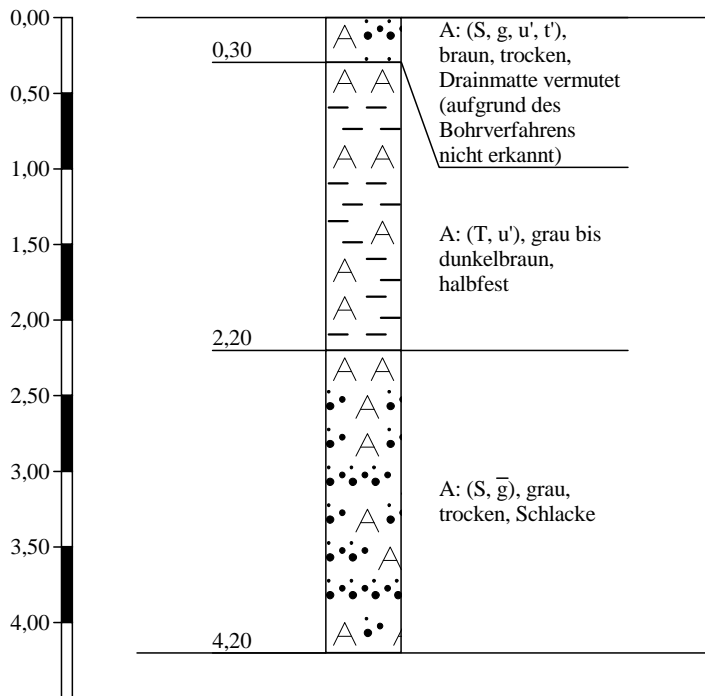


Höhenmaßstab 1:50

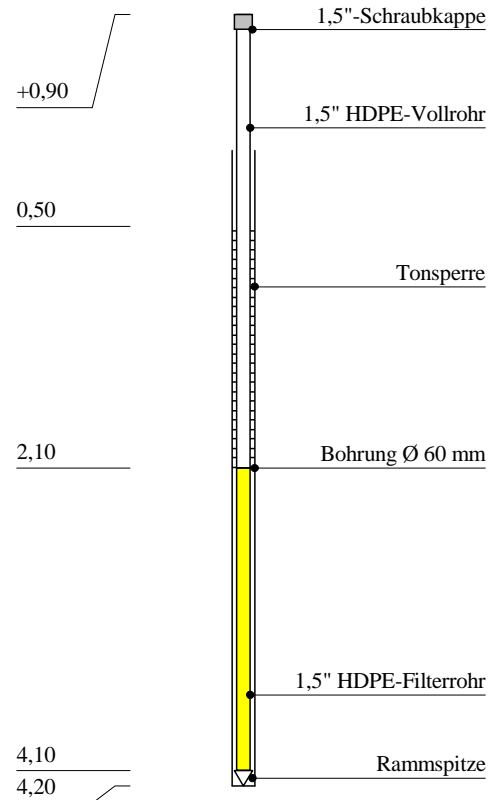
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 16.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 15
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 15



BL 15



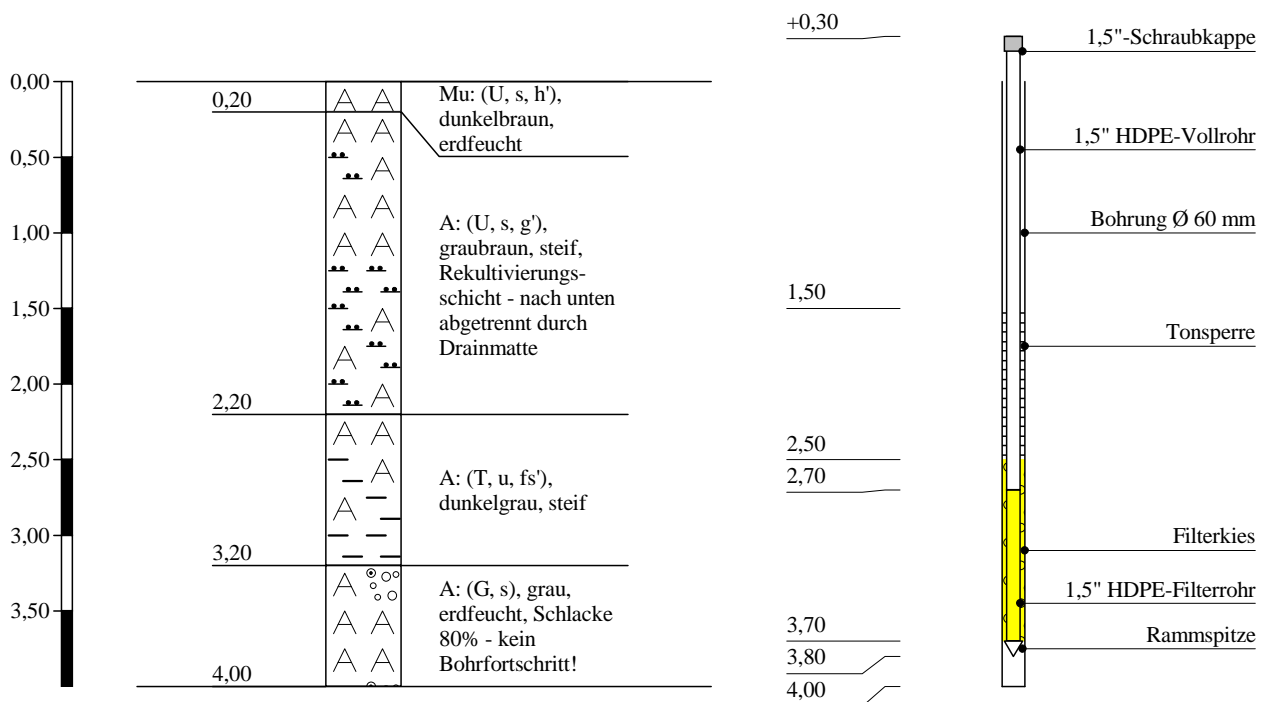
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 03.03.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 16
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 16

BL 16



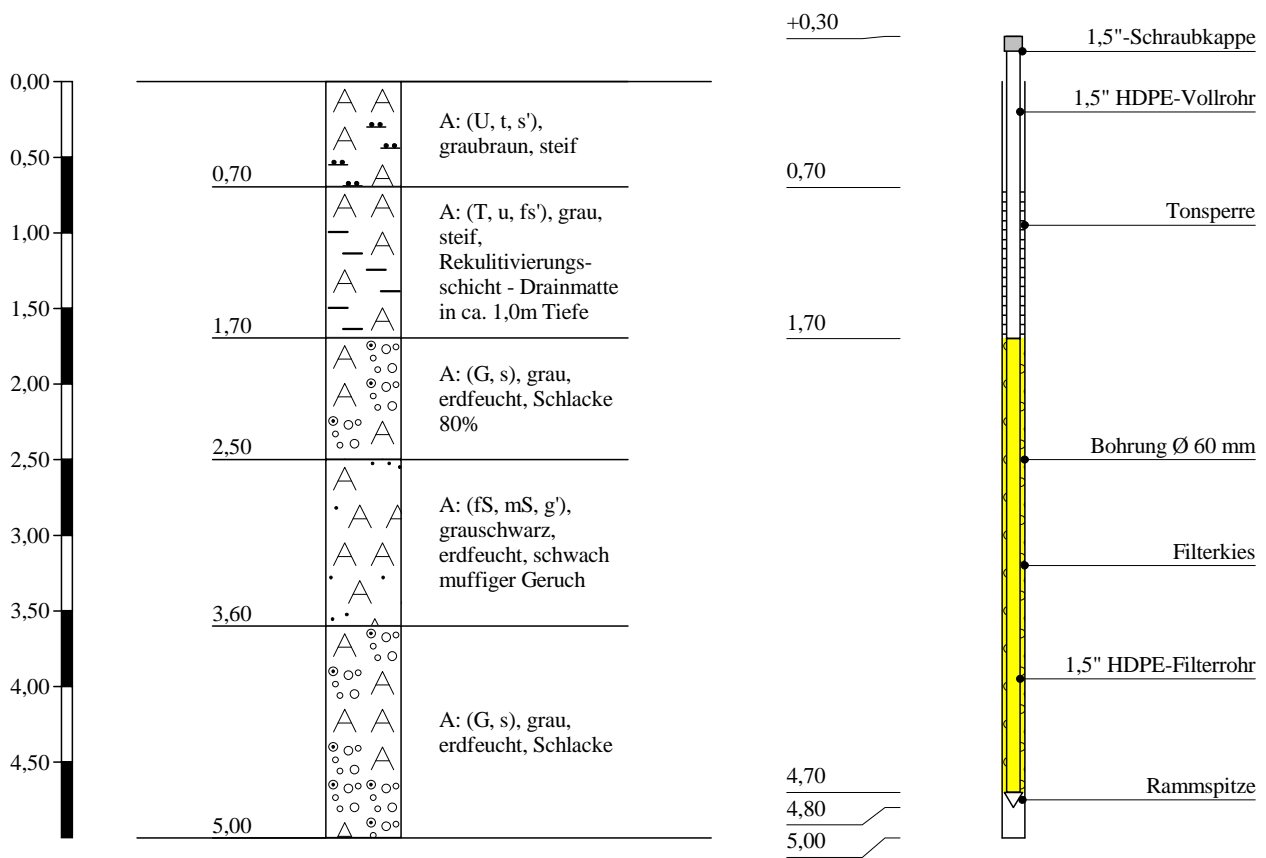
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 03.03.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 17
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 17

BL 17



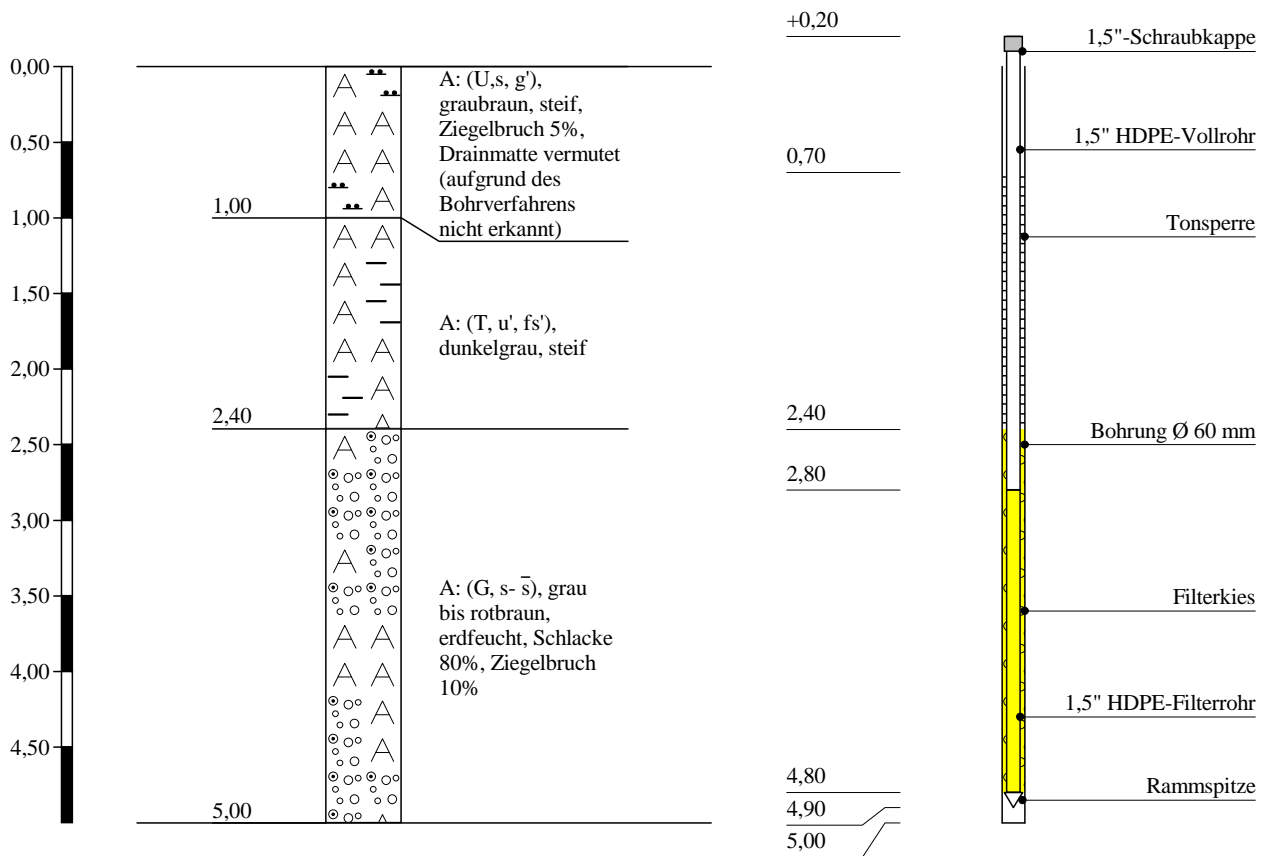
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 03.03.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 18
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 18

BL 18



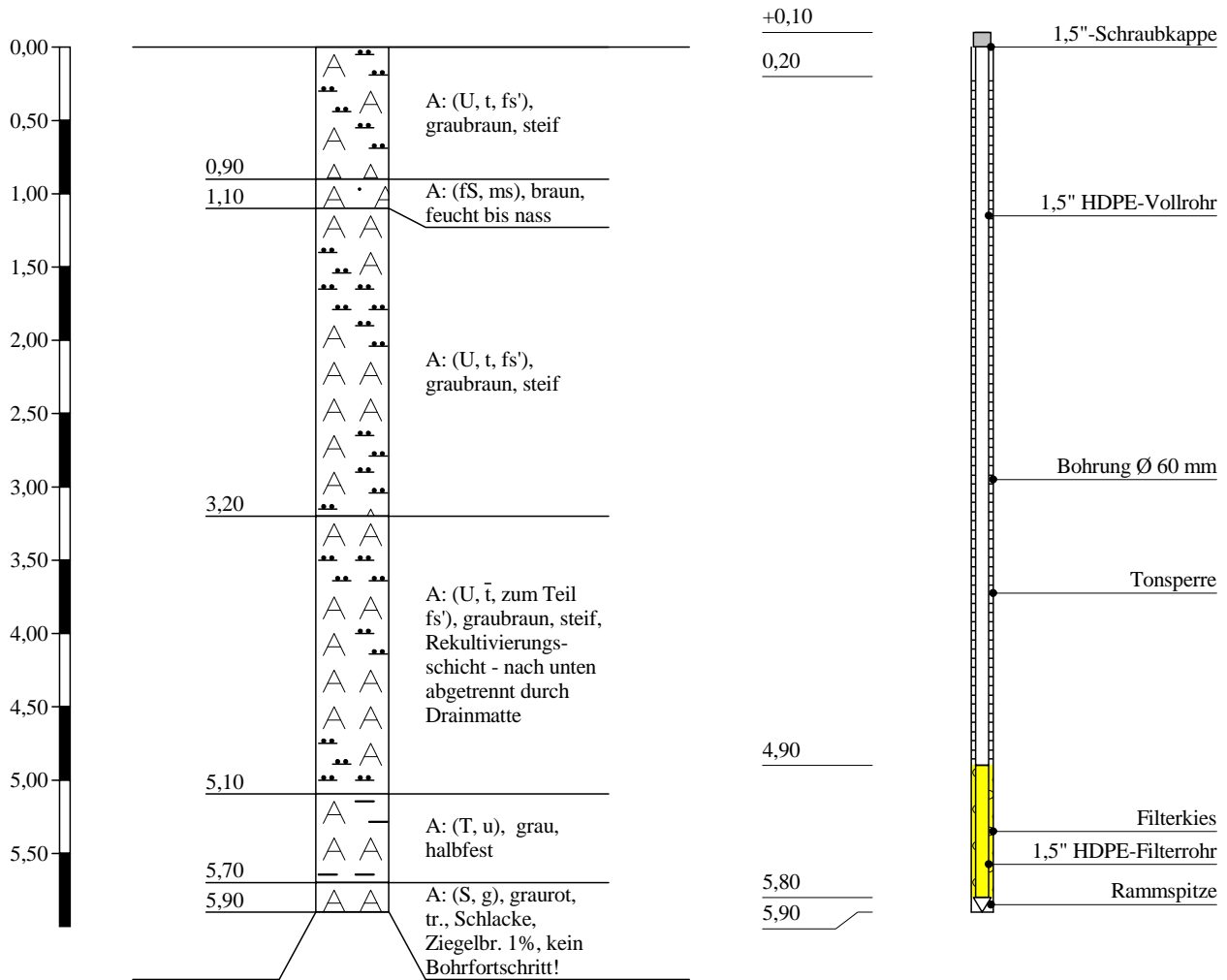
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 16.04.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 19
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 19

BL 19



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:

Datum: 22.04.2021

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg

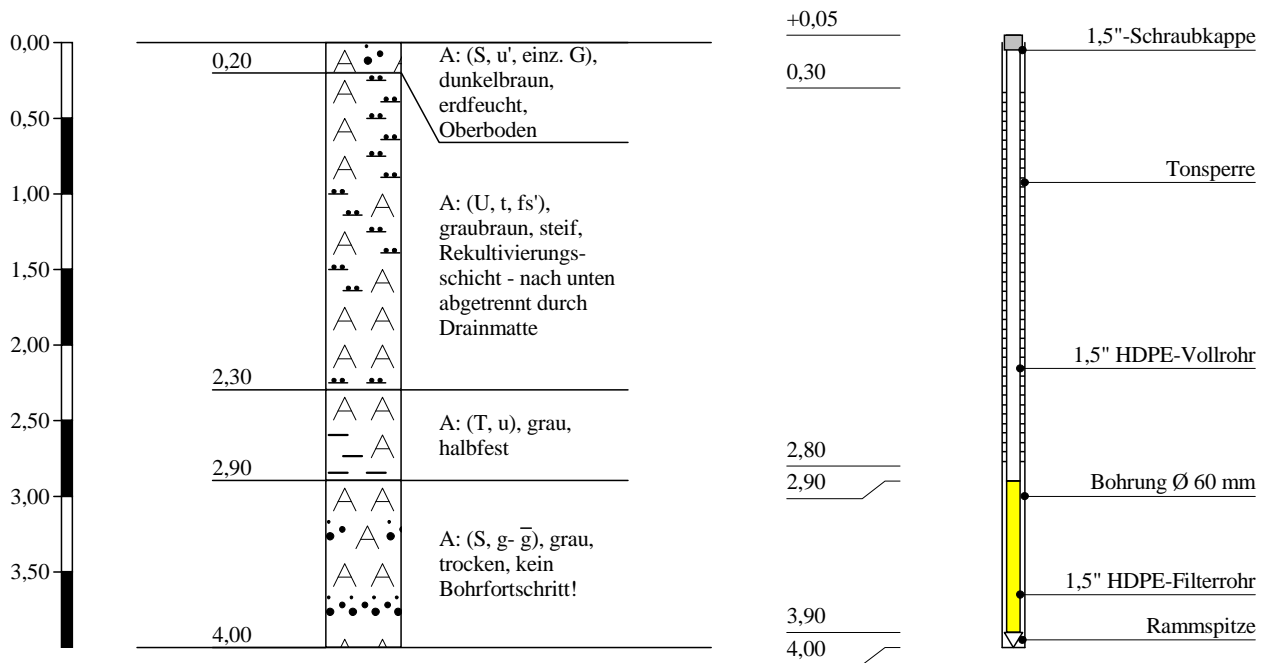
Projektnummer: 21.10211

Bohrung/Schurf: RKB 20

Bearb.: Terratec GmbH
(0 20 54) 87 36 15

RKB 20

BL 20



Höhenmaßstab 1:50

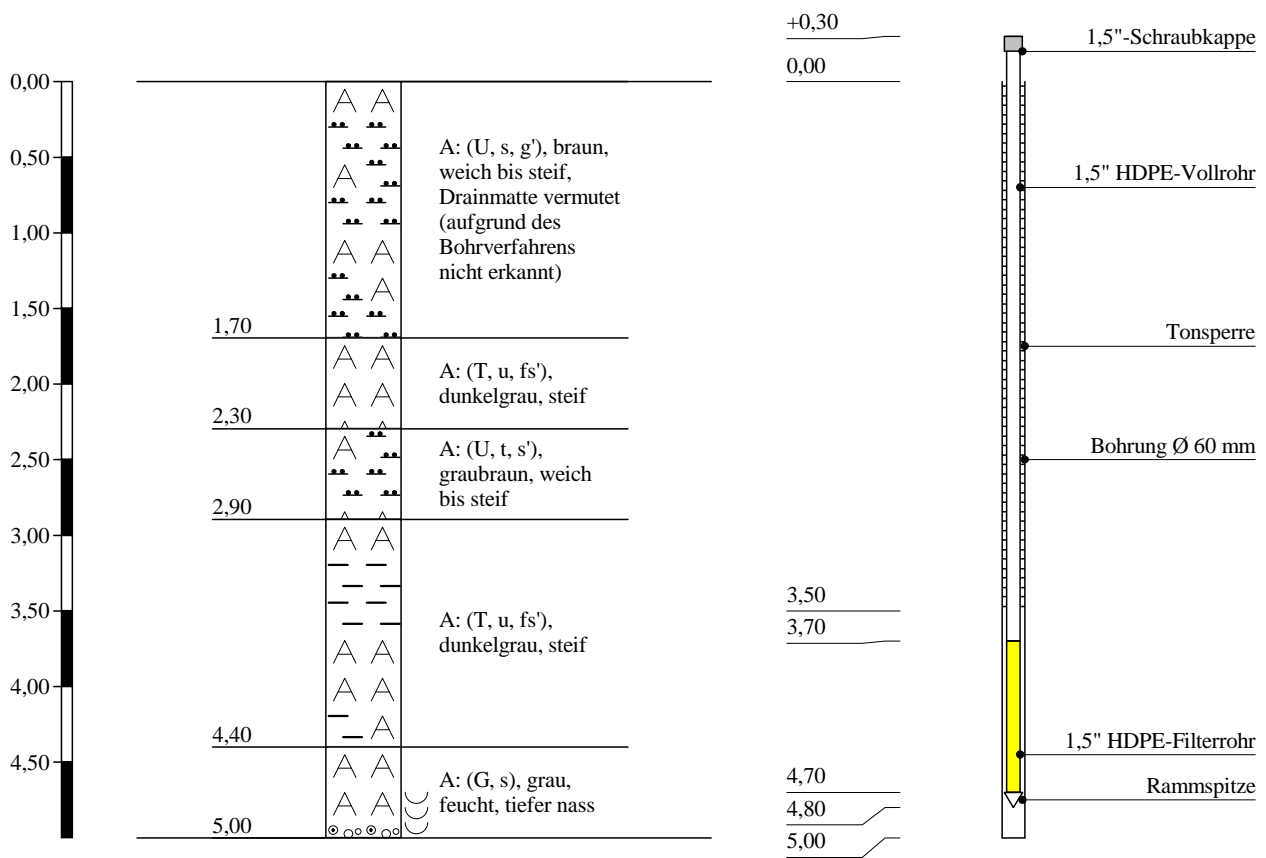
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 03.03.2021
Projektnummer: 21.10211
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Bohrung/Schurf: RKB 21

RKB 21

BL 21



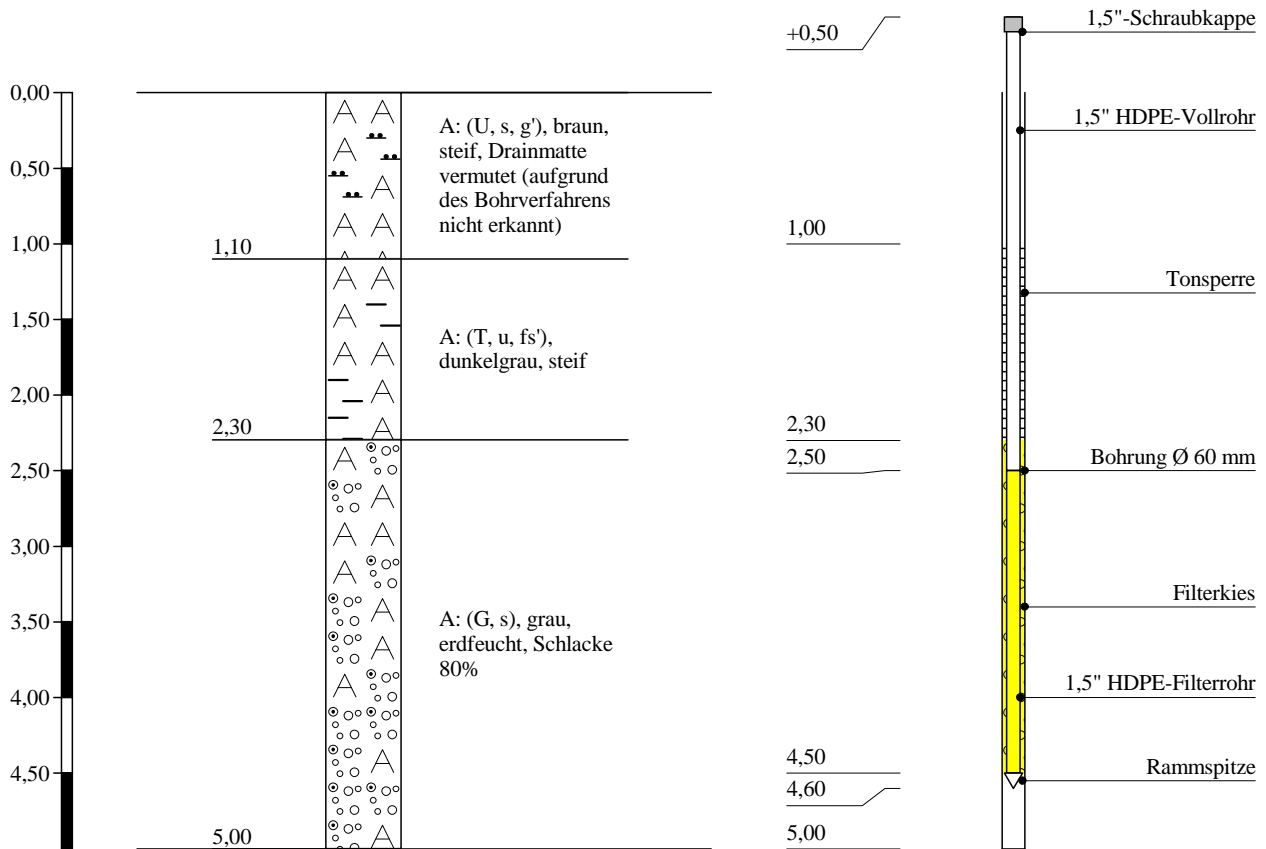
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 04.03.2021
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 21.10211
Bohrung/Schurf: RKB 22
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

RKB 22

BL 22



Höhenmaßstab 1:50

		Schichtenverzeichnis				Anlage	
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:	
						Az.: 21.10211	
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg							
Bohrung Nr RKB 1 /Blatt 1						Datum:	
						16.04.2021	
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe		i) Kalk- gehalt		
1,00	a) A: (U, fs, ms, gs', g'), braun, steif, Rekultivierungsschicht - nach unten Abtrennung durch Drainmatte						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g) A, s	h)				
1,80	a) A: (T, u', fs'), dunkelgraubraun, halbfest						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g) A, t	h)				
2,90	a) A: (S, \bar{g}), grau, trocken, Schlacke						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g) A, s	h)				
3,00	a) A: (U, t', fs'), weiß, steif						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g) A, u	h)				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 2 /Blatt 1						Datum:		
						16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,40	a) A: (U, t, fs', einz. G), braungrau, steif, Drainmatte (im Schurf nachgewiesen)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,00	a) A: (T, u), grau, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,30	a) A: (S, g), dunkelgraurot, trocken, Schlacke, Ziegelbruch 2%, Glas 1%, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 3 /Blatt 1						Datum:		
						16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,70	a) Mu: (U, fs'), braun, steif, Ansatzpunkt an Böschung							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,70	a) A: (U, fs, ms', gs'), braun, steif, Bauschutt/ Ziegelbruch ca. 5%, Rekultivierungsschicht - nach unten							
	b) abgetrennt durch Drainmatte (im Schurf nachgewiesen)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,30	a) A: (T), grau, "fett", im Schurf nachgewiesen							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) A, t	h)	i)				
3,90	a) A: (S, \bar{g}), grau, trocken, Schlacke, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 4 /Blatt 1						Datum: 23.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,30	a) Mu: (fS, u), braun, trocken							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,10	a) A: (U, t, fs', ms'), braun, steif bis halbfest, Rekultivierungsschicht - nach unten abgetrennt durch							
	b) Drainmatte							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,80	a) A: (T, u', fs'), dunkelgraubraun, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,80	a) A: (S, \bar{g}), grau, trocken, schwach schwefeliger Geruch							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 5 /Blatt 1						Datum: 03.03.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,20	a) Mu: (U, s), dunkelbraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,10	a) A: (U, s, g'), braun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,30	a) A: (U, s- \bar{s} , g'), graubraun, weich bis steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,30	a) A: (U, s, t), grau, steif bis weich, Rekultivierungsschicht - Drainmatte in 5,3m Tiefe							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,90	a) T, u', grau, fest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 5 /Blatt 2						Datum:		
						03.03.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
6,50	a) A: (G, s), grau, trocken, Schlacke, wenig Ziegelbruch - kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) A, g	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 6 /Blatt 1						Datum: 23.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,20	a) Mu: (fS, u), braun, trocken							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,00	a) A: (U, f̄s, ms', t'), braungrau, steif, Rekultivierungsschicht - nach unten abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,60	a) A: (T, u'), dunkelgrau, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,40	a) A: (S, f̄g, mg), grau, trocken, Schlacke - schwach schwefeliger Geruch							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 7 /Blatt 1						Datum: 21.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,20	a) A: (U, s), dunkelbraun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,10	a) A: (U, fs, t'- t, einz. G), graubraun, steif, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,50	a) A: (T, u), grau, steif bis halbfest (Tonmächtigkeit vermutlich höher, vgl. Schurtaufnahmen)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,80	a) A: (S, g, zum Teil u'- u), grau bis hellgraubraun, erdflecht, Schlacke, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 8 /Blatt 1						Datum:		
						21.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,80	a) A: (U, fs'- fs, t', einz. G), braungrau, steif bis halbfest, Rekultivierungs- schicht - nach unten abgetrennt durch							
	b) Drainmatte							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,70	a) A: (T, u, fs', einz. G), grau, steif bis halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,80	a) A: (S, g, zum Teil u'), grau, trocken, Schlacke, Ziegelbruch 2%, Glas 1%, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 9 /Blatt 1						Datum: 21.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,25	a) A: (S, u'), braun, erdfeucht, Oberboden							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,20	a) A: (U, t, fs'), graubraun, steif, Rekultivierungsschicht - nach unten abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,90	a) A: (T, u'), grau, steif bis halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,60	a) A: (S, g, u'), dunkelgrau, trocken bis erdfeucht, Schlacke, Ziegelbruch 0,5%, Metallreste 1%							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 10 /Blatt 1						Datum:		
						22.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,30	a) A: (S, u', einz. G), dunkelbraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,40	a) A: (U, s', g', t'), braungrau, steif bis halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,10	a) A: (U, t, s', g'), graubraun, steif bis halbfest, Schotter und Holzbruch, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,70	a) A: (T, u), grau, steif bis halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,30	a) A: (S, g, zum Teil u'), dunkelgraurot, trocken, Schlacke, Ziegelbruch 0,5%, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 11 /Blatt 1						Datum: 22.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,30	a) A: (S, u', einz. G), dunkelbraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,40	a) A: (U, t, s', einz. G), braungrau, steif bis halbfest, Rekultivierungs- schicht - nach unten abgetrennt durch							
	b) Drainmatte							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,00	a) A: (T, u, einz. G), grau, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,80	a) A: (S, g'- g), grau, trocken, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 12 /Blatt 1						Datum:		
						16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,30	a) A: (U, t, fs'), braungrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,20	a) A: (U, t̄), braungrau, steif, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,50	a) A: (T, u), grau, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,00	a) A: (S, g- ḡ, zum Teil u'), dunkelgrau bis grau, trocken, Schlacke, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 13 /Blatt 1						Datum:		
						16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,20	a) Mu: (U, s'), braun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,70	a) A: (U, fs, ms', t'), braun, steif, vereinzelt Ziegelbruch und Bauschutt 5%, Rekultivierungsschicht - nach unten							
	b) abgetrennt durch Drainmatte							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,80	a) A: (T, u', fs'), dunkelgraubraun, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,00	a) A: (S, ḡ), grau, trocken, Schlacke							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 14 /Blatt 1						Datum: 16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,50	a) A: (U, t, s'- s, g'), graubraun, steif, in 1,3m Holzreste							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,90	a) A: (S, u'- u, t', einz. G), graubraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,20	a) A: (U, t, s', einz. G), graubraun, steif, abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,70	a) A: (T, u, einz. G), grau, halbfest bis fest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,10	a) A: (S, g), graurot bis hellgrau, erdfeucht bis feucht, Betonbruch 10%, Ziegelbruch und Schlacke je 1%							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 15 /Blatt 1						Datum: 16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,30	a) A: (S, g, u', t'), braun, trocken, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,20	a) A: (T, u'), grau bis dunkelbraun, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,20	a) A: (S, \bar{g}), grau, trocken, Schlacke							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 16 /Blatt 1						Datum:		
						03.03.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,20	a) Mu: (U, s, h'), dunkelbraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,20	a) A: (U, s, g'), graubraun, steif, Rekultivierungsschicht - nach unten abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,20	a) A: (T, u, fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,00	a) A: (G, s), grau, erdfeucht, Schlacke 80% - kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 17 /Blatt 1						Datum: 03.03.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,70	a) A: (U, t, s'), graubraun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,70	a) A: (T, u, fs'), grau, steif, Rekultivierungs- schicht - Drainmatte in ca. 1,0m Tiefe							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,50	a) A: (G, s), grau, erdfeucht, Schlacke 80%							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,60	a) A: (fS, mS, g'), grauschwarz, erdfeucht, schwach muffiger Geruch							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,00	a) A: (G, s), grau, erdfeucht, Schlacke							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 18 /Blatt 1						Datum:		
						03.03.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,00	a) A: (U,s, g'), graubraun, steif, Ziegelbruch 5%, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens)							
	b) nicht erkannt)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,40	a) A: (T, u', fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,00	a) A: (G, s- s̄), grau bis rotbraun, erdfeucht, Schlacke 80%, Ziegelbruch 10%							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 19 /Blatt 1						Datum: 16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,90	a) A: (U, t, fs'), graubraun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,10	a) A: (fS, ms), braun, feucht bis nass							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,20	a) A: (U, t, fs'), graubraun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,10	a) A: (U, t̄, zum Teil fs'), graubraun, steif, Rekultivierungsschicht - nach unten abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,70	a) A: (T, u), grau, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 19 /Blatt 2						Datum:		
						16.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
5,90	a) A: (S, g), graurot, tr., Schlacke, Ziegelbr. 1%, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 20 /Blatt 1						Datum: 22.04.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,20	a) A: (S, u', einz. G), dunkelbraun, erdfeucht, Oberboden							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,30	a) A: (U, t, fs'), graubraun, steif, Rekultivierungsschicht - nach unten abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,90	a) A: (T, u), grau, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,00	a) A: (S, g- \bar{g}), grau, trocken, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 21 /Blatt 1						Datum: 03.03.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,70	a) A: (U, s, g'), braun, weich bis steif, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,30	a) A: (T, u, fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,90	a) A: (U, t, s'), graubraun, weich bis steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,40	a) A: (T, u, fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,00	a) A: (G, s), grau, feucht, tiefer nass							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 21.10211		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr RKB 22 /Blatt 1						Datum: 04.03.2021		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
1,10	a) A: (U, s, g'), braun, steif, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,30	a) A: (T, u, fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,00	a) A: (G, s), grau, erdfeucht, Schlacke 80%							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

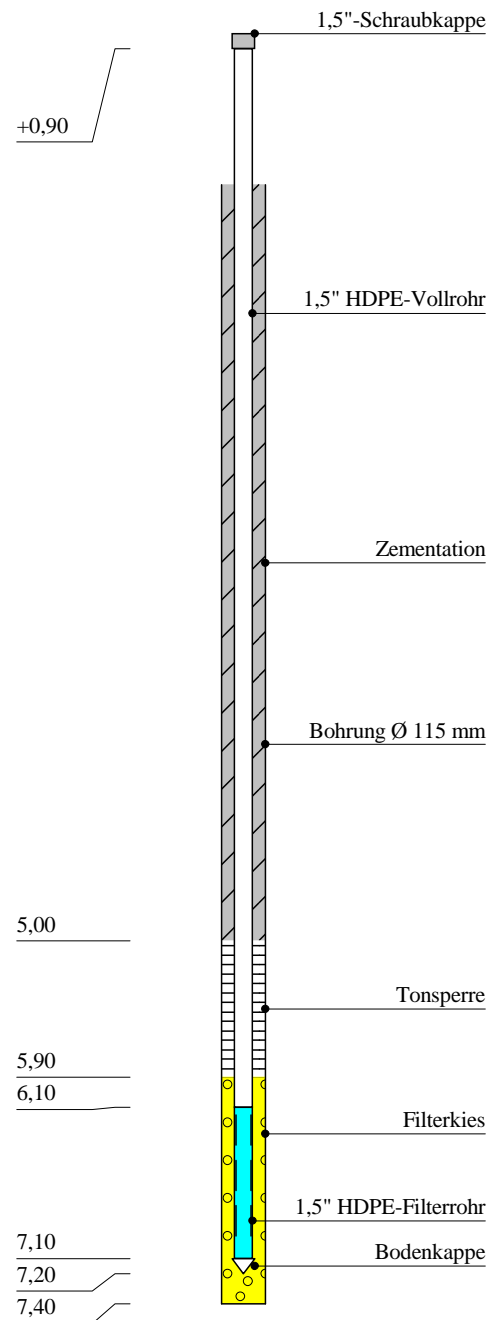
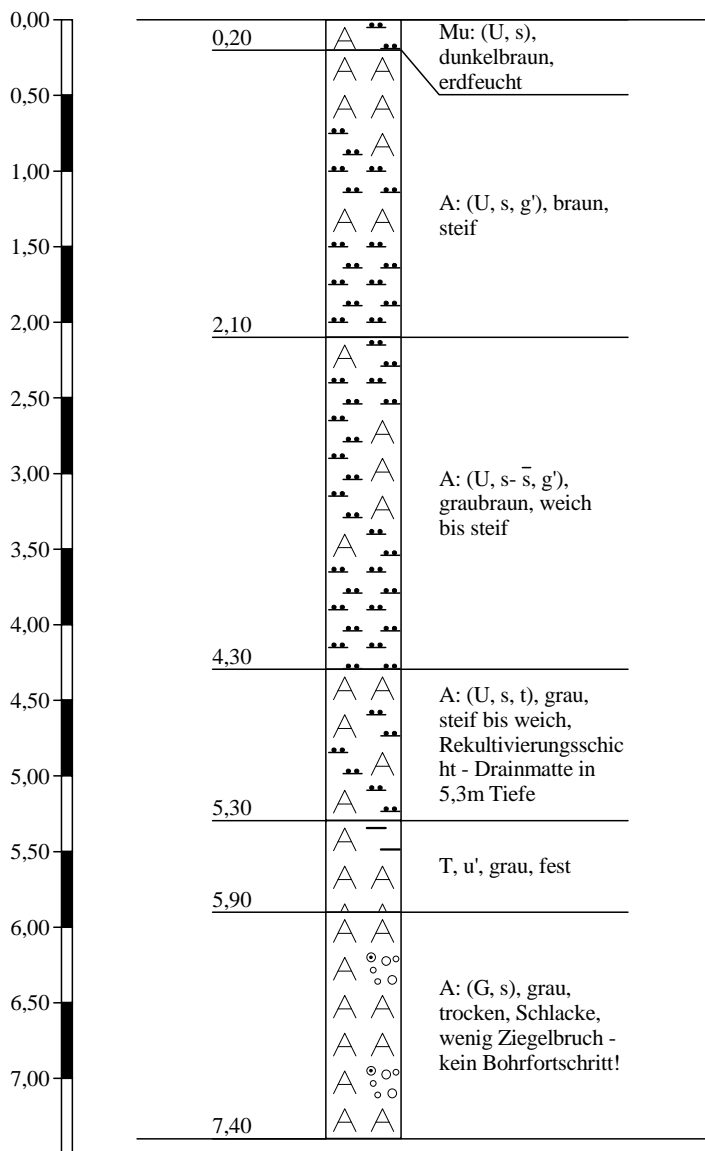
¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 28.04.2022
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 22.11084
Bohrung/Schurf: VBS 5 (115mm Vollschnecke)
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

VBS 5 (115mm Vollschnecke)

BL 5



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:

Datum: 28.04.2022

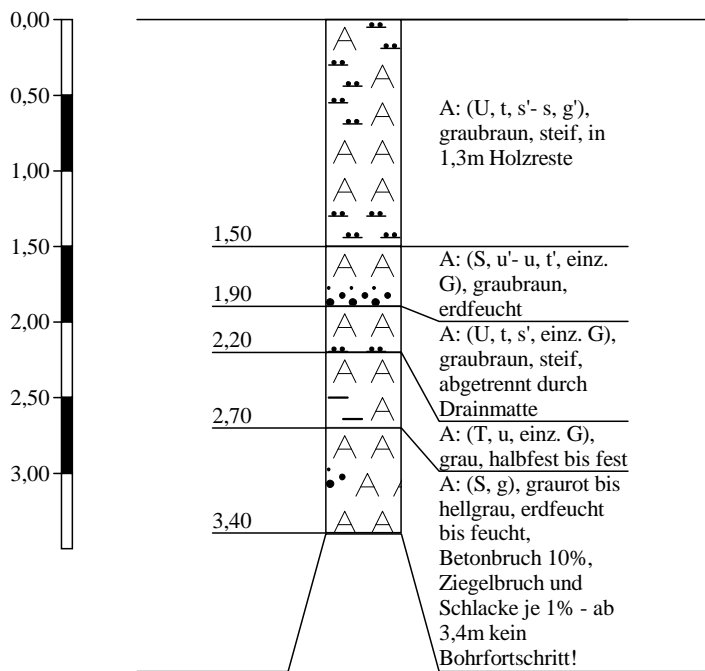
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg

Projektnummer: 22.11084

Bohrung/Schurf: VBS 14, 1. Versuch (115mm Vollschncke)

Bearb.: Terratec GmbH
(0 20 54) 87 36 15

VBS 14, 1. Versuch (115mm Vollschncke)



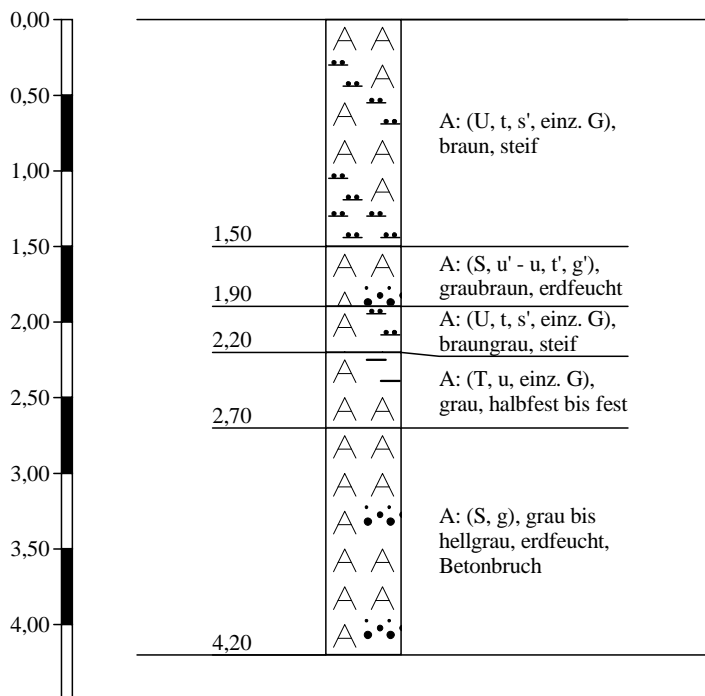
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

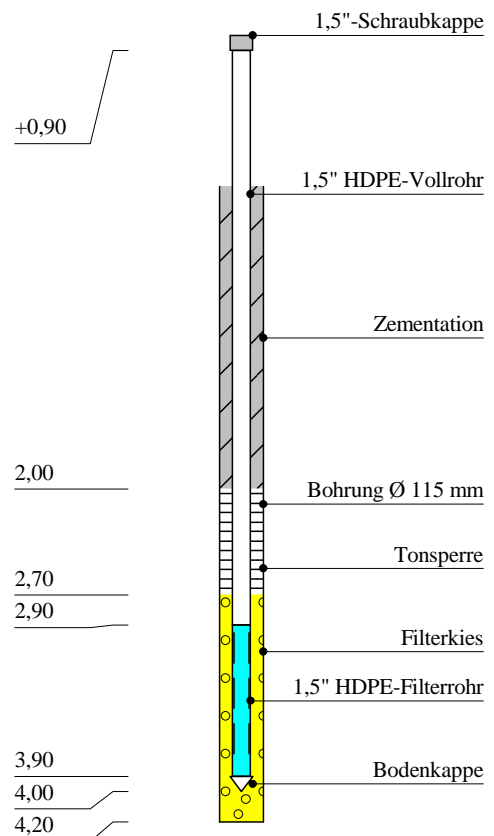
Anlage:
Datum: 28.04.2022
Projektnummer: 22.11084
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Bohrung/Schurf: VBS 14, 2. Versuch (115mm Vollschncke)

VBS 14, 2. Versuch (115mm Vollschncke)



BL 14

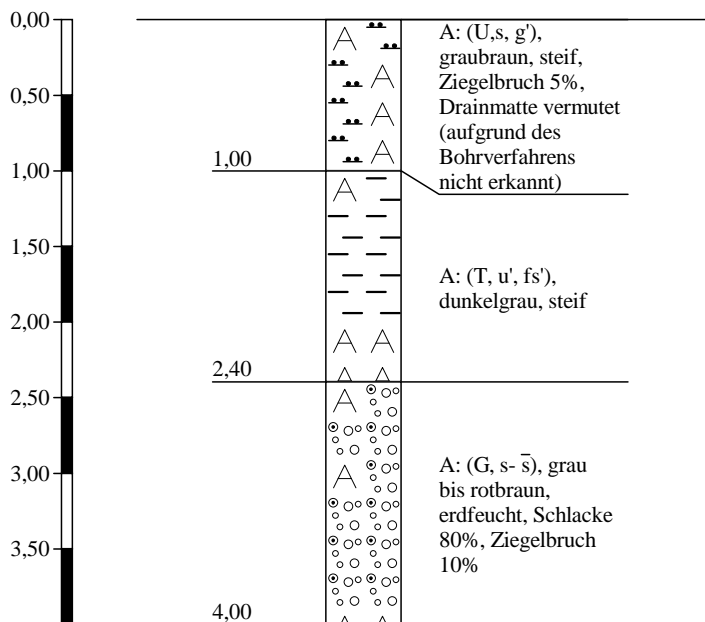


Höhenmaßstab 1:50

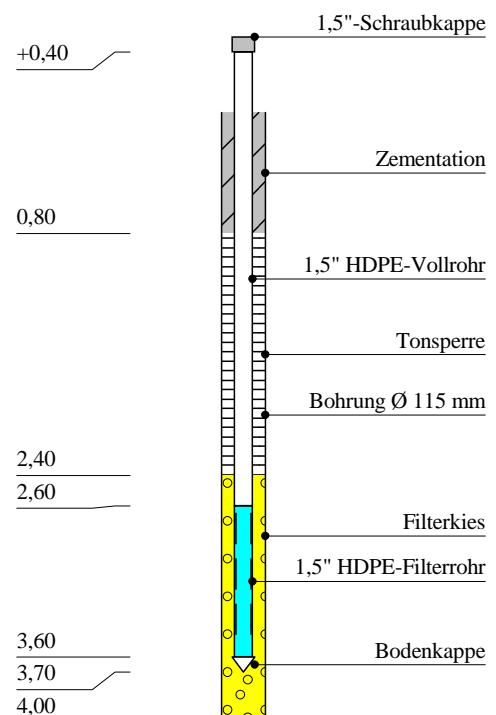
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:	
Datum:	28.04.2022
Projekt:	Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer:	22.11084
Bohrung/Schurf:	VBS 18 (115mm Vollschncke)
Bearb.:	Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

VBS 18 (115mm Vollschncke)



BL 18

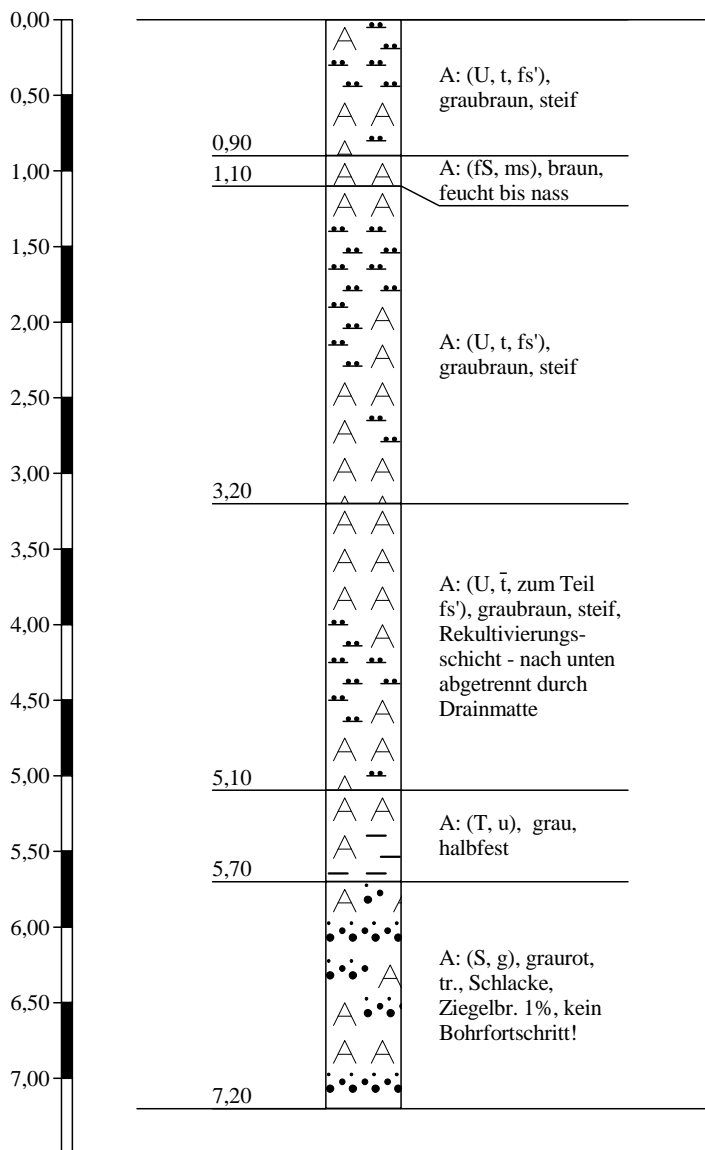


Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

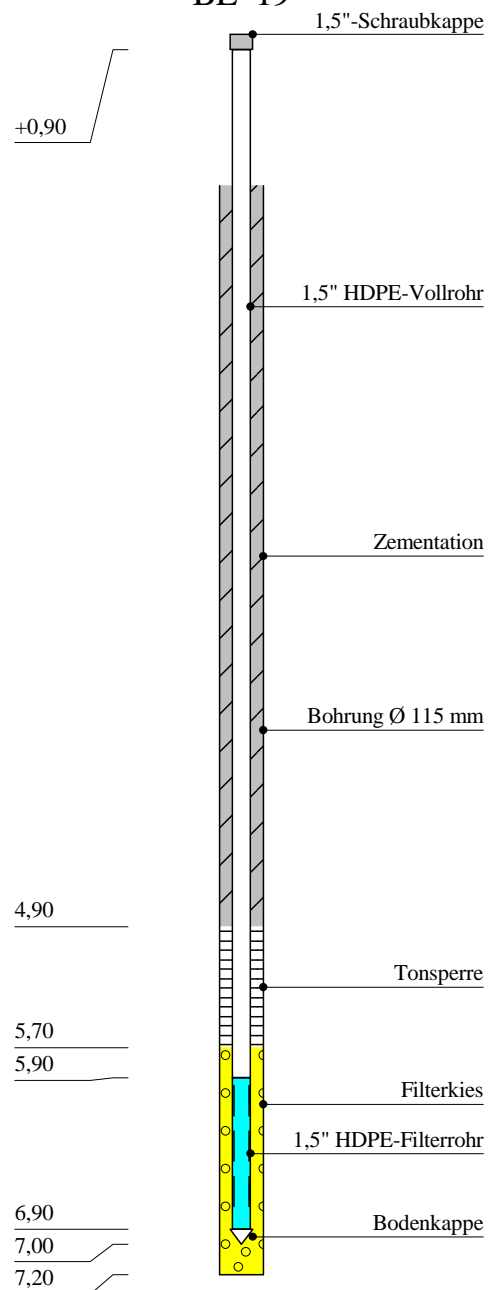
Anlage:	
Datum:	28.04.2022
Projekt:	Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer:	22.11084
Bohrung/Schurf:	VBS 19 (115mm Vollschnecke)
Bearb.:	Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

VBS 19 (115mm Vollschnecke)



Höhenmaßstab 1:50

BL 19

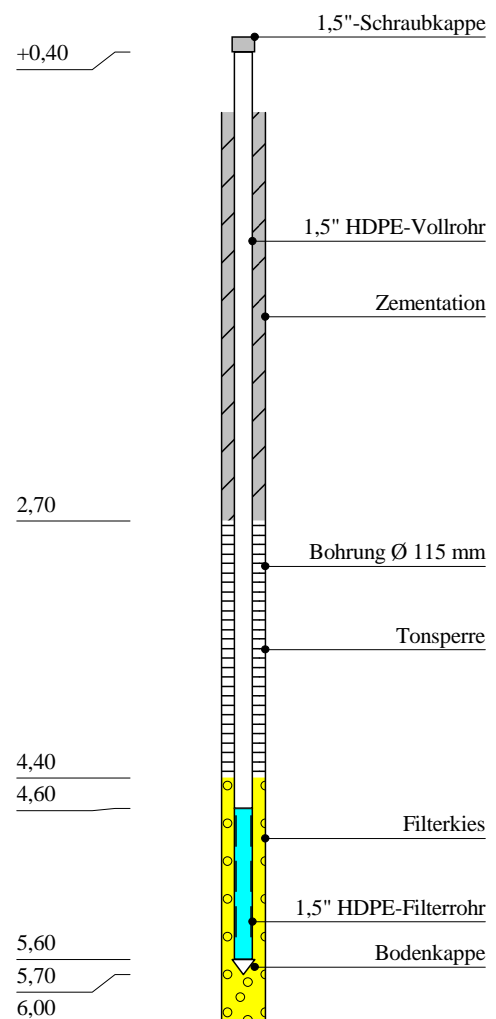
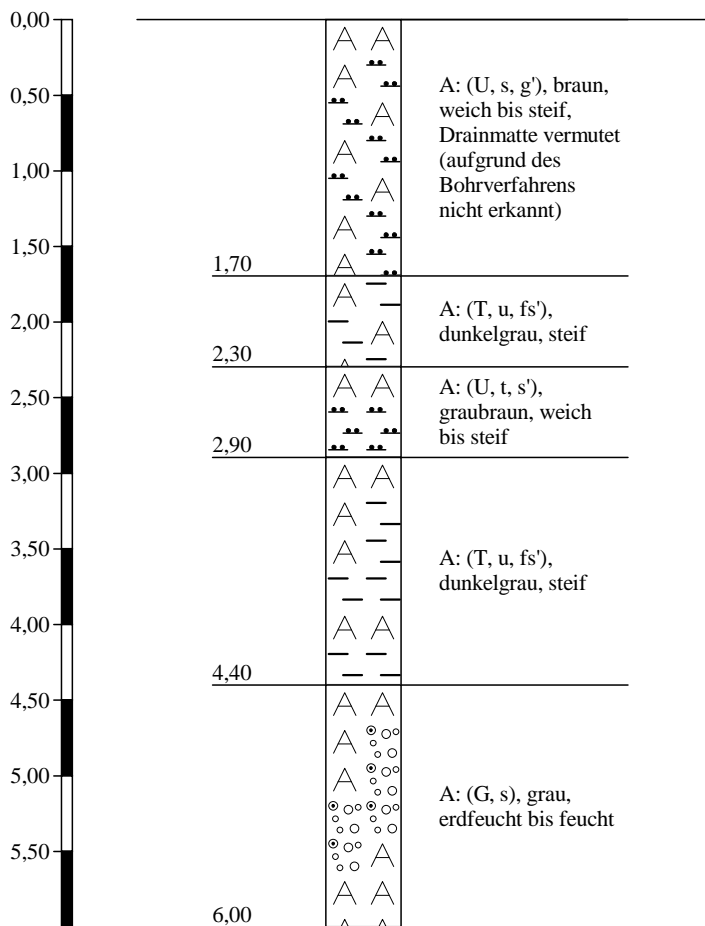


Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:	
Datum:	28.04.2022
Projekt:	Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer:	22.11084
Bohrung/Schurf:	VBS 21 (115mm Vollschnecke)
Bearb.:	Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

VBS 21 (115mm Vollschnecke)

BL 21

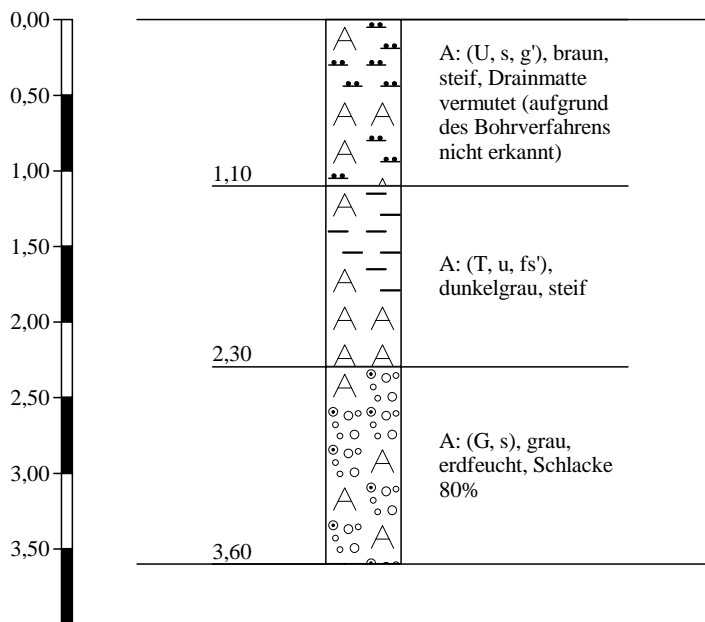


Höhenmaßstab 1:50

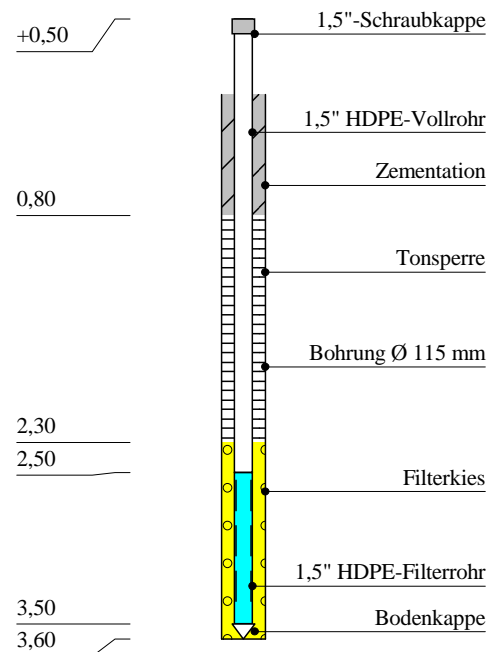
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:
Datum: 28.04.2022
Projekt: Hünxe - Deponie Mühlenberg
Projektnummer: 22.11084
Bohrung/Schurf: VBS 22 (115mm Vollschnেকে)
Bearb.: Terratec GmbH (0 20 54) 87 36 15

VBS 22 (115mm Vollschnেকে)



BL 22



Höhenmaßstab 1:50

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 5 (115mm Vollschncke) /Blatt 1						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,20	a) Mu: (U, s), dunkelbraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,10	a) A: (U, s, g'), braun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,30	a) A: (U, s- \bar{s} , g'), graubraun, weich bis steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,30	a) A: (U, s, t), grau, steif bis weich, Rekultivierungsschicht - Drainmatte in 5,3m Tiefe							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,90	a) T, u', grau, fest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 5 (115mm Vollschncke) /Blatt 2						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
7,40	a) A: (G, s), grau, trocken, Schlacke, wenig Ziegelbruch - kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) A, g	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 14, 1. Versuch (115mm Vollschnecke) /Blatt 1						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,50	a) A: (U, t, s'- s, g'), graubraun, steif, in 1,3m Holzreste							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,90	a) A: (S, u'- u, t', einz. G), graubraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,20	a) A: (U, t, s', einz. G), graubraun, steif, abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,70	a) A: (T, u, einz. G), grau, halbfest bis fest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,40	a) A: (S, g), graurot bis hellgrau, erdfeucht bis feucht, Betonbruch 10%, Ziegelbruch und Schlacke je 1% - ab							
	b) 3,4m kein Bohrfortschritt!							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 14, 2. Versuch (115mm Vollschnecke) /Blatt 1						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
1,50	a) A: (U, t, s', einz. G), braun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,90	a) A: (S, u' - u, t', g'), graubraun, erdfeucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) A, s	h)	i)				
2,20	a) A: (U, t, s', einz. G), braungrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) A, u	h)	i)				
2,70	a) A: (T, u, einz. G), grau, halbfest bis fest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) A, t	h)	i)				
4,20	a) A: (S, g), grau bis hellgrau, erdfeucht, Betonbruch							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) A, s	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 18 (115mm Vollschncke) /Blatt 1						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,00	a) A: (U,s, g'), graubraun, steif, Ziegelbruch 5%, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens)							
	b) nicht erkannt)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,40	a) A: (T, u', fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,00	a) A: (G, s- s̄), grau bis rotbraun, erdfeucht, Schlacke 80%, Ziegelbruch 10%							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 19 (115mm Vollschncke) /Blatt 1						Datum:		
						28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0,90	a) A: (U, t, fs'), graubraun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
1,10	a) A: (fS, ms), braun, feucht bis nass							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,20	a) A: (U, t, fs'), graubraun, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,10	a) A: (U, t̄, zum Teil fs'), graubraun, steif, Rekultivierungsschicht - nach unten abgetrennt durch Drainmatte							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
5,70	a) A: (T, u), grau, halbfest							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 19 (115mm Vollschncke) /Blatt 2						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
7,20	a) A: (S, g), graurot, tr., Schlacke, Ziegelbr. 1%, kein Bohrfortschritt!							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 21 (115mm Vollschncke) /Blatt 1						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
1,70	a) A: (U, s, g'), braun, weich bis steif, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,30	a) A: (T, u, fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,90	a) A: (U, t, s'), graubraun, weich bis steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
4,40	a) A: (T, u, fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
6,00	a) A: (G, s), grau, erdfeucht bis feucht							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

		Schichtenverzeichnis				Anlage		
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Bericht:		
						Az.: 22.11084		
Bauvorhaben: Hünxe - Deponie Mühlenberg								
Bohrung Nr VBS 22 (115mm Vollschncke) /Blatt 1						Datum: 28.04.2022		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt				
1,10	a) A: (U, s, g'), braun, steif, Drainmatte vermutet (aufgrund des Bohrverfahrens nicht erkannt)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
2,30	a) A: (T, u, fs'), dunkelgrau, steif							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
3,60	a) A: (G, s), grau, erdfeucht, Schlacke 80%							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

Anlage 3: Probennahmeprotokolle Juli 2022

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [□C]		14°C	14°C
Barometrischer Druck: [hPa]		1025	1025
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		27.04.2022	
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen	
Uhrzeit:		17:00	17:30 16:30
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 1	BL 2 BL 12
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558311 5725148	2558351 5725049 2558372 5725229
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u GOK]:		6,9	2,2 4,7
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		5,9 – 6,9	1,2 – 2,2 3,7 – 4,7
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o ja x nein o
Temperatur Bodenluft [□C]:		14	14 5
Druckabfall [hPa]:		90	90 90
evakuiert [l]:		15	10 16
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10 10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7 0,7
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l 1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 1	BL 2	BL 12

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	16
CO ₂	[Vol %]:	0,8	0	0,1
O ₂	[Vol %]:	18,4	11	16,6
CH ₄	[Vol %]:	0	1	3
PID	[ppm]:	0	0	0
CO	[ppm]:	0	114	1900

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	1
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	5
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	1
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		0,02	1,48	0,04

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen		
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o		
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022		
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312		
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt	
Temperatur Luft: [°C]		11°C	13°C	
Barometrischer Druck: [hPa]				
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken		
Probenahme				
Datum TT/MM/JJJJ:		28.04.2022		
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg		
Probenahme				
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen		
Uhrzeit:		12:00	13:30	8:00
Entnahme von Rückstellproben (RüStP= R)		ja o nein x	ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 6	BL 3	BL 14
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558774 5725296	2558583 5725081	2558411 5725143
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll		
Messstellentiefe [m u GOK]:		5,3	3,8	5,3
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		4,4 – 5,3	2,8 – 3,8	2,8 – 3,8
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		12	12	12
Druckabfall [hPa]:		90	90	90
evakuiert [l]:		22	16	17
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7	0,7
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 6	BL 3	BL 14

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	0
CO ₂	[Vol %]:	1	0	0
O ₂	[Vol %]:	20,1	16	20,2
CH ₄	[Vol %]:	0	0	1
PID	[ppm]:	0	0	0
CO	[ppm]:	0	0	0

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	1
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	5
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	1
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		0	1,55	2,45

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		15°C	15°C
Barometrischer Druck: [hPa]		1025	1025
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		28.04.2022	
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen	
Uhrzeit:		11:15	10:50 10:40
Entnahme von Rückstellproben (RüStP= R)		ja o nein x	ja o nein x ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 8	BL 22 BL 21
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558684 5725519	2558688 5725420 2558620 5725321
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u GOK]:		2,5	4,5 4,7
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		1,5 – 2,5	2,5 – 4,5 3,7 – 4,7
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		4	4 -
Druckabfall [hPa]:		90	90 -
evakuiert [l]:		11	20 -
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10 -
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7 -
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l -

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 8	BL 22	BL 21

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	-
CO ₂	[Vol %]:	2,1	0,5	-
O ₂	[Vol %]:	12,0	20,7	-
CH ₄	[Vol %]:	3	0	-
PID	[ppm]:	0	0	-
CO	[ppm]:	790	0	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	-
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	-
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	-
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		1,83	0	-

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		13°C	13°C
Barometrischer Druck: [hPa]		1025	1025
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		27.04.2022	
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen	
Uhrzeit:		14:00	14:30
Entnahme von Rückstellproben (RüStP= R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 9	BL 10
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558770 5725411	2558784 5725522
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u GOK]:		4,5	4,2
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		3,5 – 4,5	3,2 – 4,2
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		10	10
Druckabfall [hPa]:		90	90
evakuiert [l]:		19	18
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 9	BL 10	

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	
CO ₂	[Vol %]:	1	1	
O ₂	[Vol %]:	20,1	16,9	
CH ₄	[Vol %]:	0	0	
PID	[ppm]:	0	0	
CO	[ppm]:	0	0	

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		1,81	0,97	

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck	Bemerkungen		
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.	ja x nein o		
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ	24.03.2022		
Gerät zur PN:	Gasprobenehmer Desaga 312		
Meteorologische Angaben	Ankunft	Abfahrt	
Temperatur Luft: [°C]	13°C	13°C	
Barometrischer Druck: [hPa]	1025	1025	
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.	sonnig, trocken		
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:	27.04.2022		
Probenahmeort:	Altablagerung Mühlenberg		
Probenahme			
Anreicherung	Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen		
Uhrzeit:	15:00	15:30	16:00
Entnahme von Rückstellproben (RüStP= R)	ja o nein x	ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:	BL 11	BL 7	BL 20
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert	2558720 5725632	2558570 5725470	2558492 5725357
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:	1,5 Zoll		
Messstellentiefe [m u GOK]:	3,8 m	4,6 m	3,9 m
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:	2,8 – 3,8 m	2,6 – 4,6 m	2,9 – 3,9 m
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?	ja x nein o	ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:	12	13	13
Druckabfall [hPa]:	90	90	90
evakuiert [l]:	16	20	17
Evakuierung Förderrate [l/min]:	10	10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:	0,7	0,7	0,7
Volumen Probenahme [l]:	1 l/5 l	1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 11	BL 7	BL 20

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	0
CO ₂	[Vol %]:	0,2	0,7	0,6
O ₂	[Vol %]:	10	19,0	18,3
CH ₄	[Vol %]:	2	0	0,2
PID	[ppm]:	0	0	0
CO	[ppm]:	20	0	0

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	1
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	5
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	1
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		0,78	1,91	2,36

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen		
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o		
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022		
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312		
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt	
Temperatur Luft: [□C]		13°C	13°C	
Barometrischer Druck: [hPa]		1025	1025	
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken		
Probenahme				
Datum TT/MM/JJJJ:		28.04.2022		
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg		
Probenahme				
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen		
Uhrzeit:		13:45	9:00	9:40
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 13	BL 15	BL 17
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558458 5725066	2558517 5725146	2558574 5725226
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5		
Messstellentiefe [m u GOK]:		4,8	4,1	4,7
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		2,8 – 4,8	2,1 – 4,1	1,7 – 4,7
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [□C]:		13	12	12
Druckabfall [hPa]:		90	90	90
evakuiert [l]:		21	18	21
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7	0,7
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 13	BL 15	BL 17

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	0
CO ₂	[Vol %]:	0	0,2	1
O ₂	[Vol %]:	20,3	20,9	20,1
CH ₄	[Vol %]:	0	0	0
PID	[ppm]:	0	0	0
CO	[ppm]:	0	0	0

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	1
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	5
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	1
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		1,81	1,48	0,04

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		14°C	14°C
Barometrischer Druck: [hPa]		1029	1029
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		28.04.2022	
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen	
Uhrzeit:		14:30	15:00
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 14/1	BL 19/1
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558411 5725143	2558473 5725253
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u ROK]:		4 m	7 m
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		- m	- m
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		13	12
Druckabfall [hPa]:		90	90
evakuiert [l]:		30	30
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 14/1	BL 19/1	BL 18/1

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	4	0	0
CO ₂	[Vol %]:	0	0	0
O ₂	[Vol %]:	14,8	17,3	18,9
CH ₄	[Vol %]:	5	1,7	1
PID	[ppm]:	0	0	0
CO	[ppm]:	4500	10	20

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	1
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	5
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	1
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		0,9	1,57	2,22

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen: Messstellen wurden neben bestehende gebohrt, daher Zusatz XX/1.

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck	Bemerkungen		
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.	ja x nein o		
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ	24.03.2022		
Gerät zur PN:	Gasprobenehmer Desaga 312		
Meteorologische Angaben	Ankunft	Abfahrt	
Temperatur Luft: [°C]	15°C	15°C	
Barometrischer Druck: [hPa]	1025	1025	
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.	sonnig, trocken		
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Probenahmeort:	Altablagerung Mühlenberg		
Probenahme			
Anreicherung	Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen		
Uhrzeit:	12:30	13:00	11:50
Entnahme von Rückstellproben (RüStP= R)	ja o nein x	ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:	BL 16	BL 4	BL 5
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert	2558637 5725147	2558685 5725100	2558748 5725230
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:	1,5 Zoll		
Messstellentiefe [m u GOK]:	3,7	4,8	6,5
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:	2,7 – 3,7	3,8 – 4,8	5,5 – 6,5
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?	ja x nein o	ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:	5	4	-
Druckabfall [hPa]:	90	90	-
evakuiert [l]:	16	20	-
Evakuierung Förderrate [l/min]:	10	10	-
Probenahme Förderrate [l/min]:	0,7	0,7	-
Volumen Probenahme [l]:	1 l/5 l	1 l/5 l	-

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 16	BL 4	BL 5

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	-
CO ₂	[Vol %]:	1	0	-
O ₂	[Vol %]:	20,1	20,9	-
CH ₄	[Vol %]:	0	0	-
PID	[ppm]:	0	0	-
CO	[ppm]:	0	0	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	1
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	5
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	1
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		0,0	0,05	0,0

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen: BL 5 PN nicht möglich, da Vakuum gezogen mit Abschaltung Pumpe.

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		13°C	13°C
Barometrischer Druck: [hPa]		1025	1025
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		28.04.2022	
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen	
Uhrzeit:		8:30	10:15
Entnahme von Rückstellproben (RüStP= R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 19	BL 18
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558473 5725253	25588682 5725270
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u GOK]:		5,9	4,8
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		4,9 – 5,9	2,8 – 4,8
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		12	12
Druckabfall [hPa]:		90	90
evakuiert [l]:		25	21
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 19	BL 18	

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	
CO ₂	[Vol %]:	5	0	
O ₂	[Vol %]:	10	20,9	
CH ₄	[Vol %]:	6,5	0	
PID	[ppm]:	0	0	
CO	[ppm]:	0	0	

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		2,45	0	

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		24.03.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		14°C	14°C
Barometrischer Druck: [hPa]		1029	1029
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig, trocken	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		28.04.2022	
Probenahmeort:		Altablagerung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel, A-Kohle-Röhrchen	
Uhrzeit:		16:00	16:30 17:15
Entnahme von Rückstellproben (RüStP= R)		ja o nein x	ja o nein x ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 21/1	BL 22/1 BL 5/1
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558620 5725321	2558688 5725420 2558748 5725230
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u ROK]:		6 m	4 m 8 m
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		- m	- m - m
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		12	12 12
Druckabfall [hPa]:		90	90 90
evakuiert [l]:		30	30 30
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10 10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7 0,7
Volumen Probenahme [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l 1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Altablagerung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	28.04.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 21/1	BL 22/1	BL 5/1

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	0
CO ₂	[Vol %]:	0	0	0
O ₂	[Vol %]:	13,3	17,3	18,5
CH ₄	[Vol %]:	11	4	3
PID	[ppm]:	0	0	0
CO	[ppm]:	174	208	82

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	1
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	5
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	1
Manometer vor Ort – Überdruck [hpa]:		0,80	0,80	1,44

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektro
--------------	-------------------

Bemerkungen: Messstellen wurden neben bestehende gebohrt, daher Zusatz XX/1.

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		11.07.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		21 °C	21 °C
Barometrischer Druck: [hPa]		1013	1013
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		27.07.2022	
Probenahmeort:		Verfüllung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel (GB), A-Kohle-Röhrchen (AK)	
Uhrzeit:		15:50	16:00
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 5/1	BL 5
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558748 5725230	2558748 5725230
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u ROK]:		7,97	6,97
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		-	-
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		22,8	-
Druckabfall [hPa]:		50	-
evakuiert [l]:		20	-
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	-
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	-
Volumen Probenahme GB/AK [l]:		1 l/5 l	-

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.07.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 5/1	BL 5	-

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	-	-
CO ₂	[Vol %]:	0	-	-
O ₂	[Vol %]:	10,9	-	-
CH ₄	[Vol %]:	11	-	-
PID	[ppm]:	0	-	-
CO	[ppm]:	0	-	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	-	-
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	-	-
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	-	-
Manometer vor Ort – Überdruck	[hpa]:	0,47	-	-

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektor
--------------	-------------------

Bemerkungen: BL 5 ist keine PN möglich. Es entsteht beim Pumpen ein Vakuum und die Pumpe schaltet ab.

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck	Bemerkungen		
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.	ja x nein o		
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ	11.07.2022		
Gerät zur PN:	Gasprobenehmer Desaga 312		
Meteorologische Angaben	Ankunft	Abfahrt	
Temperatur Luft: [°C]	19 °C	19 °C	
Barometrischer Druck: [hPa]	1013	1013	
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.	sonnig		
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:	27.07.2022		
Probenahmeort:	Verfüllung Mühlenberg		
Probenahme			
Anreicherung	Gasbeutel (GB), A-Kohle-Röhrchen (AK)		
Uhrzeit:	13:30	14:00	-
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)	ja o nein x	ja o nein x	-
Messstellenbezeichnung:	BL 14	BL 14/1	-
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert	2558411 5725143	2558411 5725143	-
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:	1,5 Zoll		
Messstellentiefe [m u ROK]:	5,32	4,98	-
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:	2,8 – 3,8	2,8 – 3,8	-
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?	ja x nein o	ja x nein o	-
Temperatur Bodenluft [°C]:	25	25	-
Druckabfall [hPa]:	90	90	-
evakuiert [l]:	17	17	-
Evakuierung Förderrate [l/min]:	10	10	-
Probenahme Förderrate [l/min]:	0,7	0,7	-
Volumen Probenahme GB/AK [l]:	1 l/5 l	1 l/5 l	-

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.07.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 14	BL 14/1	-

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	-
CO ₂	[Vol %]:	0	0	-
O ₂	[Vol %]:	15,7	7,3	-
CH ₄	[Vol %]:	3	14	-
PID	[ppm]:	0	0	-
CO	[ppm]:	0	0	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	-
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	-
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	-
Manometer vor Ort – Überdruck	[hpa]:	0,73	0,50	-

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektor
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		11.07.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		20 °C	20 °C
Barometrischer Druck: [hPa]		1013	1013
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		27.07.2022	
Probenahmeort:		Verfüllung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel (GB), A-Kohle-Röhrchen (AK)	
Uhrzeit:		15:15	15:40
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 18	BL 18/1
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		25588682 5725270	25588682 5725270
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u ROK]:		5,83 m	4,98 m
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		2,8 – 4,8 m	2,8 – 4,8
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		25,3	24,1
Druckabfall [hPa]:		90	90
evakuiert [l]:		21	21
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7
Volumen Probenahme GB/AK [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.07.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 18	BL 18/1	-

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	-
CO ₂	[Vol %]:	0,3	0,4	-
O ₂	[Vol %]:	19,2	6,8	-
CH ₄	[Vol %]:	0	19	-
PID	[ppm]:	0	0	-
CO	[ppm]:	0	0	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	-
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	-
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	-
Manometer vor Ort – Überdruck	[hpa]:	0,0	0,34	-

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektor
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		11.07.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		19 °C	19 °C
Barometrischer Druck: [hPa]		1013	1013
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		27.07.2022	
Probenahmeort:		Verfüllung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel (GB), A-Kohle-Röhrchen (AK)	
Uhrzeit:		14:30	14:45
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 19	BL 19/1
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558473 5725253	2558473 5725253
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u ROK]:		6,97	6,73
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		4,9 – 5,9	4,9 – 5,9
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		26,3	24,9
Druckabfall [hPa]:		90	90
evakuiert [l]:		25	25
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7
Volumen Probenahme GB/AK [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.07.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 19	BL 19/1	-

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	-
CO ₂	[Vol %]:	2	0	-
O ₂	[Vol %]:	12,9	20,5	-
CH ₄	[Vol %]:	1	0	-
PID	[ppm]:	0	0	-
CO	[ppm]:	0	0	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	-
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	-
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	-
Manometer vor Ort – Überdruck	[hpa]:	0,25	0,43	-

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektor
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		11.07.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		21 °C	21 °C
Barometrischer Druck: [hPa]		1013	1013
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		27.07.2022	
Probenahmeort:		Verfüllung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel (GB), A-Kohle-Röhrchen (AK)	
Uhrzeit:		16:15	16:20
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 21	BL 21/1
Koordinaten (LS 110) Rechtswert Hochwert		2558620 5725321	2558620 5725321
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u ROK]:		5,60	5,98
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		-	-
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		-	25,2
Druckabfall [hPa]:		-	90
evakuiert [l]:		-	20
Evakuierung Förderrate [l/min]:		-	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		-	0,7
Volumen Probenahme GB/AK [l]:		-	1 1/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.07.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 21	BL 21/1	-

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	-	0	-
CO ₂	[Vol %]:	-	0	-
O ₂	[Vol %]:	-	2,2	-
CH ₄	[Vol %]:	-	52	-
PID	[ppm]:	-	0	-
CO	[ppm]:	-	6	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	-	1	-
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	-	5	-
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	-	1	-
Manometer vor Ort – Überdruck	[hpa]:	-	0	-

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektor
--------------	-------------------

Bemerkungen: BL 21 PN nicht möglich, da Wasser im Filter 2,53 m uROK, Pumpe schaltet ab.

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Ausrüstungscheck		Bemerkungen	
Geräte, Kabel, Stecker, etc. technisch i.O.		ja x nein o	
MGD kalibriert TT/MM/JJJJ		11.07.2022	
Gerät zur PN:		Gasprobenehmer Desaga 312	
Meteorologische Angaben		Ankunft	Abfahrt
Temperatur Luft: [°C]		21 °C	21 °C
Barometrischer Druck: [hPa]		1013	1013
Witterung: Regen, Schnee, trocken, etc.		sonnig	
Probenahme			
Datum TT/MM/JJJJ:		27.07.2022	
Probenahmeort:		Verfüllung Mühlenberg	
Probenahme			
Anreicherung		Gasbeutel (GB), A-Kohle-Röhrchen (AK)	
Uhrzeit:		16:40	17:00
Entnahme von Rückstellproben (RüStP=R)		ja o nein x	ja o nein x
Messstellenbezeichnung:		BL 22	BL 22/1
Koordinaten (LS 110)	Rechtswert Hochwert	2558688 5725420	2558688 5725420
Messstellenausbau DN [mm] bzw. Zoll["]:		1,5 Zoll	
Messstellentiefe [m u ROK]:		4,98	3,99
Entnahmetiefe/Filterbereich [m u GOK]:		2,5 – 4,5	2,5 – 4,5
Dichtheitsprüfung erfolgreich Ja/Nein?		ja x nein o	ja x nein o
Temperatur Bodenluft [°C]:		25	26,4
Druckabfall [hPa]:		90	90
evakuiert [l]:		20	20
Evakuierung Förderrate [l/min]:		10	10
Probenahme Förderrate [l/min]:		0,7	0,7
Volumen Probenahme GB/AK [l]:		1 l/5 l	1 l/5 l

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
 Projekt: Probenahme Bodenluft Verfüllung Mühlenberg
 Auftrag Nr.: 202253
 Probenart: Bodenluft
 Probenahme: durch IfUA Umweltberatung und Gutachten GmbH

Datum TT/MM/JJJJ:	27.07.2022		
Messstellenbezeichnung:	BL 22	BL 22/1	-

Messung MGD während PN				
H ₂ S	[ppm]:	0	0	-
CO ₂	[Vol %]:	1	1	-
O ₂	[Vol %]:	18,9	6,6	-
CH ₄	[Vol %]:	0	13	-
PID	[ppm]:	0	0	-
CO	[ppm]:	0	0	-

Probenahme:				
Volumenkalib. Soll	[l]:.....	-	-	-
Permanentgase	[l]: Gasbeutel	1	1	-
LCKW+VC/BTEX	[l]: A-kohle	5	5	-
Wasserstoff	[l]: Gasbeutel	1	1	-
Manometer vor Ort – Überdruck	[hpa]:	0	0	-

Probenehmer:	S. Raue/M. Hektor
--------------	-------------------

Bemerkungen:

Gasbeutel und A-Kohle-Röhrchen wurden von der SGS Institut Fresenius GmbH, Niederlassung Espenhain, zur Verfügung gestellt.

Anlage 4: Prüfberichte (SGS Institut Fresenius GmbH)

- 4.1 PB-Deponiegas
- 4.2 BTEX und LHKW

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH An der Mölbiser Landstraße 11 04571 Rötha OT Espenhain

IFUA Umweltberatung und
Gutachter GmbH
Lindenstraße 5
06749 Bitterfeld

Prüfbericht: 6178838-1
Auftrags Nr. 6178838
Kunden Nr.: 4120000



Herr Nico Ackermann
Telefon 034206 59914
Fax 034206 59911

Industries & Environment
Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Niederlassung Leipzig
An der Mölbiser Landstraße 11
04571 Rötha OT Espenhain

Espenhain, den 17.05.2022

Ihr Auftrag/Projekt: Bodenluft Dortmund, Deponie Mühlenberg
Ihr Bestellzeichen: 05.04.2022
Ihr Bestelldatum: 29.04.2022

Prüfzeitraum vom: 03.05.2022-16.05.2022
erste laufende Probenummer: 220433735
Probeneingang : 02.05.2022
Eingangsart: IF-Kurier abgeholt

Der Prüfbericht besteht aus diesem Deckblatt und einer Anlage (6 Seiten).

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgs-group.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

SGS INSTITUT FRESENIUS

i. V. 
Nico Ackermann
Groupleader

i. V. 
Frank Peters
Customer Service

Seite 1 von 1

Anlage: Prüfbericht 6178838-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6178838
Probenbeschreibung: Deponiegas
Probeneingangsdatum: 02.05.2022
Prüfdatum: 03.05.2022-16.05.2022

IF-Proben-Nr.:	220433735	220433736	220433737	220433738	220433739
Probenbezeichnung:	BL 1	BL 2	BL 3	BL 4	BL 6
	27.04.2022	27.04.2022	28.04.2022	28.04.2022	28.04.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode					
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	0,7	0,07	0,1	0,1	0,6
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	81	88	85	80	80
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	18,3	11,9	15	19,9	19,5
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	0,002	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* CH₄,CO,CO₂,N₂,O₂/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H₂ Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A: 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

Anlage: Prüfbericht 6178838-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6178838
Probenbeschreibung: Deponiegas
Probeneingangsdatum: 02.05.2022
Prüfdatum: 03.05.2022-16.05.2022

IF-Proben-Nr.: 220433740 220433741 220433742 220433743 220433744
Probenbezeichnung: BL 7 BL 8 BL 9 BL 10 BL 11
 27.04.2022 28.04.2022 27.04.2022 27.04.2022 27.04.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode	220433740	220433741	220433742	220433743	220433744
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	< 0,01	3,2	< 0,01	< 0,01	1,4
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	1,3	< 0,05	0,64	0,1	0,07
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	80	85	80	83	88
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	18,7	11,5	19,3	17	10,5
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	< 0,001	0,26	< 0,001	< 0,001	0,003

* CH₄, CO, CO₂, N₂, O₂/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H₂ Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A:
 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

Anlage: Prüfbericht 6178838-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6178838
Probenbeschreibung: Deponiegas
Probeneingangsdatum: 02.05.2022
Prüfdatum: 03.05.2022-16.05.2022

IF-Proben-Nr.:	220433745	220433746	220433747	220433748	220433749
Probenbezeichnung:	BL 12	BL 13	BL 14	BL 15	BL 16
	27.04.2022	28.04.2022	27.04.2022	28.04.2022	28.04.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode					
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	2,3	< 0,01	0,4	< 0,01	< 0,01
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	0,07	0,09	0,12	0,7
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	78	79	80	80	79
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	15,6	21	19,5	20	20
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	4,1	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001

* CH₄,CO,CO₂,N₂,O₂/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H₂ Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A:
 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

Anlage: Prüfbericht 6178838-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6178838
Probenbeschreibung: Deponiegas
Probeneingangsdatum: 02.05.2022
Prüfdatum: 03.05.2022-16.05.2022

IF-Proben-Nr.:	220433750	220433751	220433752	220433753	220433754
Probenbezeichnung:	BL 17	BL 18	BL 19	BL 20	BL 22
	28.04.2022	28.04.2022	28.04.2022	27.04.2022	28.04.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode					
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	< 0,01	< 0,01	5,5	0,3	< 0,01
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	0,2	0,1	2,5	0,5	0,1
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	80	80	82	80	80
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	20	20	10	19,2	20
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

* CH₄,CO,CO₂,N₂,O₂/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H₂ Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A:
 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

Anlage: Prüfbericht 6178838-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6178838
Probenbeschreibung: Deponiegas
Probeneingangsdatum: 02.05.2022
Prüfdatum: 03.05.2022-16.05.2022

IF-Proben-Nr.:	220433755	220433756	220433757	220433758	220433759
Probenbezeichnung:	BL 5/1	BL 14/1	BL 18/1	BL 19/1	BL 21/1
	28.04.2022	28.04.2022	28.04.2022	28.04.2022	28.04.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode	220433755	220433756	220433757	220433758	220433759
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	2	3	0,4	0,6	5,8
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	0,1	< 0,05	< 0,05	0,1	< 0,05
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	80	80	80	83	80
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	18	16	19,6	16,3	14,2
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	0,015	0,67	0,005	0,003	0,069

* CH₄, CO, CO₂, N₂, O₂/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H₂ Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A: 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

Anlage: Prüfbericht 6178838-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6178838
Probenbeschreibung: Deponiegas
Probeneingangsdatum: 02.05.2022
Prüfdatum: 03.05.2022-16.05.2022

IF-Proben-Nr.: 220433760
Probenbezeichnung: BL 22/1
 28.04.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode	
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	1,6
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	81
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	17,4
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	0,026

* CH₄,CO,CO₂,N₂,O₂/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H₂ Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A:
 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

- Ende des Prüfberichtes -

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Hauptstraße 105 D-04416 Markkleeberg

IFUA Umweltberatung und
Gutachtern GmbH
Lindenstraße 5
06749 Bitterfeld

Prüfbericht 5801959
Auftrags Nr. 6178838
Kunden Nr. 4120000

Nico Ackermann
Telefon +49 341 492899-705
Fax
nico.ackermann@sgs.com



Industries & Environment
SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Hauptstraße 105
D-04416 Markkleeberg

Markkleeberg, den 17.05.2022

Ihr Auftrag/Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
Ihr Bestellzeichen: 05-04-22
Ihr Bestelldatum: 02.05.2022

Prüfzeitraum von 03.05.2022 bis 06.05.2022
erste laufende Probenummer 220433735
Probeneingang am 02.05.2022

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Nico Ackermann
Groupleader

i.V. Frank Peters
Customer Service

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220433735					
BL 1					
27.04.2022					
Eingangsdatum:	02.05.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		
Probenmatrix Deponiegas					
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
LHKW :					
Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	0,34	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	0,34			DD
BTEX:					
Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433736

Seite 3 von 28
17.05.2022

Probe BL 2
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220433736			Probenmatrix	Deponiegas	
BL 2					
27.04.2022					
Eingangsdatum:	02.05.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,15	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	0,04	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,19			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433737

Seite 4 von 28
17.05.2022

Probe BL 3
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433737

BL 3

28.04.2022

Eingangdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433738

Seite 5 von 28
17.05.2022

Probe BL 4
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433738

BL 4

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433739

Seite 6 von 28
17.05.2022

Probe BL 6
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220433739			Probenmatrix	Deponiegas	
BL 6					
28.04.2022					
Eingangsdatum:	02.05.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433740

Seite 7 von 28
17.05.2022

Probe BL 7
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433740

BL 7

27.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,04	0,04	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,2	0,2	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,08	0,08	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	0,08			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433741

Seite 8 von 28
17.05.2022

Probe BL 8
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433741

BL 8

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort: durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,16	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	0,06	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	0,09	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	0,17	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	0,15	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,63			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433742

Seite 9 von 28
17.05.2022

Probe BL 9
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433742

BL 9

27.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433743

Seite 10 von 28
17.05.2022

Probe BL 10
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433743

BL 10

27.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433744

Seite 11 von 28
17.05.2022

Probe BL 11
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433744

BL 11

27.04.2022

Eingangdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433745

Seite 12 von 28
17.05.2022

Probe BL 12
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220433745			Probenmatrix	Deponiegas	
BL 12					
27.04.2022					
Eingangsdatum:	02.05.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,13	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	0,05	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	0,04	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,24			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433746

Seite 13 von 28
17.05.2022

Probe BL 13
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433746

BL 13

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsart durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433747

Seite 14 von 28
17.05.2022

Probe BL 14
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433747

BL 14

27.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,02			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433748

Seite 15 von 28
17.05.2022

Probe BL 15
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220433748			Probenmatrix	Deponiegas	
BL 15					
28.04.2022					
Eingangsdatum:	02.05.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,02			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433749

Seite 16 von 28
17.05.2022

Probe BL 16
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433749

BL 16

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433750

Seite 17 von 28
17.05.2022

Probe BL 17
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433750

BL 17

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433751

Seite 18 von 28
17.05.2022

Probe BL 18
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433751

BL 18

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433752

Seite 19 von 28
17.05.2022

Probe BL 19
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220433752			Probenmatrix	Deponiegas	
BL 19					
28.04.2022					
Eingangsdatum:	02.05.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433753

Seite 20 von 28
17.05.2022

Probe BL 20
Fortsetzung 27.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433753

BL 20

27.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433754

Seite 21 von 28
17.05.2022

Probe BL 22
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433754

BL 22

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433755

Seite 22 von 28
17.05.2022

Probe BL 5/1
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433755

BL 5/1

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,03	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,03			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433756

Seite 23 von 28
17.05.2022

Probe BL 14/1
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433756

BL 14/1

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,10	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,10			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433757

Seite 24 von 28
17.05.2022

Probe BL 18/1
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433757

BL 18/1

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,07	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,07			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433758

Seite 25 von 28
17.05.2022

Probe BL 19/1
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433758

BL 19/1

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433759

Seite 26 von 28
17.05.2022

Probe BL 21/1
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433759

BL 21/1

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,07	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	0,26	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	0,12	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	0,25	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	0,13	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,83			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
05-04-22

Prüfbericht Nr. 5801959
Auftrag 6178838 Probe 220433760

Seite 27 von 28
17.05.2022

Probe BL 22/1
Fortsetzung 28.04.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220433760

BL 22/1

28.04.2022

Eingangsdatum: 02.05.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Deponiegas

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	0,07	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	0,07			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	0,11	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	0,05	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,16			DD

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

VDI3865, Bl.3 1998-06, Analyse der Mess-u.Kontrollschicht mittels GC-MS

Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter

<http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrag handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle, aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

Anlage 5: Prüfberichte (SGS Institut Fresenius GmbH)

5.1 PB-6280109-1

5.2 Zeugnis-000005926204

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH An der Mölbiser Landstraße 11 04571 Rötha OT Espenhain

IFUA Umweltberatung und
Gutachter GmbH
Lindenstraße 5
06749 Bitterfeld

Prüfbericht: 6280109-1
Auftrags Nr. 6280109
Kunden Nr.: 4120000



Herr Nico Ackermann
Telefon 034206 59914
Fax 034206 59911

Industries & Environment
Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Niederlassung Leipzig
An der Mölbiser Landstraße 11
04571 Rötha OT Espenhain

Espenhain, den 10.08.2022


Ihr Auftrag/Projekt: Bodenluft Dortmund, Deponie Mühlenberg
Ihr Bestellzeichen: 02-07-22
Ihr Bestelldatum: 01.08.2022

Prüfzeitraum vom: 02.08.2022-09.08.2022
erste laufende Probenummer: 220749092
Probeneingang : 01.08.2022
Eingangsart: IF-Kurier abgeholt

Der Prüfbericht besteht aus diesem Deckblatt und einer Anlage (2 Seiten).

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbeschränkung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

SGS INSTITUT FRESENIUS

i. V. 
Nico Ackermann
Groupleader

i. V. 
Frank Peters
Customer Service

Seite 1 von 1

Anlage: Prüfbericht 6280109-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6280109
Probenbeschreibung: Bodenluft
Probeneingangsdatum: 01.08.2022
Prüfdatum: 02.08.2022-09.08.2022

IF-Proben-Nr.: 220749092 220749093 220749094 220749095 220749096
Probenbezeichnung: BL 5/1 BL 14 BL 14/1 BL 18 BL 18/1
 27.07.2022 27.07.2022 27.07.2022 27.07.2022 27.07.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode					
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	12	5	16	< 0,01	23
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	0,1	< 0,05	< 0,05	0,29	0,28
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	78	79	76	80	69
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	10	16	8	19,5	7,8
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	< 0,001	0,002	0,002	< 0,001	< 0,001

* CH4,CO,CO2,N2,O2/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H2 Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A: 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

Anlage: Prüfbericht 6280109-1

Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
IF-Auftrags-Nr.: 6280109
Probenbeschreibung: Bodenluft
Probeneingangsdatum: 01.08.2022
Prüfdatum: 02.08.2022-09.08.2022

IF-Proben-Nr.: 220749097 220749098 220749099 220749100 220749101
Probenbezeichnung: BL 19 BL 19/1 BL 21/1 BL 22 BL 22/1
 27.07.2022 27.07.2022 27.07.2022 27.07.2022 27.07.2022

Parameter	Einheit	BG	Lab	Methode					
Methan	Vol-%	0,01	HE	*	2	< 0,01	54	0,02	14
Kohlenmonoxid	Vol-%	0,05	HE	*	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Kohlendioxid, gesamt	Vol-%	0,05	HE	*	3	< 0,05	< 0,05	0,42	0,97
Stickstoff	Vol-%	0,1	HE	*	83	80	44	81	79
Sauerstoff inkl. Argon	Vol-%	0,1	HE	*	12	20	2	18,6	6
Wasserstoff	Vol-%	0,001	LO	**	< 0,001	< 0,001	0,008	< 0,001	< 0,001

* CH₄,CO,CO₂,N₂,O₂/Ar SOP M 310, GC-FID/WLD: 2014-12
 ** H₂ Hausmethode i.A. DIN 51872-04-A:
 1990-06 (GC-WLD), bez. auf trock. Gas

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Hauptstraße 105 D-04416 Markkleeberg

IFUA Umweltberatung und
Gutachtern GmbH
Lindenstraße 5
06749 Bitterfeld

Prüfbericht 5926204
Auftrags Nr. 6280109
Kunden Nr. 4120000

Nico Ackermann
Telefon +49 341 492899-705
Fax
nico.ackermann@sgs.com



Industries & Environment
SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Hauptstraße 105
D-04416 Markkleeberg

Markkleeberg, den 10.08.2022

Ihr Auftrag/Projekt: Dortmund, Deponie Mühlenberg
Ihr Bestellzeichen: 02-07-22
Ihr Bestelldatum: 28.07.2022

Prüfzeitraum von 02.08.2022 bis 05.08.2022
erste laufende Probenummer 220749092
Probeneingang am 01.08.2022

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Nico Ackermann
Groupleader Customer Service

i.V. Frank Peters
Customer Service

Seite 1 von 12

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH | Im Maisel 14 D-65232 Taunusstein t +49 6128 744-0 f +49 6128 744-130 www.institut-fresenius.sgsgroup.de

Member of the SGS Group (Société Générale de Surveillance)

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände und den Zeitpunkt der Durchführung der Prüfung im Rahmen der Prüfvorgaben. Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte und Gutachten zu Werbezwecken sowie deren auszugsweise Verwendung in sonstigen Fällen bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung.
Geschäftsführer: Alida Scholtz, Aufsichtsratsvorsitzender: Wim van Loon, Sitz der Gesellschaft: Taunusstein, HRB 21543 Amtsgericht Wiesbaden

Anl. 3: Bericht IFUA-Projekt-GmbH zur Untersuchung von Bodenluftproben zum ahu-Gutachten NOTT5, S. 166

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag Nr. 6280109

Seite 2 von 12
10.08.2022

Probe 220749092

BL 5/1

27.07.2022

Eingangsdatum: 01.08.2022 Eingangsart: durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix: Bodenluft

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749093

Seite 3 von 12
10.08.2022

Probe BL 14
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220749093			Probenmatrix	Bodenluft	
BL 14					
27.07.2022					
Eingangsdatum:	01.08.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749094

Seite 4 von 12
10.08.2022

Probe BL 14/1
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220749094

BL 14/1

27.07.2022

Eingangsdatum: 01.08.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Bodenluft

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749095

Seite 5 von 12
10.08.2022

Probe BL 18
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220749095			Probenmatrix	Bodenluft	
BL 18					
27.07.2022					
Eingangsdatum:	01.08.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749096

Seite 6 von 12
10.08.2022

Probe BL 18/1
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220749096			Probenmatrix	Bodenluft	
BL 18/1					
27.07.2022					
Eingangsdatum:	01.08.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749097

Seite 7 von 12
10.08.2022

Probe BL 19
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220749097

BL 19

27.07.2022

Eingangsdatum: 01.08.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Bodenluft

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749098

Seite 8 von 12
10.08.2022

Probe BL 19/1
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220749098			Probenmatrix	Bodenluft	
BL 19/1					
27.07.2022					
Eingangsdatum:	01.08.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749099

Seite 9 von 12
10.08.2022

Probe BL 21/1
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220749099

BL 21/1

27.07.2022

Eingangsdatum: 01.08.2022 Eingangsort durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Bodenluft

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	0,2	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	0,2			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	0,49	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	0,18	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	0,35	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	0,14	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	1,16			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749100

Seite 10 von 12
10.08.2022

Probe BL 22
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probe 220749100			Probenmatrix	Bodenluft	
BL 22					
27.07.2022					
Eingangsdatum:	01.08.2022	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
Probenahmedaten :					
Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	-			DD

Dortmund, Deponie Mühlenberg
02-07-22

Prüfbericht Nr. 5926204
Auftrag 6280109 Probe 220749101

Seite 11 von 12
10.08.2022

Probe BL 22/1
Fortsetzung 27.07.2022

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probe 220749101

BL 22/1

27.07.2022

Eingangsdatum: 01.08.2022 Eingangsort: durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Bodenluft

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----

Probenahmedaten :

Volumen, angesaugt	l	5,0	0,1		DD
--------------------	---	-----	-----	--	----

LHKW :

Dichlormethan	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,1-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
cis-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
trans-1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
1,2-Dichlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlormethan	mg/m ³	< 0,05	0,05	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,1-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
1,1,2-Trichlorethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlormethan	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorethen	mg/m ³	< 0,03	0,03	VDI3865, Bl.3	DD
Tetrachlorethen	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Chlorethen (Vinylchlorid)	mg/m ³	< 0,1	0,1	VDI3865, Bl.3	DD
Bromdichlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Dibromchlormethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Trichlorbrommethan	mg/m ³	< 0,06	0,06	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener LHKW	mg/m ³	-			DD

BTEX:

Benzol	mg/m ³	< 0,02	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Toluol	mg/m ³	0,16	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Ethylbenzol	mg/m ³	0,05	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
m,p-Xylol	mg/m ³	0,12	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
o-Xylol	mg/m ³	0,05	0,02	VDI3865, Bl.3	DD
Summe nachgewiesener BTEX	mg/m ³	0,38			DD

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

VDI3865, Bl.3 1998-06, Analyse der Mess-u.Kontrollschicht mittels GC-MS

Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter

<http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs.pdf>.

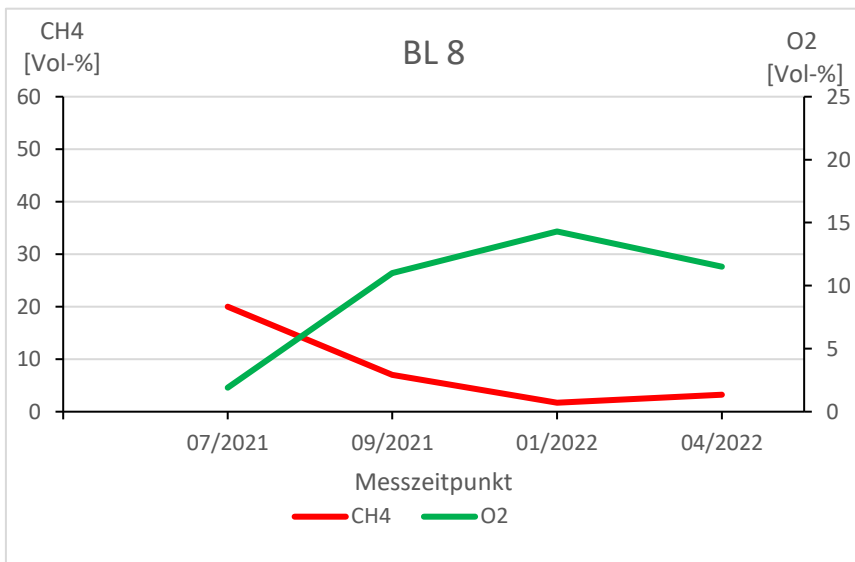
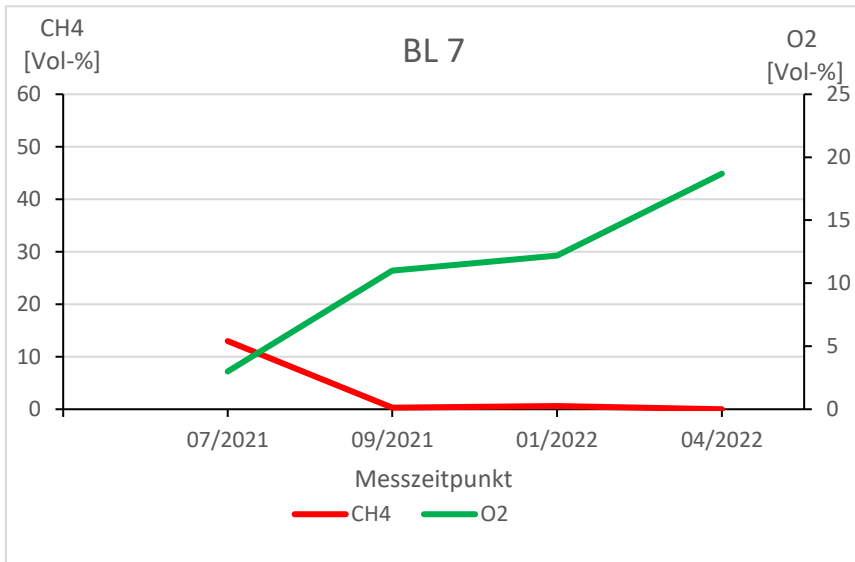
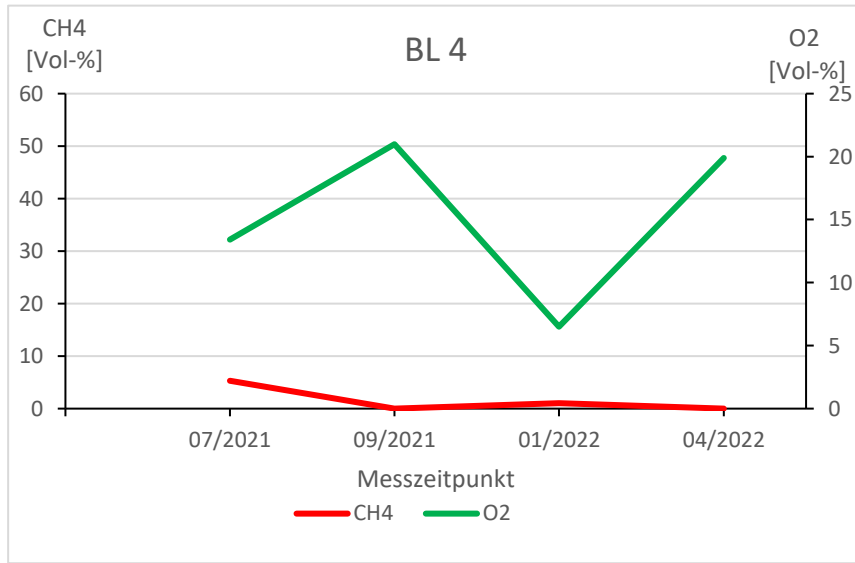
*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

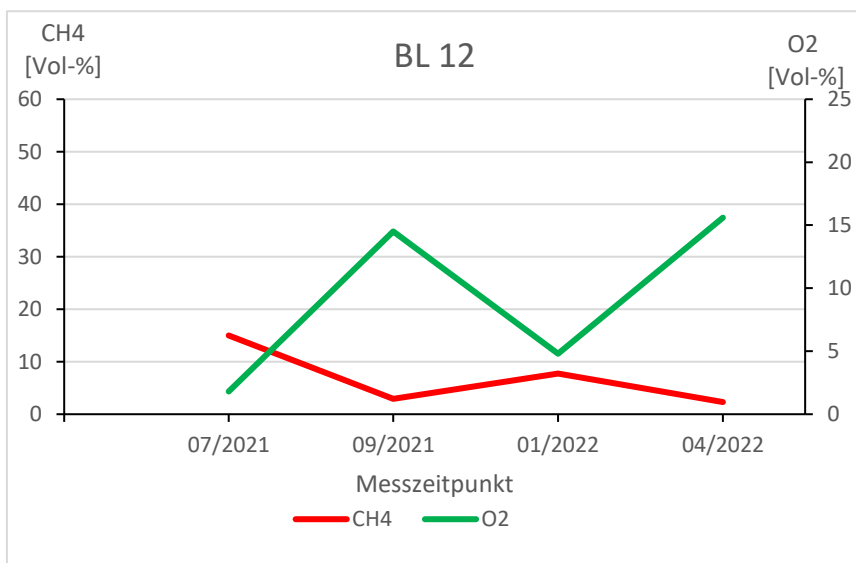
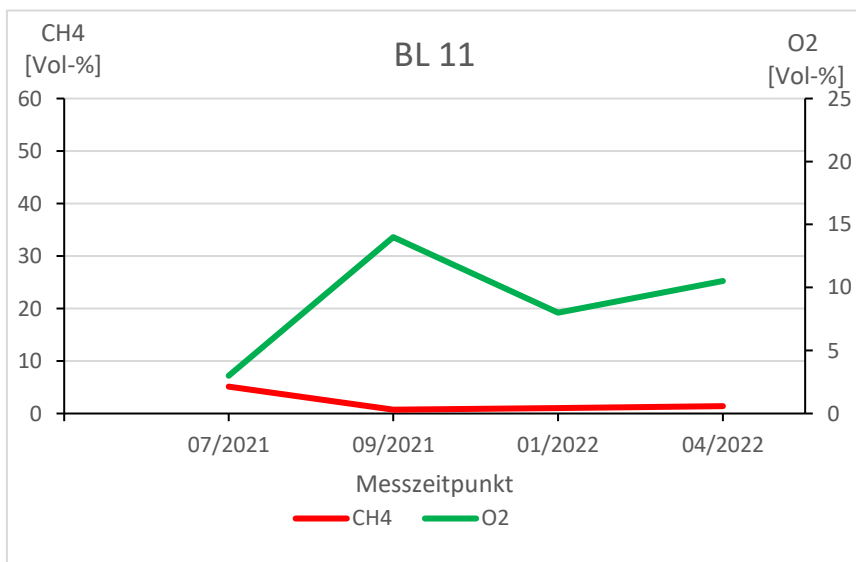
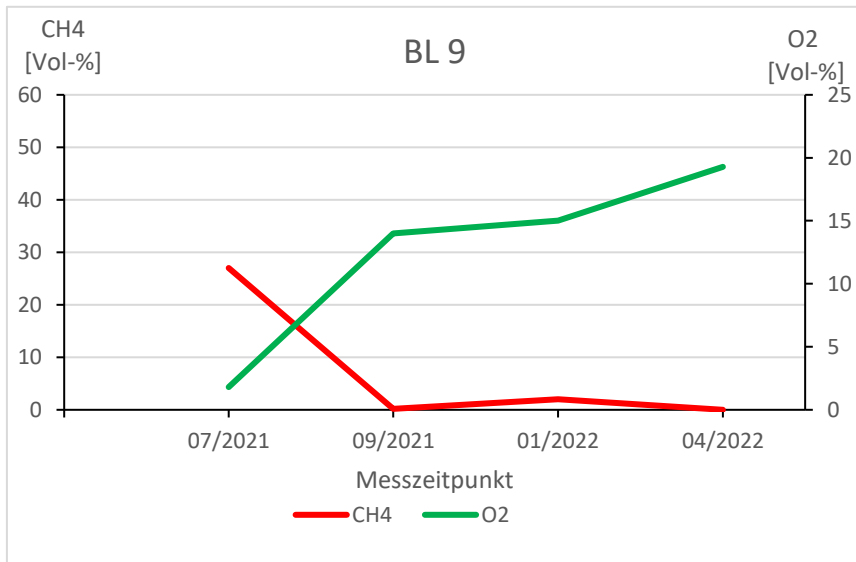
Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrag handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle, aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

Anlage 6: Konzentrationsdiagramm Methan und Sauerstoff

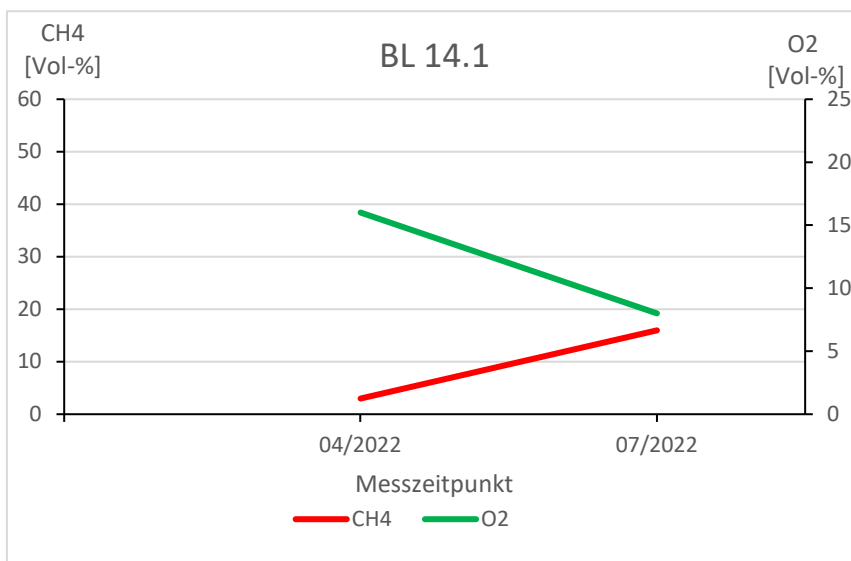
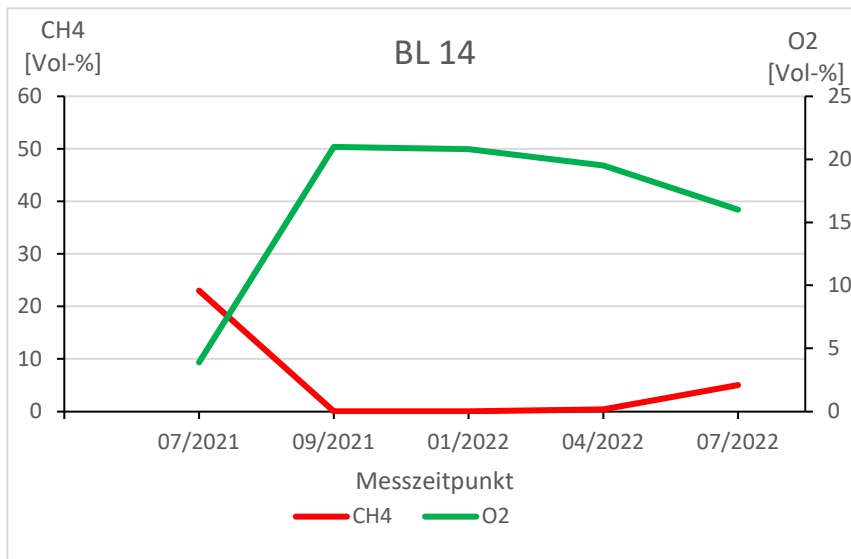
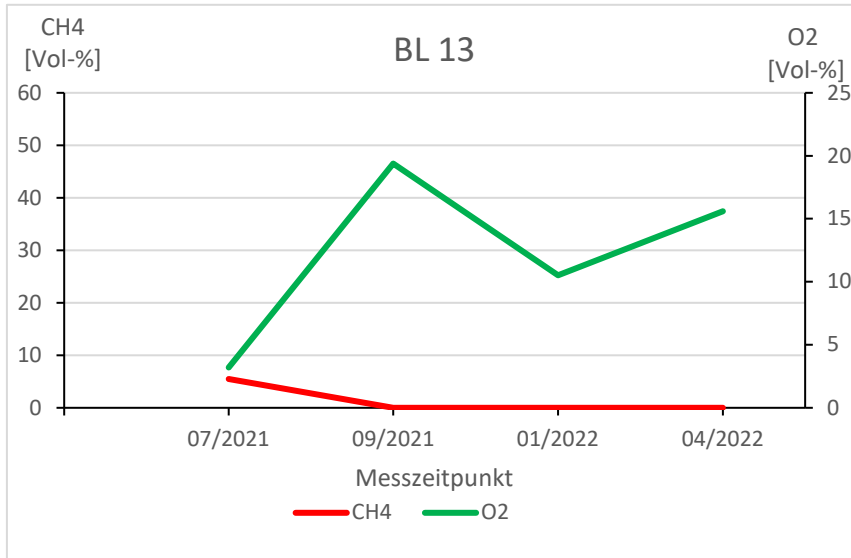
Konzentrationsdiagramme Methan und Sauerstoff



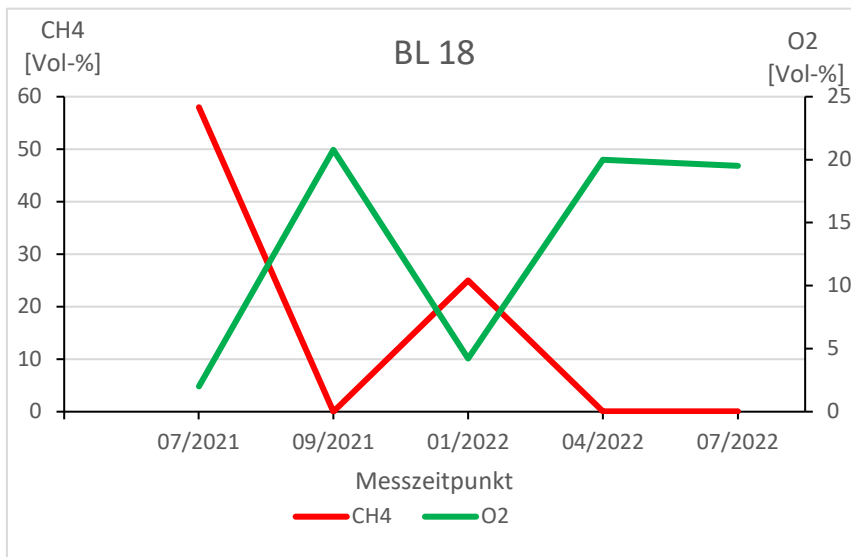
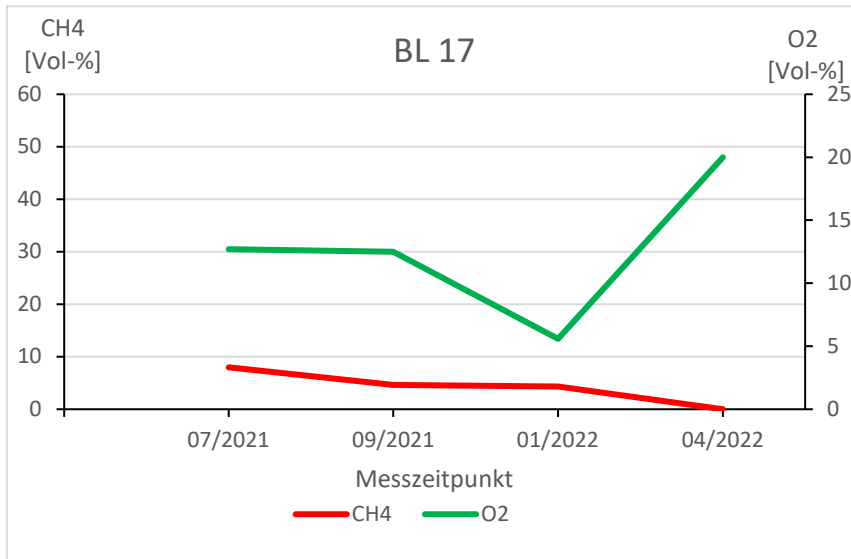
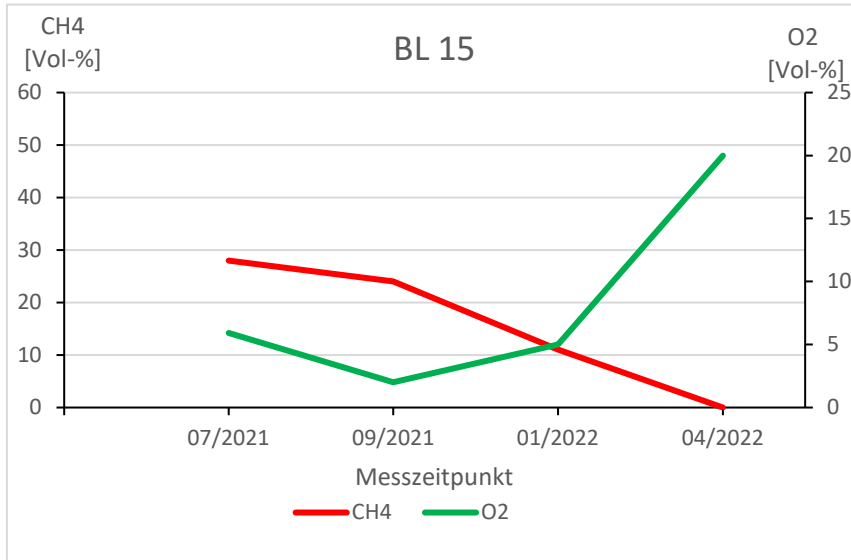
Konzentrationsdiagramme Methan und Sauerstoff



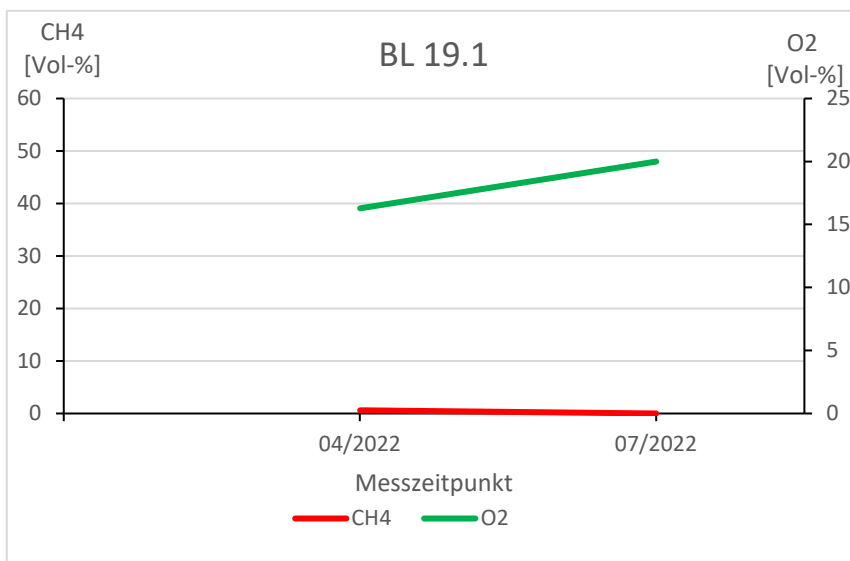
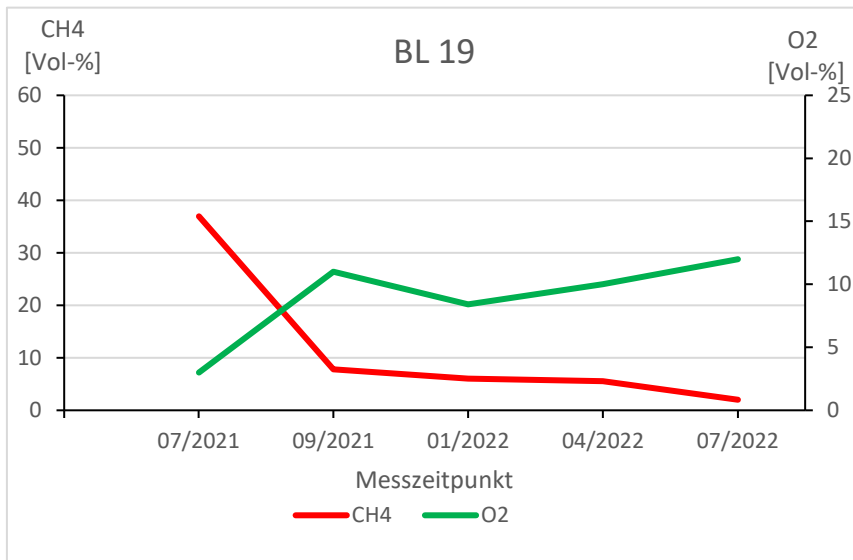
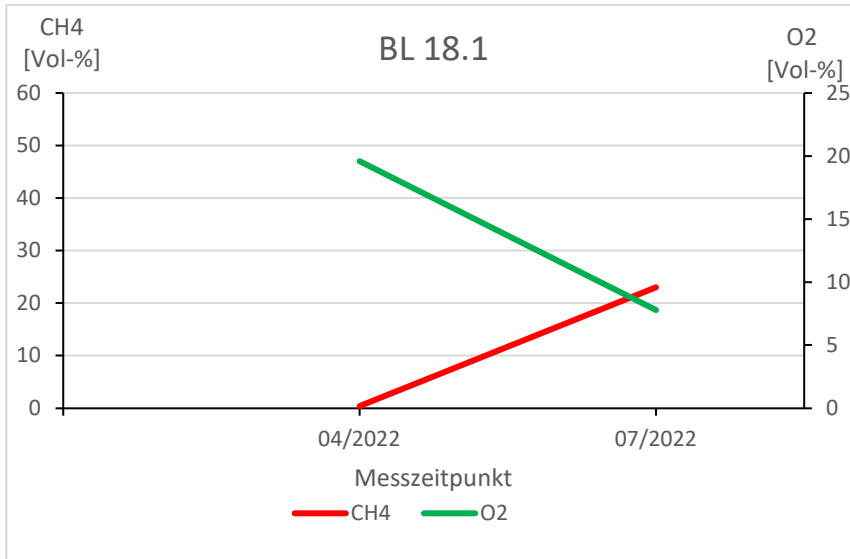
Konzentrationsdiagramme Methan und Sauerstoff



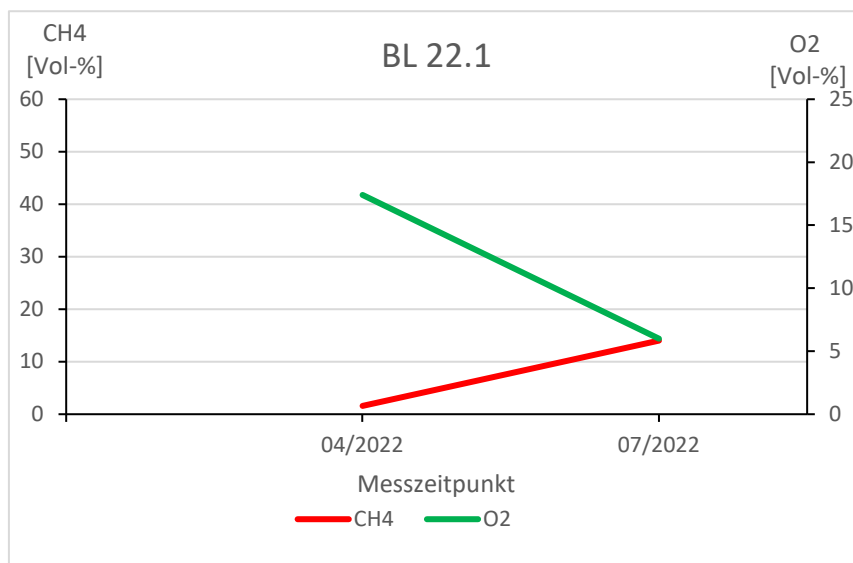
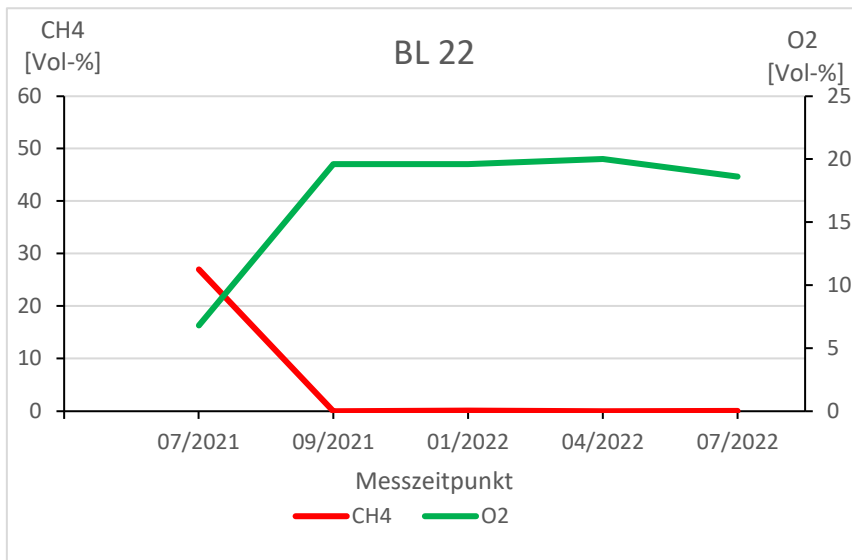
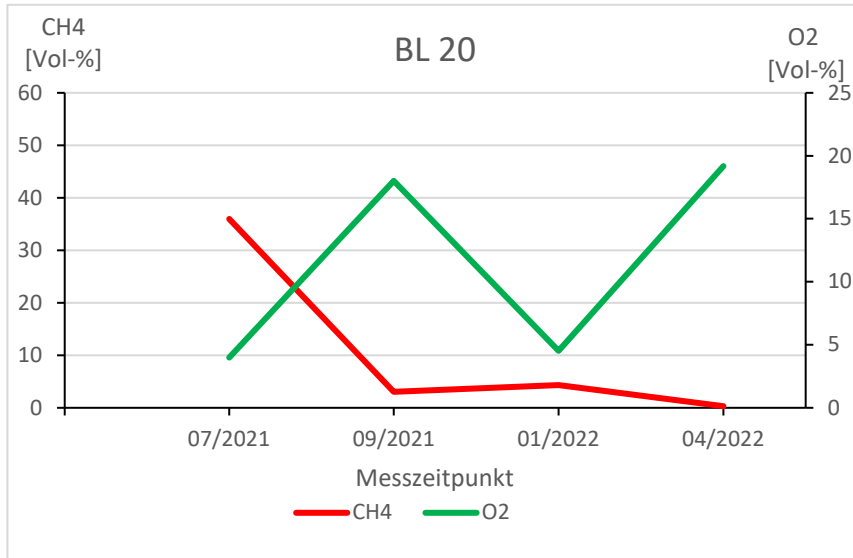
Konzentrationsdiagramme Methan und Sauerstoff



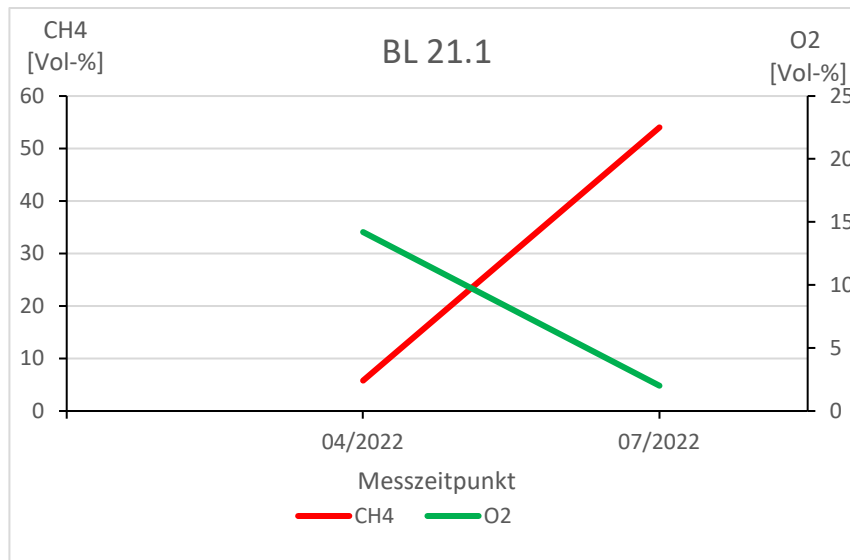
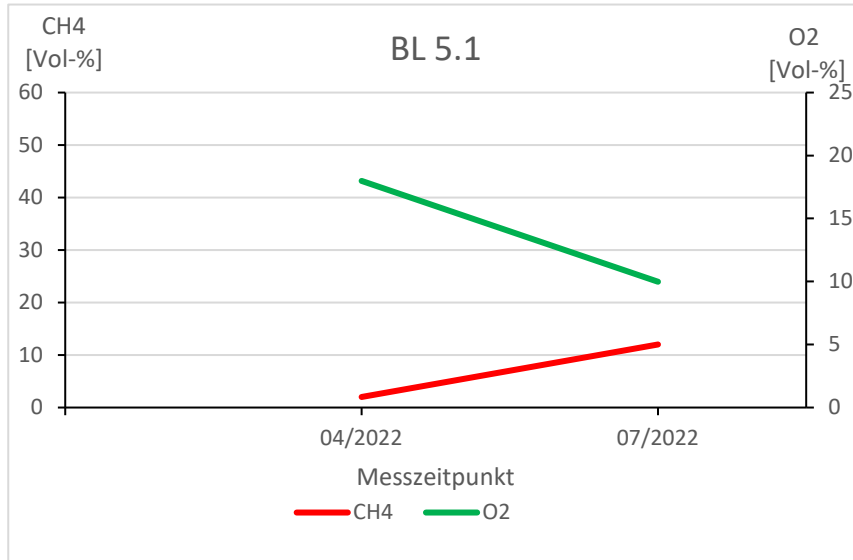
Konzentrationsdiagramme Methan und Sauerstoff



Konzentrationsdiagramme Methan und Sauerstoff



Konzentrationsdiagramme Methan und Sauerstoff



Anlage 4:
Bericht zu den Untersuchungen zur Geohydraulik des durch
den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter
Schichten (CONSULAQUA Hildesheim, Niederlassung der
CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH)
(577 Seiten)

**Tongrube Mühlenberg
Hünxe/Schermbbeck,
Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG**

**Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau
angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten**

Ergebnisbericht

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenallee 1
46569 Hünxe

Bearbeiter: **CONSULAQUA Hildesheim**
Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg
Beratungsgesellschaft mbH
Bördestraße 3
31135 Hildesheim

Dipl.-Geol. Michael **Bruns**
Dipl.-Geol. Georg **Schroeter**
Dipl.-Geol. Dr. Anna **Jesußek**
Dipl.-Geol. Dr. Carsten **Hansen**

Projektnummer: 54201

Hildesheim, im Januar 2023

pdf-Ausfertigung

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	6
2	EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	8
3	VERWENDETE GRUNDLAGEN	9
4	BESPRECHUNGEN ZUR KOORDINATION SOWIE ZUR FACHLICHEN UND INHALTLICHEN STEUERUNG DES PROJEKTS	13
5	UNTERSUCHUNGEN ZUR GEOHYDRAULIK DES DURCH DEN ABBAU ANGESCHNITTENEN ABSCHNITTS DER LINTFORTER SCHICHTEN	14
5.1	GEOLOGISCHER ÜBERBLICK UND GENERELLE SCHICHTENFOLGE	14
5.2	LAGE DER BASIS DER VERFÜLLUNG.....	18
5.3	ERRICHTUNG NEUER GRUNDWASSERMESSSTELLEN MIT EINER VERFILTERUNG IN FEINSANDLAGEN DER LINTFORTER SCHICHTEN.....	20
5.3.1	<i>Errichtung und Lage der FLS-Messstellen</i>	20
5.3.2	<i>Festlegung des Messstellenausbaus</i>	22
5.3.3	<i>Hydrogeologische Verhältnisse der Lintforter Schichten im nahen Umfeld der Verfüllung Mühlenberg</i>	23
5.4	ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN.....	29
5.4.1	<i>Literaturrecherchen zu den Feinsandlagen und der Mergelbank</i>	29
5.4.2	<i>Feinstratigraphische Aufnahme der Tongrube Eichenallee und deren Bewertung</i>	29
5.4.3	<i>Zusätzliche Kernbohrungen</i>	31
5.4.4	<i>Prüfung der Anwendbarkeit der Direct-Push-Sondierung</i>	32
5.5	HYDRAULISCHE TESTS.....	34
5.5.1	<i>Auffüllversuche</i>	34
5.5.2	<i>Slug-/Bail-Tests</i>	34
5.6	STANDROHRSPIEGELHÖHEN.....	36
5.7	HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE UND GRUNDWASSERBEWEGUNG.....	39
5.8	ZUSAMMENFASSENDE BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DER ERBOHRTEN SCHICHTEINHEITEN IM BEREICH DER VERFÜLLUNG MÜHLENBERG.....	43
6	PRÜFUNG DER HYDROGEOLOGISCHEN SYSTEMVORSTELLUNG MIT HILFE EINES „BOXMODELLS“	49
6.1	MODELLANSATZ.....	49
6.2	MODELLGEBIET	49
6.3	STRUKTURMODELL	50
6.4	DISKRETISIERUNG	53
6.5	RANDBEDINGUNGEN UND MODELL-PARAMETER.....	54
6.6	GRUNDWASSERNEUBILDUNG.....	57
6.7	K_F -WERT-VERTEILUNG	58
6.8	POROSITÄTEN	60
6.9	KALIBRIERUNG	60
6.10	DURCHGEFÜHRTE BERECHNUNGEN.....	62
6.11	RESULTIERENDE STANDROHRSPIEGELHÖHEN UND GRUNDWASSERBEWEGUNGEN	64
6.12	VERÄNDERUNGEN DER VERTIKALEN GRUNDWASSERBEWEGUNGEN ZWISCHEN DER AUSGANGS- SITUATION UND DER VARIANTE 2.2.....	71
6.13	BILANZEN DER GRUNDWASSERBEWEGUNG	74
6.14	POTENTIELLES HERKUNFTSGEBIET DES WASSERS IN DEN FLS MESSSTELLEN	76

6.15	FLIEßWEGE UND -ZEITEN DES SICKERWASSERS AUS DER VERFÜLLUNG	78
6.16	ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER ERGEBNISSE DES BOXMODELLS.....	84
7	HYDROCHEMISCHE GRUND- UND SICKERWASSERUNTERSUCHUNGEN	86
7.1	PROBENAHMEKAMPAGNEN MÄRZ, MAI 2022 UND AUGUST 2022.....	86
7.1.1	<i>Hauptparameter</i>	86
7.1.2	<i>Organische Inhaltsstoffe</i>	92
7.1.3	<i>Schwermetalle</i>	93
7.1.4	<i>Tritium</i>	101
7.2	ZUSÄTZLICHE ISOTOPENUNTERSUCHUNGEN.....	102
7.2.1	<i>Hintergrund</i>	102
7.2.2	<i>Ergebnisse und Interpretation</i>	103
8	UNTERSUCHUNGEN ZUM STOFFTRANSPORT IN DEN LINTFORTER SCHICHTEN	105
8.1	HINTERGRUND UND AUFGABENSTELLUNG	105
8.2	VORGEHENSWEISE	105
8.3	STANDORTBEDINGUNGEN UND ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN	106
8.3.1	<i>Lage und Messnetz</i>	106
8.3.2	<i>Sickerwasserbeschaffenheit</i>	108
8.3.3	<i>Sickerwasserbeschaffenheit – ergänzende Untersuchungen</i>	111
8.3.4	<i>Grundwasserbeschaffenheit</i>	112
8.3.5	<i>Feststoffuntersuchungen der Lintforter Schichten</i>	115
8.4	HYDROCHEMISCHE STOFFTRANSPORTMODELLIERUNG	120
8.4.1	<i>Modellkonzept und -aufbau</i>	120
8.4.2	<i>Modellergebnisse – repräsentatives mittleres Sickerwasser</i>	128
8.4.3	<i>Modellergebnisse – hoch konzentriertes Sickerwasser</i>	135
8.5	ZUSAMMENFASSUNG UND ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG	141

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan	M: 1 : 4 000
Anlage 2	Korrelation der geophysikalischen Messungen (Gamma- und Widerstand-Logs) im Bereich Mühlenberg	
Anlage 3	Schichtenprofile	
Anlage 3.1	Schichtenprofil der südwestlichen Abbauwand Eichenallee	
Anlage 3.2.1	Schichtenprofil Kernbohrung B2	
Anlage 3.2.2	Schichtenprofil Kernbohrung B3	
Anlage 4	Hydraulische Tests	
Anlage 4.1.1	Auffüllversuch FLS3	
Anlage 4.1.2	Auffüllversuch FLS8	
Anlage 4.1.3	Auffüllversuch FLS11	
Anlage 4.1.4	Auffüllversuch FLS12	
Anlage 4.1.5	Auffüllversuch FLS13	
Anlage 4.1.6	Auffüllversuch FLS14	
Anlage 4.1.7	Auffüllversuch FLS15	
Anlage 4.1.8	Auffüllversuch FLS16	
Anlage 4.1.9	Auffüllversuch FLS18	
Anlage 4.1.10	Auffüllversuch FLS20	
Anlage 4.2.1	Slug-/Bail-Test FLS3	
Anlage 4.2.2	Slug-/Bail-Test FLS8	
Anlage 4.2.3	Slug-/Bail-Test FLS11	
Anlage 4.2.4	Slug-/Bail-Test FLS12	
Anlage 4.2.5	Slug-/Bail-Test FLS13	
Anlage 4.2.6	Slug-/Bail-Test FLS14	
Anlage 4.2.7	Slug-/Bail-Test FLS15	
Anlage 4.2.8	Slug-/Bail-Test FLS16	
Anlage 4.2.9	Slug-/Bail-Test FLS18	
Anlage 4.2.10	Slug-/Bail-Test FLS20	
Anlage 5	Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen	
Anlage 6	Hydrochemie	
Anlage 6.1	Tabelle Analysenergebnisse Probenahme März 2022	
Anlage 6.2	Tabelle Analysenergebnisse Probenahme Mai 2022	
Anlage 6.3	Tabelle Analysenergebnisse Probenahme August 2022	
Anlage 6.4.1	Sulfatkonzentrationen in der FLS-Messstellen März 2022	
Anlage 6.4.2	Sulfatkonzentrationen in der FLS-Messstellen Mai 2022	
Anlage 6.5.1	Schwermetallkonzentrationen in der Schicht 1	
Anlage 6.5.2	Schwermetallkonzentrationen in der Schicht 2	
Anlage 6.6	Bericht Fa. Hydroisotop: Isotopenuntersuchungen	

- Anlage 7 Untersuchungen zum Stofftransport in den Lintforter Schichten**
- Anlage 7.1.1 – Schichtenprofile der untersuchten Bohrungen FLS3, FLS11, FLS14
Anlage 7.1.4 und FLS20
- Anlage 7.2.1 Prüfberichte GBA ergänzende Grund- und Sickerwasseranalysen
- Anlage 7.2.2 Gutachten Feststoffuntersuchungen (Dr. Peer-L. Gehlken)
- Anlage 7.3.1 Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen auf der
Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer
von 200 Jahre, Konzentrationen gem. **Schacht C**
- Anlage 7.3.2 Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen in den aus
den Lintforter Schichten austretenden Grundwässern am Übergang
zu den Basalen Schichten über 200 Jahre Eintragsdauer, Konzentra-
tionen gem. **Schacht C**
- Anlage 7.4.1 Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen auf der
Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer
von 200 Jahre, Konzentrationen gem. **Messstelle B2**
- Anlage 7.4.2 Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen in den aus
den Lintforter Schichten austretenden Grundwässern am Übergang
zu den Basalen Schichten über 200 Jahre Eintragsdauer, Konzentra-
tionen gem. **Messstelle B2**

Anhang

Dokumentation der durchgeführten Arbeiten zur Errichtung der neuen Grundwassermessstel-
len „FLS – Messstellen“

1 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Innerhalb der aus einer feingliedrigen Wechsellagerung von schluffigem Ton bis tonigem Schluff mit variierenden Feinsandanteilen bestehenden und insgesamt als Grundwassergering bis -nichtleiter einzuordnenden Lintforter Schichten wurden drei zwischen 0,2 und 3 m mächtige Horizonte („Schicht 1“, „Schicht 2“ und „Basale Schichten“) ermittelt, in denen eine mengenmäßig geringe und langsame (1 - 2 m/a), zusammenhängende Grundwasserbewegung erfolgt.
- Die Schichten 1 und 2 wurden durch insgesamt zehn neue Grundwassermessstellen (FLS-Messstellen) erschlossen, in den Basalen Schichten existieren aus dem Untersuchungsprogramm „Gartroper Mühlenbach“ bereits seit ca. 2 Jahren vier Grundwassermessstellen im Süden / Südwesten der Austonung/Verfüllung Mühlenberg.
- Die drei Horizonte sind hydraulisch weitgehend voneinander getrennt, was sich in unterschiedlichen Standrohrspiegelhöhen bzw. hydraulischen Druckdifferenzen und unterschiedlichen Grundwasserbewegungsrichtungen widerspiegelt.
- Die Schicht 1 ist durch die Austonung Mühlenberg ausgeräumt worden. Dadurch steht das Grundwasser der Schicht 1 in Kontakt zum Sickerwasser der Verfüllung. Die Schicht 2 und die Basalen Schichten liegen unterhalb der Basis der Austonung und haben keinen unmittelbaren Kontakt zum Sickerwasser.
- Die gemessenen und ausgewerteten (hydro-)geologischen Befunde wurden mit Hilfe eines numerischen „Boxmodells“ in einen Kontext gebracht und plausibilisiert.
- In der derzeitigen Situation (März 2022) sickert Grundwasser aus der Schicht 1 von nahezu allen Richtungen in den Verfüllkörper. Zusammen mit dem Wasser aus der Neubildung (überwiegend Wasser aus Niederschlag der Zeit vor der vollständigen Oberflächenabdichtung) speist sich hieraus das Sickerwasservorkommen der Verfüllung.
- Lediglich im Norden ist ein Sickerwasseraustrag über die Schicht 1 potentiell möglich. Die durchgeführten Grund- und Sickerwasseranalysen liefern hierfür aber keinen Nachweis.
- Über 80 % des Sickerwasservorkommens wird derzeit über die vorhandenen Schächte abgepumpt und entsorgt. Der verbleibende Teil des Sickerwassers sickert über die Basis der Verfüllung in die tiefergelegenen Schichten bis letzten Endes in die Basalen Schichten.
- Für die Durchsickerung werden Zeiträume von Jahrzehnten bis zu Jahrhunderten benötigt.
- Die Mobilität der im Sickerwasser gelösten Wasserinhaltsstoffe wurde unter Berücksichtigung des stoffspezifischen Rückhaltevermögens der durchströmten Lintforter Schichten und der langen Fließzeiten bis zur Basalen Schicht oberhalb des Ratinger Tons mit einem reaktiven Stofftransportmodell berechnet. Für die hydrochemische Stofftransportmodellierung wurde das Programm PHREEQC (Vers. 3.5; Datensatz: Minteq.v4) des U.S. Geological Survey verwendet.

- Die hydrochemischen Untersuchungen und Modellrechnungen haben ergeben, dass auch unter den heutigen Bedingungen für einen Betrachtungszeitraum von 200 Jahren durch aus der Verfüllung in die Lintforter Schichten eintretendes Sickerwasser keine Überschreitungen der GFS-Werte oder geogener Konzentrationen des in die Basalen Schichten übertretenden Grundwassers zu erwarten sind. Somit hat sich ergeben, dass die Sickerwasserinhaltsstoffe innerhalb der Matrix der Lintforter Schichten bei einem Betrachtungszeitraum von 200 Jahren je nach Stoffeigenart schon nach wenigen Dezimetern bis Metern zurückgehalten, verdünnt, gebunden oder abgebaut werden. Dies ist ein wesentlicher Grund, warum sich zwischen den hydrochemischen Befunden des Grund- und des Sickerwassers der Verfüllung bisher keine Zusammenhänge erkennen lassen.
- Um eine Planungsbasis für eine möglichst vollständige Erfassung der hydraulischen Austrittspfade zu generieren, wurde eine Simulation der Wirkung der bereits vorhandenen Oberflächenabdichtung (Minimierung der Neubildung) und einer weiteren Absenkung des Wassers in den Nahbereichen der Sickerwasserschächte und der Messstelle B4 untersucht. Dadurch senkt sich der Sickerwasserspiegel in der Verfüllung gegenüber der aktuellen Situation um bis zu 7 m ab. Zwar erhöht sich in Folge dessen die Grundwasserzusickeung aus der Schicht 1, die Aussickerung aus der Verfüllung über die Basis wird aber weitgehend unterbunden (ca. 90 %). Die ohnehin schon hohen Zeiten für die Durchsickerung des Untergrundes verlängern sich dadurch erheblich.

2 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG (Im Folgenden: Fa. Nottenkämper) ist Betreiber der Tongrube und Verfüllung Mühlenberg in Schermbeck/Hünxe. Zwischen den Jahren 2010 und 2013 kam es zu einer illegalen Einlagerung von sog. Ölpellets in der Verfüllung. Im Zuge der Prüfung davon ausgehender Gefahren wurde in einem vom nordrhein-westfälischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MULNV) beauftragten und im November 2020 vom Gutachterbüro Dr. Kerth und Lampe Geo-Infometric GmbH vorgelegten Abschlussbericht **[U17]** zur Evaluierung vorliegender Daten, Ergebnisse und Entscheidungen, die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung und zur Vorbereitung von Sanierungsmaßnahmen festgestellt. Im Anschluss daran wurden die hierzu erforderlichen Arbeitsschritte in einer Koordinierungsgruppe unter Leitung des MULNV bzw. seit Ende Juni 2022 Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr (MUNV) abgestimmt (Kick-off-Sitzung der Koordinierungsgruppe am 09.03.2021).

Unter Punkt 3 der Tagesordnung bzw. des Protokolls der o. g. Sitzung wurden unter dem Thema „Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten“ folgende Arbeitsschritte festgelegt:

- Literaturrecherche zu den Feinsandlagen und der Mergelbank
- Feinstratigraphische Aufnahme der Tongrube Eichenallee und deren fachliche Bewertung
- Weitergehende geologische Untersuchungen (Kernbohrungen)
- Neue Grundwassermessstellen mit einer Verfilterung in den Feinsandlagen und der Mergelbank
- Hydraulische Tests
- Untersuchungen des Grundwassers auf Tritium
- Grundwassermodellierung „Boxmodell“

Auf Grundlage unseres Angebots vom 08.03.2021 ist die Consulaqua Hildesheim (CAH) am 11.03.2021 beauftragt worden, die festgelegten Untersuchungen durchzuführen.

Im Rahmen der 5. Koordinierungsgruppensitzung (02.06.2022) wurde festgelegt, den Untersuchungsumfang hinsichtlich der Fragestellung: „Besteht ein Rückhaltevermögen der Lintforter Schichten gegenüber den relevanten Sickerwasserinhaltsstoffen bei der Passage des Sickerwassers durch diese Schichten?“ ergänzt.

Weiterhin wurde der Untersuchungsumfang durch den Kreis Wesel (E-Mail vom 03.08.2022) durch eine spezielle Isotopenuntersuchung zur Überprüfung und Bewertung auffälliger hydrochemischer Parameter an der Messstelle FLS16 erweitert.

Der Ergebnisbericht inkl. der Dokumentation der durchgeführten Arbeiten wird hiermit vorgelegt.

3 Verwendete Grundlagen

- [U1] CONSULAQUA HILDESHEIM: Hydrogeologisches Gutachten für den Bereich der SAD Hünxe-Schermbek und der Tontagebaue der Fa. Nottenkämpfer oHG, Untersuchungsphase 1, Hildesheim, 2015 (unveröff.)
- [U2] CONSULAQUA HILDESHEIM: Konzept für ein Grundwassermess- und -überwachungsnetz im Bereich der SAD Hünxe-Schermbek und der Tontagebaue der Fa. Hermann Nottenkämpfer, Hildesheim, 2016 (unveröff.)
- [U3] CONSULAQUA HILDESHEIM: Ausbau des Messstellennetzes Hünxe Schermbek, Phase A, Expertise zu alternativen Rückbaumaßnahmen nicht mehr geeigneter Grundwassermessstellen, Hildesheim, 2016 (unveröff.)
- [U4] GEOTECHNISCHES BÜRO DR.-ING. H. DÜLLMANN; Bestandsaufnahme, Bewertung und Darstellung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse, Erarbeitung eines Untersuchungskonzepts für weiterführende Arbeiten; Aachen, 1990 (unveröff.)
- [U5] GEOTECHNISCHES BÜRO DR.-ING. H. DÜLLMANN; Standortbeurteilung und Gefährdungsabschätzung der Zentraldeponie Hünxe-Schermbek; Aachen, 1991 (unveröff.)
- [U6] CDM SIMTH CONSULT GMBH; Antragsfläche Deponie Eichenallee, Hydrogeologisches Gutachten; Bochum 2011
- [U7] GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN; Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1:100 000, Blatt C4306 Recklinghausen, inkl. Erläuterungen; Krefeld 1987
- [U8] GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN; Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1:100 000, Blatt C4306 Recklinghausen, inkl. Erläuterungen und Nebenkarten; Krefeld 1975
- [U9] BOHRLOCHVERMESSUNG – STORKOW GmbH (Blm); Untersuchungsberichte zu den Sonderuntersuchungen und den Qualitätskontrollen der Grundwassermessstellen der AGR und der Fa. Nottenkämpfer oHG; Storkow, November 2014
- [U10] CDM SMITH CONSULT GmbH, Ergebnisse der Kamerabefahrungen in den Grundwassermessstellen der Fa. Nottenkämpfer OHG; Bochum, November 2014
- [U11] DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES e. V (DVGW).: Technische Regel, Arbeitsblatt W 107, Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten, Bonn, 2016
- [U12] DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES e. V (DVGW).: Technische Regel, Arbeitsblatt W 108, Messnetze zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Wassergewinnungsgebieten, Bonn, 2003
- [U13] DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES e. V (DVGW).: Technische Regel, Arbeitsblatt W 115, Bohrung zur Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser, Bonn 2008
- [U14] DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES e. V (DVGW).: Technische Regel, Arbeitsblatt W 121, Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen, Bonn 2003

- [U15] DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHES e. V (DVGW): Technische Regel, Arbeitsblatt W 135 (A), Sanierung und Rückbau von Brunnen, Grundwassermessstellen und Bohrungen, Bonn 2018
- [U16] CONSULAQUA HILDESHEIM: Expertise zu alternativen Rückbaumaßnahmen nicht mehr geeigneter Grundwassermessstellen, Hildesheim, 2020 (unveröff.)
- [U17] M. KERTH, M. PRAHL et al.: Evaluierung der vorliegenden Daten, Ergebnisse und Entscheidungen zur Verfüllung Mühlenberg (Scherbeck-Hünxe) aufgrund der illegalen Einlagerung von Ölpellets – Abschlussbericht, Detmold/Braunschweig, 2020
- [U18] CONSULAQUA HILDESHEIM: Neubau / Rückbau des Grundwassermessstellennetzes – Phase A für die SAD Hünxe Scherbeck, für die Verfüllung Mühlenberg sowie für die Austonung/Deponie Eichenallee, Dokumentation der durchgeführten Arbeiten; Hildesheim, Oktober 2021 (Projekt „Gartroper Mühlenbach“) (unveröff.)
- [U19] SCHENK, N.: Lithologie und Fazies der tertiären Schichten im Raum Bottrop-Kirchhellen-Scherbeck (Südwest-Münsterland); Bonn, 1998 (unveröff.)
- [U20] Cooper, H.H., J.D. Bredehoeft, S.S. Papadopoulos, Response of a finite-diameter well to an instantaneous charge of water, Water Resources Research, vol. 3, no. 1, pp. 263-269. (1967)
- [U21] Bezirksregierung Köln: Open Data – Digitale Geobasisdaten NRW – Digitales Geländemodell – Gitterweite 1 m (DGM1). Download 02/2021
- [U22] ahu GmbH: Auswertung der Pumpversuche im Sickerwasser in der Verfüllung Mühlenberg, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG – Abschlussbericht; Aachen, November 2021, aktualisiert Mai 2022 (unveröff.)
- [U23] LANGE GBR (2003); FFH-Verträglichkeitsstudie für einen zur GEP-Darstellung beantragten Bereich zur Sicherung und zum Abbau von Ton im Lagerstättenbereich Gartroper Busch, Kreis Wesel, Gemeinden Hünxe-Scherbeck; Moers
- [U24] DWD Climate Data Center (CDC): Tägliche Stationsmessungen der Niederschlagshöhe der Station Dorsten ID15001 und der potentiellen Verdunstung über Gras (nach Haude) der Station Borken ID 617, Version CDC-v2.1, Zugriff: 19.09.2022
- [U25] BFUB GmbH; SAD Hünxe: Stellungnahme zur hydrogeologischen und hydrochemischen Situation im Zusammenhang mit der Festlegung von Auslöseschwellen gem.§ 9 DepV; Ausarbeitung der BFUB vom Februar 2007
- [U26] LAWA Länderarbeitsgemeinschaft Wasser; Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung. Stuttgart, Januar 2017
- [U27] BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT (2021): Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. September 2021 (BGBl. I S. 4343)
- [U28] NEUKUM, C. et al. (2020): Standortauswahl Ausschlusskriterium Grundwasseralter – Abschlussbericht. BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- [U29] KRAUSE, W.J. et al. (2017): Überwachung der Tritiumaktivitätskonzentration in Wasser (Niederschlag, Oberflächen-, Grund-, Trink- und Abwasser). Loseblattsammlung FS-78-15-AKU Blatt 3.1.12.2; Empfehlungen zur Überwachung der Umweltaktivität. Fachverband für Strahlenschutz e.V.

- [U30] NUCLEAR CONTROL CONSULTING GmbH (2021); Projekt-Nr. NW092-01, Hünxe, Fachberatung, Stellungnahme Prüfung von Wasseranalysen
- [U31] AHU (2020): ABSCHLUSSBERICHT - Untersuchung des Sickerwassers in der Verfüllung Mühlenberg, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG – Bewertung der Untersuchungsergebnisse 2017 bis August 2020. Aachen.
- [U32] Parkhurst, D. L.; Appelo, C. A. J. (1999-2021): User´s guide to PHREEQC (version 3) – A computer program for specification, batch-reaction, one-dimensional transport and inverse geochemical calculations. - Water-Resources Investigations Report 99-4259; U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey; 312 S.; Denver, Colorado; USA.
- [U33] Gelhar, L.W., Welty, C., & K.R. Rehfeld (1992): A critical review of data on field scale dispersion in aquifers. – Water Resources Research, 28, 1955 – 1974.
- [U34] Zech, A., Attinger, S., Cvetkovic, V., Dagan, G., Dietrich, P. Fiori, A., Rubin, Y. & G. Teutsch (2015): Is unique scaling of aquifer macrodispersivity supported by field data?. - Water Resources Research 51, 7662-7679.
- [U35] Busch, K-F, Luckner, L. & Tiemer, K. (2001): Lehrbuch der Hydrogeologie, Bd. 3 – Geohydraulik. 511 S., Borntraeger 3. Neubearbeitete Ausgabe.
- [U36] Höting, B. (1992): Einführung in die allgemeine und angewandte Hydrogeologie. – 4. Überarbeitete Auflage, 415 S., Enke (Stuttgart).
- [U37] Hydroisotop (2022): Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung des Einflusses von Sickerwässern der Tongrube Mühlenberg auf das Grundwasser. – Gutachten.
- [U38] Westrich, J.T., Berner, R.A. (1984): The role of sedimentary organic matter in bacterial sulfate reduction: The G model tested.– Limnology and Oceanography, **29** (2), 236-249.
- [U39] Franken, G. (2000): Neutralisation saurer Einträge in einem Aquifer aus basenarmen Sanden – Feldstudie und Modellierung.– 157 S., Geol. Jahr. Sonderhefte, Reihe C, SC 1, BGR (Hannover).
- [U40] Jakobsen, R. (1995): Sulfate Reduction, Fe-Reduction and Methanogenesis in Groundwater.– PhD. Thesis, Department of Geology and Geotechnical Engineering, Technical University of Denmark: 104 S.; Lyngby.
- [U41] Jakobsen, R. & Postma, D. (1994): In Situ Rates of Sulfate Reduction in an Aquifer (Rømø, Denmark) and Implications for the Reactivity of Organic Matter. – Geology, 22 (8): 1103–1106.
- [U42] Middelburg, J.J. (1989): A simple rate model for organic matter decomposition in marine sediments. – Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 1577-1581.

- [U43] Boudreau, B. P., Westrich, J.T. (1984): The dependence of bacterial sulfate reduction on sulfate concentration in marine sediments. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 48, 2503-2516.
- [U44] Appelo, C.A.J., Postma, D. (1996): *Geochemistry, groundwater and pollution*. – 536 S., Rotterdam (Balkema).
- [U45] Robertson, W.D., Schiff, S.L. (1994): Fractionation of sulphur isotopes during biogenic sulphate reduction below a sandy forested recharge area in south-central Canada. – *Journal of Hydrology*, 158, 123-134.
- [U46] Küng, S. (2008): *Quecksilberbelastung von Böden im Abschlussbereich alter Schiessanlagen*. – Mater Thesis ETH Zürich.

4 Besprechungen zur Koordination sowie zur fachlichen und inhaltlichen Steuerung des Projekts

Zur Koordination sowie zur fachlichen und inhaltlichen Steuerung des Projekts fanden bisher folgende Besprechungen statt.

- 09.03.2021 1. Sitzung der Koordinierungsgruppe¹ (Kick-off-Termin)
- 21.05.2021 2. Sitzung der Koordinierungsgruppe
- 09.07.2021 1. „Gutachter-Workshop“²
- 21.09.2021 3. Sitzung der Koordinierungsgruppe
- 20.01.2022 4. Sitzung der Koordinierungsgruppe
- 15.02.2022 2. „Gutachter-Workshop“
- 18.05.2022 3. „Gutachter-Workshop“
- 02.06.2022 5. Sitzung der Koordinierungsgruppe
- 14.07.2022 6. Sitzung der Koordinierungsgruppe
- 25.11.2022 7. Sitzung der Koordinierungsgruppe

Die Ergebnisse der Sitzungen werden vom Kreis Wesel zusammenfassend in Halbjahresberichten veröffentlicht.

¹ Die Koordinierungsgruppe setzt sich zusammen aus Vertreter*innen des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV) bzw. seit Ende Juni 2022 dem Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNV), der Bezirksregierung Düsseldorf, des Kreises Wesel, vom Kreis Wesel beauftragten Fachgutachtern (Dr. Kerth + Lampe GmbH und NU) sowie weiteren von der Fa. Nottenkämper beauftragten Fachgutachtern (ahu GmbH, IFUA Projekt GmbH, CONSULAQUA Hildesheim)

² Workshop zur Koordinierung und Diskussion von Fachthemen der vom Kreis Wesel beauftragten Fachgutachter (Dr. Kerth + Lampe GmbH und NU) sowie weiteren von der Fa. Nottenkämper beauftragten Fachgutachter (ahu GmbH, IFUA Projekt GmbH, CONSULAQUA Hildesheim)

5 Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten

5.1 Geologischer Überblick und generelle Schichtenfolge

Das Untersuchungsgebiet „Mühlenberg“ befindet sich am südlichen Rand des Münsterländer Kreidebeckens, ca. 1,5 km südlich der Lippe bzw. ca. 3 km südwestlich von Schermbeck. Die flachwellige Morphologie wird lediglich durch Bacheinschnitte (Steinbach, Gartroper Mühlenbach) unterbrochen; die Geländehöhen des Standorts Verfüllung Mühlenberg (Fa. Nottenkämper) liegen zwischen ca. 50 m NN im Süden und ca. 40 m NN im Norden. Im Westen grenzen die Austonung / Deponie Eichenallee (Fa. Nottenkämper) und unmittelbar im Süden die Sonderabfalldeponie Hünxe-Schermbeck (Fa. AGR GmbH) an.

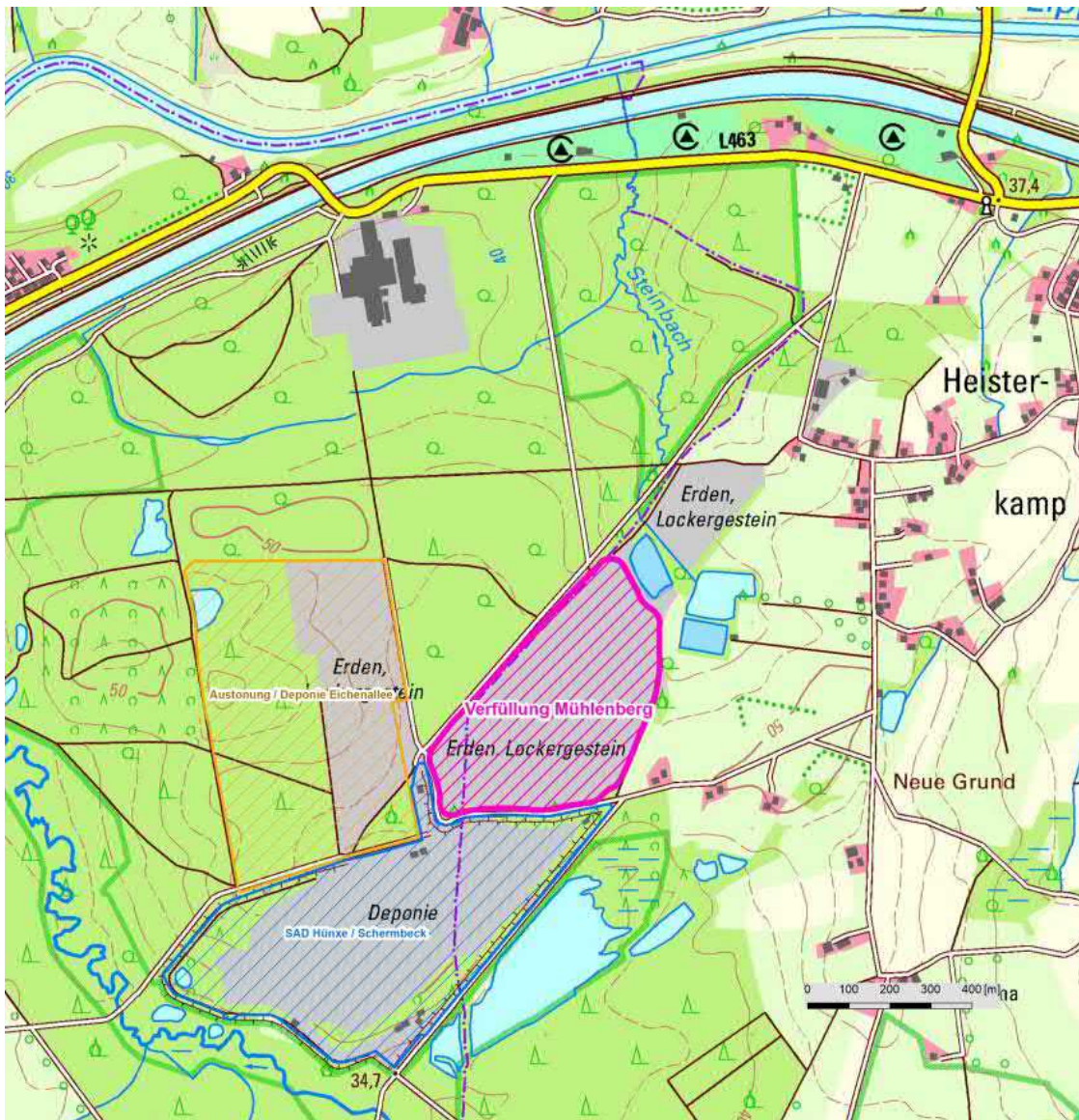


Abbildung 1 Lage der Verfüllung Mühlenberg (violett schraffiert)

Am Rand des Münsterländer Kreidebeckens, im Bereich der Verfüllung Mühlenberg, lagert eine tertiärzeitliche Schichtenabfolge mit zunehmender Mächtigkeit in Richtung Westen transgressiv über den Kreideablagerungen des Münsterländer Beckens. Die tertiärzeitliche Schichtenabfolge besteht an der Basis aus den „Walsumer Meeressanden“. Im Hangenden folgen der „Ratinger Ton“ und die „Lintforter Schichten“. Die die tertiärzeitliche Abfolge abschließenden „Grafenberger Schichten“ und die „Bislicher und Dingdener Schichten“ sind im Untersuchungsgebiet nicht aufgeschlossen. Die tertiärzeitlichen Schichten werden an der Geländeoberfläche verbreitet durch quartärzeitliche Lockersedimente überlagert.

Die einzelnen generell im Nahbereich der Verfüllung Mühlenberg vorkommenden Schichtelemente werden im Folgenden näher beschrieben:

Kreide

Nach den vorliegenden Unterlagen bildet im Untersuchungsgebiet der Bottroper Mergel die oberste Schichteinheit der Oberkreide. Er ist als schluffiger, schwach sandiger Tonmergel ausgebildet, in den tonige bis schluffige Feinsande eingelagert sein können. Der Bottroper Mergel wird durch mehrere hundert Meter mächtige Sandmergel unterlagert, dem „Recklinghäuser Sandmergel“.

Auf Grund der hohen Anteile an Mergel und Ton sind diese Schichten der Kreide als Grundwasserhemmer zu bezeichnen, in denen, außer ggf. in Zerrüttungszonen, nur eine äußerst geringfügige Grundwasserbewegung stattfindet. Für das im Rahmen dieser Untersuchungen zu betrachtende Grundwassersystem bilden diese kretazischen Gesteine den liegenden Grundwasserhemmer.

Tertiär (hier Oligozän – Rupelium)

Walsumer Meeressande

Über den Kreideablagerungen folgen die Walsumer Meeressande des Tertiärs. Es handelt sich um ca. 14 – 16 m mächtige, schwach schluffige bis schluffige, mittelsandige Feinsande. Nach den vorliegenden Untersuchungen fallen die Meeressande mit schwachem Gefälle nach Nordwesten ein.

Die Walsumer Meeressande sind mit k_f -Werten im mittleren 10^{-5} -m/s-Bereich durchaus als Grundwasserleiter mit allerdings nur lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung zu bezeichnen. Lt. [U17] sind im weiteren Umfeld vereinzelt Brunnen für die Eigenversorgung und für Brauchwasserentnahmen (gewerblich-industriell bzw. Feldberegnung) vorhanden, die aller Wahrscheinlichkeit nach aus den Meeressanden fördern.

Ratinger Tone

Der dunkelgraue Rater Ton besteht aus fast reinem, aber auch schluffigem, selten schwach feinsandigem Ton. Sie weisen eine halbfeste bis feste Konsistenz auf und erreichen Mächtigkeiten von ca. 6,5 bis 9,5 m.

Der Ratinger Ton ist bei Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werten) von 10^{-10} m/s und noch geringer als Grundwassernichtleiter zu bezeichnen. Er bildet eine wirksame Trennschicht zwischen dem Grundwasser der liegenden Meeressande und dem Grundwasser der hangenden Lintforter Schichten, was sich im Grundwasser nicht zuletzt an den deutlichen Potentialdruckdifferenzen von z. T. mehreren Metern bemerkbar macht [U18].

Lintforter Schichten - Basale Schichten

An der Basis der Unteren Lintforter Schichten wird in nahezu allen Bohrungen im Umfeld des Mühlenbergs eine Wechsellagerung aus feinsandigem und tonigem Schluff sowie schluffigen bis stark schluffigen Feinsanden angetroffen. Die Mächtigkeiten variieren im weiteren Umfeld von wenigen Dezimetern bis über 8 m. Im Bereich Mühlenberg betragen die Mächtigkeiten zwischen 1,5 und 3 m.

Diese „Basalen Schichten“ sind insgesamt als Grundwassergeringleiter zu bezeichnen. Pumpversuche haben Durchlässigkeitsbeiwerte im Bereich kleiner 10^{-6} m/s-Werte ergeben. Sie haben somit keine wasserwirtschaftliche Bedeutung. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse lassen die Vermutung zu, dass innerhalb der Verbreitung dieser Schichtenlage ein räumlich zusammenhängender hydraulischer Druckausgleich stattfindet. Auf Grund der kleinen k_f -Werte findet ein Grundwasserfließen nur in sehr geringem Maße statt. Die Grundwasserfließgeschwindigkeiten sind entsprechend gering.

Untere (Liegende) Lintforter Schichten

Die Unteren oder Liegenden Lintforter Schichten zeichnen sich durch Wechsellagerungen von tonigen, und z. T. feinsandigen Schluffen aus, die überwiegend eine halbfeste bis steife Konsistenz haben. Nach Ergebnissen der geophysikalischen Messungen erreicht diese Schichtenfolge im Bereich Mühlenberg eine Mächtigkeit von bis zu 20 m. Die feinsandigen Lagen können Schichtwasser enthalten. **Innerhalb dieser Schichtenfolge wurden im Rahmen der Untersuchungen zum Mühlenberg zwei Horizonte („Schicht 1“ und „Schicht 2“) von einigen Dezimetern Mächtigkeit identifiziert, in denen bei k_f -Werten überwiegend im 10^{-7} m/s-Bereich eine sehr geringe horizontale Grundwasserbewegung möglich ist (siehe unten).** Weiterhin ist in dieser Schichtenfolge eine ca. 0,5 m mächtige, aus stark kalkhaltigem, tonigem, sehr schwach feinsandigem Schluff bestehende „Mergelschicht“ verbreitet, die nicht zuletzt auf Grund ihrer auffälligen hellgrauen Färbung als „Leithorizont“ anzusehen ist, in der allerdings keine horizontale Grundwasserbewegung stattfindet.

Insgesamt ist die Schichtenfolge (abgesehen von den Schichten 1 und 2) mit k_f -Werten im Bereich von 10^{-9} – 10^{-10} m/s als extrem geringleitend anzusprechen, in der ein laterales, hydraulisch zusammenhängendes „Grundwasserfließen“ nicht erfolgt.

Tonige Zwischenlage

In vielen Bohrungen wird als „Zwischenschicht“ in ca. 5 bis 7 m unter Gelände ein mehrere Meter mächtiger schluffiger Ton bis toniger Schluff angetroffen, der aber hinsichtlich seiner Kornzusammensetzung und seiner Mächtigkeit variiert und sich vor allem anhand der geophysikalischen Messungen identifizieren lässt. Einige Lagen können Schichtwasser enthalten. **Insgesamt ist die „tonige Zwischenlage“ aufgrund ihrer Kornzusammensetzung insbesondere in vertikaler Richtung als Grundwassernichtleiter zu bezeichnen.**

Obere (Hangende) Lintforter Schichten

Bei dieser Schichtenfolge handelt es sich um schwach bis stark feinsandige Schluffe mit wechselnden Tonanteilen, die eine steife bis halb feste Konsistenz aufweisen. Bereichsweise kann etwas Schichtenwasser enthalten sein.

Insgesamt ist die Schichtenfolge als sehr geringleitend anzusprechen. Eine wesentliche Grundwasserbewegung im Sinne eines hydraulisch zusammenhängenden, lateralen Grundwasserfließens erfolgt nicht.

Quartär

Im Untersuchungsgebiet sind oberflächennah wenige Meter mächtige quartärzeitliche Lockersedimente verbreitet, die aus Geschiebelehm /-mergel (Grundmoräne) mit Fein- bis Mittelsand-, Schluff- und Feinkies-Anteilen sowie aus einem überlagernden Flugsand (Talsand) bestehen. In vielen Bereichen der SAD Hünxe-Schermbek sowie der Tonabbau Eichenallee und Mühlenberg sind die quartärzeitlichen Sedimente technisch abgeschoben.

Innerhalb der grobkörnigen Sedimente des Quartärs ist, wo vorhanden, eine Grundwasserzirkulation bedingt möglich, die sich aus Niederschlagswasser speist. Als Sohlschicht dieses oberflächennahen Grundwassers fungieren entweder die Grundmoräne oder die Oberen Lintforter Schichten.

Eine Übersicht über die „Standardabfolge“ der wesentlichen Schichten im Untersuchungsgebiet wird in der folgenden Abbildung 2 gegeben.

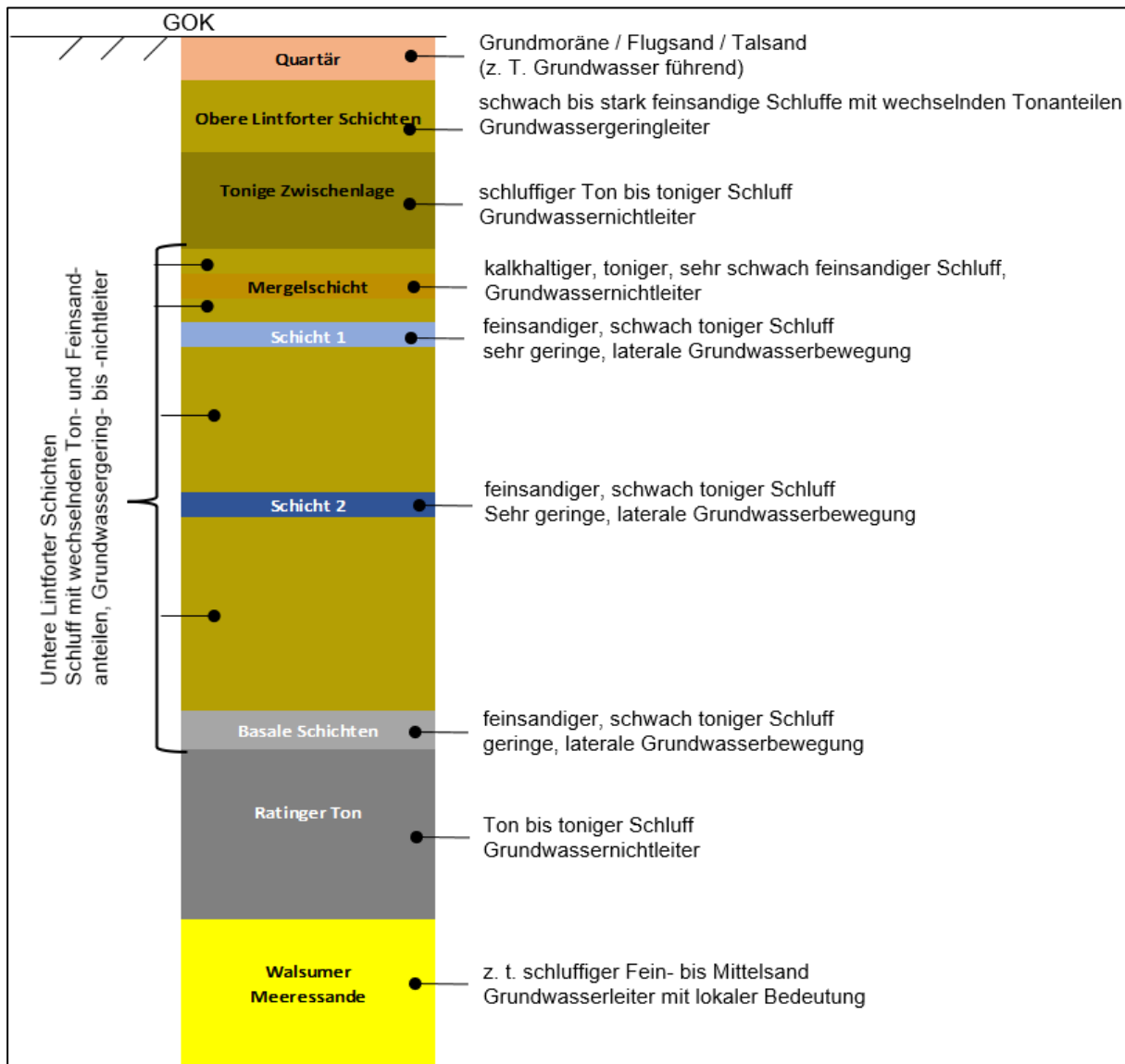


Abbildung 2 Standard-Schichtenabfolge im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg, nicht maßstabsgerecht

5.2 Lage der Basis der Verfüllung

Nach den vorliegenden Informationen wurde im Rahmen des Gutachterworkshops am 09.07.2021 Einvernehmen unter allen Beteiligten darüber erzielt, dass die Sohle der Abgrabung eine ausgeprägte Morphologie mit nachgewiesener Sohlage zwischen minimal 29,5 m NN und maximal 38,5 m NN aufweist, aber nicht von einer Aufteilung in einzelne, durch Rippen aus stehen gelassenem Ton begrenzte „Becken“ auszugehen ist. Ton wurde im Bereich von Zufahrtsrampen stehen gelassen, wobei diese Rampen zum Abgrabungstiefsten hin jeweils abfallen. Die Lage dieser Rampen ist im Detail nicht bekannt. Fotos, die der Kreis Wesel gemacht hat, geben Hinweise auf diese Rampen aus stehen gelassenem Ton.

Die Abbildung 3 enthält Informationen zur Höhenlage der Abbausohle, wie sie in [U17] zusammengetragen wurde.

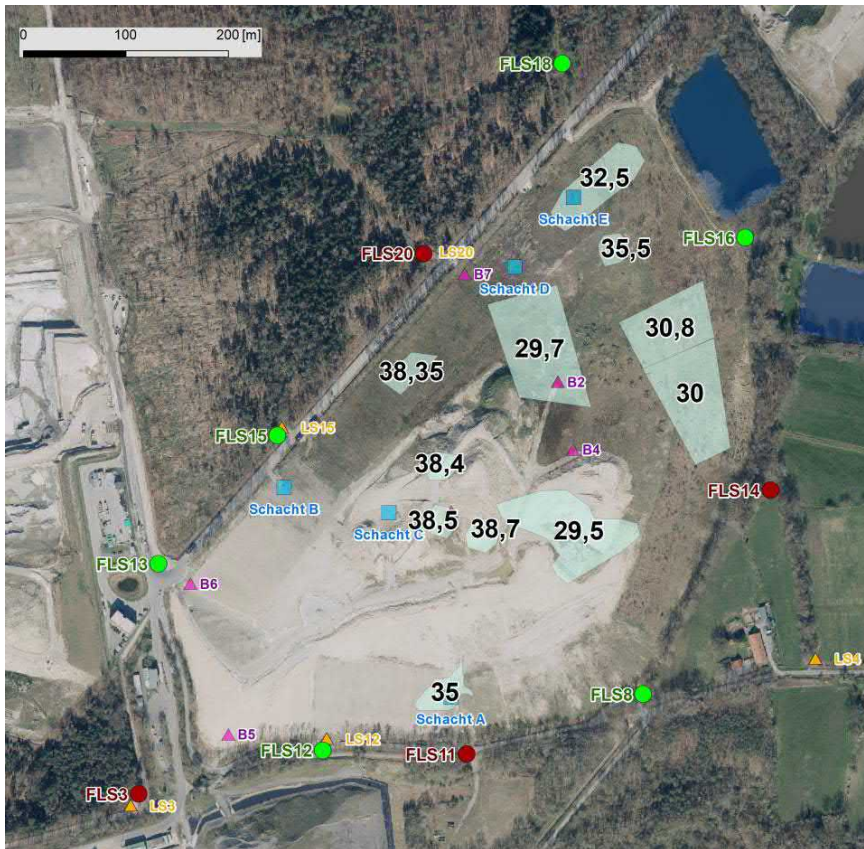


Abbildung 3 Höhenlage [m NHN] der Sohle des Tonabbaus, Daten aus [U17]

Hinsichtlich der Durchführung der Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten und der Bewertung im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung wurde mit den Beteiligten der Gutachterworkshops und der Koordinierungsgruppe übereingekommen, generell von einer Abbausohle in der Höhe von 30 m NHN auszugehen. Lediglich im äußersten Südosten gibt es begründete Hinweise, dass hier die Abbausohle nur bis auf 35 m NHN gereicht hat. Bei der Erstellung der neuen Grundwassermessstellen wurde allerdings generell von einer Abbauteufe von bis zu 30 m NHN ausgegangen. Den hydraulischen Auswertungen, insbesondere der Boxmodellierung (siehe Kapitel 6), liegt die in Abbildung 4 dargestellte, aus den vorliegenden Daten vereinfachend abgeleitete Zonierung der Abbausohle zu Grunde.

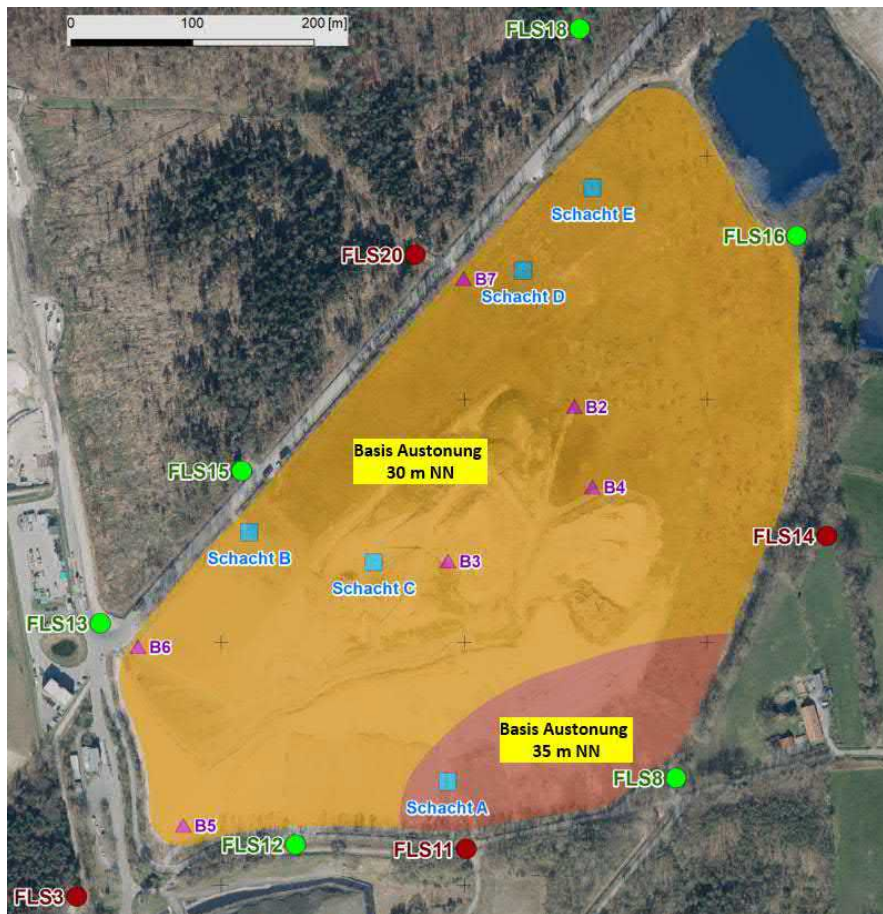


Abbildung 4 Aus den vorliegenden Daten vereinfachend abgeleitete, bei den hydraulischen Auswertungen inkl. der Boxmodellierung verwendete Höhenlage der Basis der Verfüllung

5.3 Errichtung neuer Grundwassermessstellen mit einer Verfilterung in Feinsandlagen der Lintforter Schichten

5.3.1 Errichtung und Lage der FLS-Messstellen

Die vorliegenden Untersuchungen zum Schichtaufbau, zur Hydrogeologie und zur Hydraulik der tieferen Lintforter Schichten und der Walsumer Meeressande im Rahmen des Neubaus / Rückbaus des Messstellennetzes Hünxe / Schermbeck – Phase A (hier verkürzt bezeichnet als Projekt „Gartroper Mühlenbach“) [U18] haben ergeben, dass im Bereich der Sonderabfalldeponie Hünxe-Schermbeck (AGR GmbH) und der Austonungen / Verfüllungen Eichenallee und Mühlenberg die Walsumer Meeressande den einzigen Grundwasserleiter mit (untergeordneter) wasserwirtschaftlicher Bedeutung bilden.

Die Walsumer Meeressande werden durch den Rater Ton überdeckt, der mit sehr hohen Tongehalten und Mächtigkeiten zwischen 6,5 und 9,5 m eine äußerst wirksame hydrogeologische Barriere darstellt und im Untersuchungsgebiet die Walsumer Meeressande gegen Einflüsse aus den Lintforter Schichten abriegelt.

Innerhalb der über dem Ratinger Ton anstehenden Lintforter Schichten wurden als Bereich mit einer - allerdings geringfügigen - Grundwasserbewegung die Basalen Schichten identifiziert, die neben sehr hohen Schluff-Anteilen lokal auch einen höheren Feinsand-Anteil aufweisen. Diese Basalen Schichten liegen unmittelbar an der Schichtgrenze zum Ratinger Ton und erreichen im Bereich Mühlenberg Mächtigkeiten zwischen 1,5 und 3 m.

Im Rahmen der hydrogeologischen Untersuchungen zur Verfüllung Mühlenberg war zu erkunden, ob innerhalb der Lintforter Schichten, insbesondere in den oberen Abschnitten, weitere Horizonte aufgrund ihrer Struktur bzw. ihres Anteils an (Fein-)Sand für eine Grundwasserführung bzw. laterale Grundwasserbewegung in Frage kommen. Insbesondere die sogenannte Mergelschicht, die aufgrund ihres hohen Kalkgehalts und ihrer helleren Farbe mehrfach in Bohrungen, Beobachtungen und Gutachten beschrieben wird und daher einen guten „Leithorizont“ darstellt, stand zunächst im Fokus der Untersuchungen.

Im Rahmen der 2. Besprechung der Koordinierungsgruppe (17.05.2021) wurden insgesamt 10 Bohrungen bzw. Bohrstandorte im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg festgelegt, die zu Grundwassermessstellen ausgebaut wurden. Im Gegensatz zu den schon vorhandenen und in den Basalen Schichten der Lintforter Schichten verfilterten Messstellen (LS-Messstellen) werden diese neuen Messstellen „flache Messstellen“ in den Lintforter Schichten (FLS-Messstellen) genannt.

Die vollständige Dokumentation der Errichtung der neuen „flachen“ Grundwassermessstellen (FLS) befindet sich im Anhang. Die Lage kann der Anlage 1 entnommen werden. Die Anforderungen an die Errichtung der Messstellen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die notwendige Erkundungsteufe in den Lintforter Schichten wurde im Hinblick auf die maximale Tiefe der Austonung Mühlenberg auf dem „Gutachter-Workshop“ am 09.07.2021 einvernehmlich auf 29 m NHN festgelegt. Dementsprechend liegen die geplanten Bohrteufen je nach Standort und Geländehöhe zwischen 15 und 20 m u. GOK.
- Es sollten nach den ursprünglichen Planungen alternierend die Mergelbank und die Feinsandlagen verfiltert werden (je 5 Messstellen) (siehe weitere Ausführungen hierzu im nachfolgenden Kapitel). Dabei sollte unter Berücksichtigung des inzwischen bekannten Einfallens der Lintforter Schichten nach Westen möglichst jeweils der gleiche stratigraphische Abschnitt erfasst werden, um eine Vergleichbarkeit der Messwerte untereinander zu erreichen.
- Die Bohrungen wurden im Liner-Verfahren gekernt und zusätzlich geophysikalisch im offenen Bohrloch vermessen. Die Schichtbeschreibungen, Kernaufnahmen und die geophysikalischen Messergebnisse befinden sich im Anhang.
- Nach Aufweitung des Bohrlochs auf 244 mm Durchmesser wurden die Bohrungen mit Voll- und Filterrohren DN65 (ABDI) ausgebaut. Das Filterrohrlänge beträgt für eine schichtgenaue Verfilterung 0,5 bis 1,0 m. Die Bohr- und Ausbauezeichnungen befinden sich im Anhang.
- Die Bohr- und Ausbaurbeiten zur Errichtung der 10 neuen Grundwassermessstellen sind termingerecht in der 50. KW 2021 abgeschlossen worden.

- Nach Fertigstellung der Messstellen erfolgte das Klarpumpen / Reinigen. Die Klarpumpprotokolle befinden sich im Anhang.
- Der Messstellen-Ausbau wurde anhand von geophysikalischen Kontroll-Vermessungen sowie einer speziellen Kamerabefahrung in der Messstelle FLS18 überprüft. Ergebnis: Alle Messstellen wurden entsprechend den Vorgaben ausgebaut und sind somit für die weiteren Untersuchungen geeignet. Die geophysikalischen Vermessungen des jeweiligen Messstellenausbaus (Messdiagramme und Berichte) befinden sich im Anhang.

Die jeweilige Lage und Höhe der neuen FLS-Messstellen wurden am 14.02.2022 eingemessen. Die Messdaten sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Bezeichnung	Rechtswert (UTM)	Hochwert (UTM)	Messpunkt [m NHN]	GOK [m NHN]	Filteroberkante [m u. GOK]	Filteroberkante [m NHN]	Filterunterkante [m u. GOK]	Filterunterkante [m NHN]
FLS3	32350680,90	5724990,90	48,34	47,40	21,60	25,80	22,60	24,80
FLS8	32351174,40	5725088,40	49,81	48,70	9,30	39,40	9,80	38,90
FLS11	32351001,80	5725029,90	48,94	49,05	19,20	29,85	20,20	28,85
FLS12	32350861,10	5725033,60	48,71	48,82	11,25	37,57	11,75	37,07
FLS13	32350700,30	5725215,60	50,91	50,00	14,40	35,60	15,40	34,60
FLS14	32351298,70	5725287,60	47,76	46,70	19,20	27,50	20,20	26,50
FLS15	32350816,70	5725341,00	49,75	48,70	12,30	36,40	12,80	35,90
FLS16	32351274,10	5725534,40	44,37	43,30	12,20	31,10	12,70	30,60
FLS18	32351095,20	5725704,60	44,79	43,80	9,10	34,70	9,60	34,20
FLS20	32350959,70	5725518,90	48,52	47,70	19,25	28,45	19,75	27,95

Tabelle 1 Lage- und Höhendaten der FLS-Messstellen

5.3.2 Festlegung des Messstellenausbaus

Die Schritte zur Festlegung des Ausbaus (Lage der Filterstrecken) lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Mit den Bohrarbeiten wurde am 15.10.2021 an der Messstelle FLS20 begonnen.
- Am 18.10.2021 fand ein gemeinsamer Ortstermin (Hr. Bruns, Herr Schroeter (Geologe vor Ort), Herr Dr. Kerth) zur Begutachtung der Bohrkern der bis zu einer Endteufe von 21 m u. GOK abgeteuften Bohrung FLS20 statt. Nach den Ergebnissen dieser Bohrung wurden der Ausbau der Messstelle sowie die weitere generelle Vorgehensweise zum Messstellenausbau erneut abgestimmt.

Die hellgraue „Mergelschicht“ wurde in einer Teufe von ca. 9,25 – 9,80 m u. GOK angetroffen und besteht aus stark kalkhaltigem Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig mit Kalkkonkretionen. Die Schicht ist erdfeucht, aber nicht wasserführend. Übereinstimmend wurde festgelegt, diese Mergelschicht nicht zu verfiltern, da kein messbarer Wasserfluss anzunehmen ist.

Dagegen wurden zwei Horizonte anhand der Bohrkern ermittelt, die grundwasserführend sind:

Schicht 1 in ca. 13 m u. GOK: eine ca. 1,45 m mächtige Schicht aus feinsandigem, schwach tonigem Schluff,

Schicht 2 in ca. 20 m u. GOK: eine ca. 0,65 m mächtige Schicht aus stark feinsandigem, schwach tonigem Schluff.

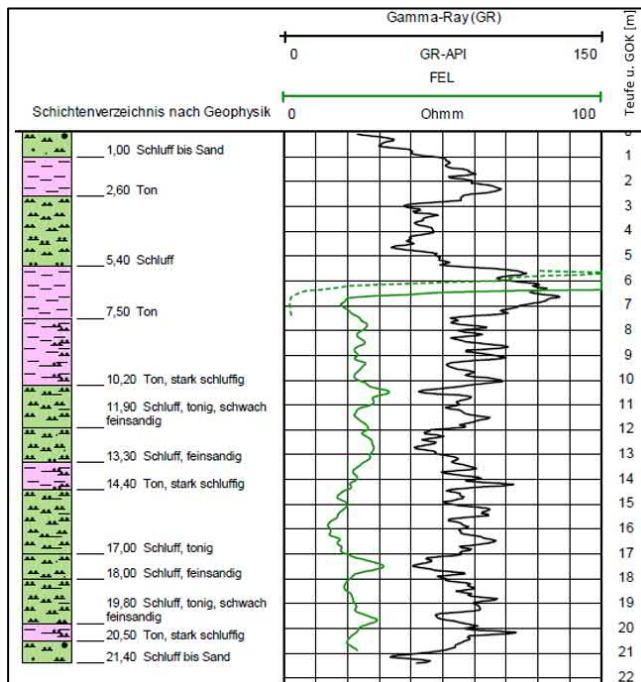
Für die Messstelle FLS20 wurde die Schicht 2 verfiltert.

Es wurde beschlossen, in Anlehnung an die auf dem „Gutachter-Workshop“ am 09.07.2021 festgelegte Vorgehensweise die übrigen FLS-Messstellen zwischen diesen beiden Schichten alternierend zu verfiltern und die Mergelschicht grundsätzlich nicht zu verfiltern. Die Ergebnisse des Messstellenbaus lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Mergelschicht und die anhand der FLS20 festgelegte generelle Schichtenfolge konnten in allen Bohrungen identifiziert werden.
- Die Messstellen FLS8, FLS12, FLS13, FLS15, FLS16 und FLS18 wurden in der Schicht 1, die Messstellen FLS3, FLS11, FLS14, FLS20 in der Schicht 2 verfiltert. In keiner dieser Messstellenbohrungen erwies sich die „Mergelschicht“ als wasserführend.
- Weitere Schichten, die in gleichem Maße wie die Schichte 1 und 2 für eine potentielle Wasserbewegung in Frage kommen, wurden nicht identifiziert.
- Die durchgeführten hydrogeologischen und geophysikalischen Messungen und Auswertungen haben gezeigt, dass es gelungen ist, jeweils gleiche stratigraphische Abschnitte zu erfassen, so dass eine Vergleichbarkeit der Messwerte untereinander möglich ist (siehe Kapitel 5.3.3 und **Anlage 2**).
- Das aus den Voruntersuchungen [u. a. **U17, U18**] bekannte Einfallen der Lintforter Schichten nach Westen hat sich im Wesentlichen bestätigt.

5.3.3 Hydrogeologische Verhältnisse der Lintforter Schichten im nahen Umfeld der Verfüllung Mühlenberg

Petrographisch bestehen die Lintforter Schichten aus einer Wechsellagerung von Ton, Schluff und Feinsanden mit wechselnden Anteilen und mit wechselnden Kalkanteilen. Anhand der Bohrkerne in Kombination mit den geophysikalischen Vermessungen lassen sich Zonen bestimmter Kornzusammensetzungen gut unterscheiden. Es ergibt sich ein vertikales Muster von Zonen mit höheren Tongehalten und Zonen höherer Feinsandgehalte, die sich in ähnlicher Weise in allen Bohrungen wiederfinden lassen.



**Abbildung 5 Beispiel: Gamma-Ray- und FEL-Log
Messstelle FLS20**

Die Abbildung 5 zeigt für die Bohrung der Messstelle FLS20 auf der linken Seite ein vereinfachtes, aus der geophysikalischen Vermessung abgeleitetes Bohrprofil und auf der rechten Seite zwei Logs dieser geophysikalischen Vermessung, in schwarz das Gamma-Ray-Log (Gamma-Strahlung) und in grün das Log der feldelektrischen Leitfähigkeit (FEL). Vereinfacht beschrieben lässt sich aus einer höheren Gamma-Eigenstrahlung des Substrats ein höherer Tongehalt ableiten, aus einer niedrigeren einen höheren Anteil an (Fein-)Sand. Das FEL-Log gibt u. a. Hinweise auf den Porenwasseranteil. Hohe Leitfähigkeiten (geringe Ohm-Werte) lassen auf einen höheren (Ton), geringe auf einen niedrigen (Sand) Porenwasseranteil schließen.

Der unruhige Verlauf beider Logs, insbesondere des Gamma-Ray-Logs, zeigen, dass innerhalb von wenigen Zentimetern bzw. Dezimetern (vertikal) die Kornzusammensetzungen variieren.

Gemeinsam mit weiteren Logs und den Bohrbefunden vor Ort bzw. aus den Bohrkernen lassen sich durch einen erfahrenen Geologen Zonen bzw. Schichtabschnitte identifizieren, in dem eine Grundwasserbewegung erfolgen könnte.

Werden die Bohrbefunde bzw. die geophysikalischen Logs der Bohrungen (siehe Dokumentation im Anhang) in den Lintforter-Schichten (inkl. der Bohrungen der LS-Messstellen in den Basalen Schichten) zu einem Profilschnitt im Umkreis der Verfüllung Mühlenberg zusammengestellt und parallelisiert, wie in **Anlage 2** abgebildet, lassen sich einerseits wiederkehrende Muster in den Logs erkennen und andererseits die Tiefen-Lagen der Schichten mit einer potentiellen Grundwasserführung / Bewegung identifizieren. Durch Interpolation zwischen den Bohrungen lassen sich die Schichtverläufe und Schichtteufen an jedem Punkt im Umfeld des Mühlenberges festlegen. Der Fokus dieser Parallelisierung liegt auf der Mergelschicht (Leithorizont), die in den Bohrkernen besonders gut erkennbar ist sowie insbesondere auf Schichten

mit einer möglichen lateralen Wasserbewegung. Auf diese Weise konnten zwei „durchgehende“ Schichten, die für eine potentielle laterale Grundwasserbewegung in Frage kommen, identifiziert werden (im Folgenden **Schicht 1** und **Schicht 2** genannt). Werden die Bohrerergebnisse der tieferen „LS-Messtellen“, die bis an die Basis der Lintforter Schichten reichen **[U18]**, hinzugenommen, lässt sich eine Parallelisierung auch für die **Basalen Schichten** als dritten Horizont mit einer möglichen Grundwasserbewegung durchführen. Für den Schichtverlauf der Basalen Schichten besteht aber eine gewisse Unsicherheit, besonders im Osten und Norden der Verfüllung, da hier keine Bohrungen/Messstellen bis auf die Basalen Schichten mit einer zuverlässigen geophysikalischen Vermessung vorhanden sind.

Die Ergebnisse dieser Parallelisierung werden im Folgenden für die Schichten 1 und 2 sowie für die Basalen Schichten in Form von Isohypsenplänen dargestellt und erläutert:

Schicht 1

- Die **Schicht 1** liegt im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg in einer Teufe, bezogen auf die Schichtoberkante, von etwa ca. 9,05 m u. GOK (39,4 m NHN) bis ca. 14,40 m u. GOK (31,3 m NHN).
- Die Schicht ist durch den Tonabbau Mühlenberg (angesetzte Abbausohle 30 m NHN im Südosten 35 m NHN) weitgehend ausgeräumt und nicht mehr vorhanden. Der Isohypsenplan (Abbildung 6) visualisiert den interpolierten, ursprünglichen Schichtverlauf. Ausgehend von einer Hoch-Achse FLS8 – FLS15 zeigt ein Schicht-Einfallen sowohl in nordöstliche als auch in südwestliche Richtung.
- Inwieweit die Schicht 1 an den Rändern des Tonabbaus mittelbar oder unmittelbar in hydraulischem Kontakt mit der Verfüllung steht und wie dieser Bereich hydraulisch zu bewerten ist, wird in den Kapiteln 5.3.3 und 6.11 diskutiert.

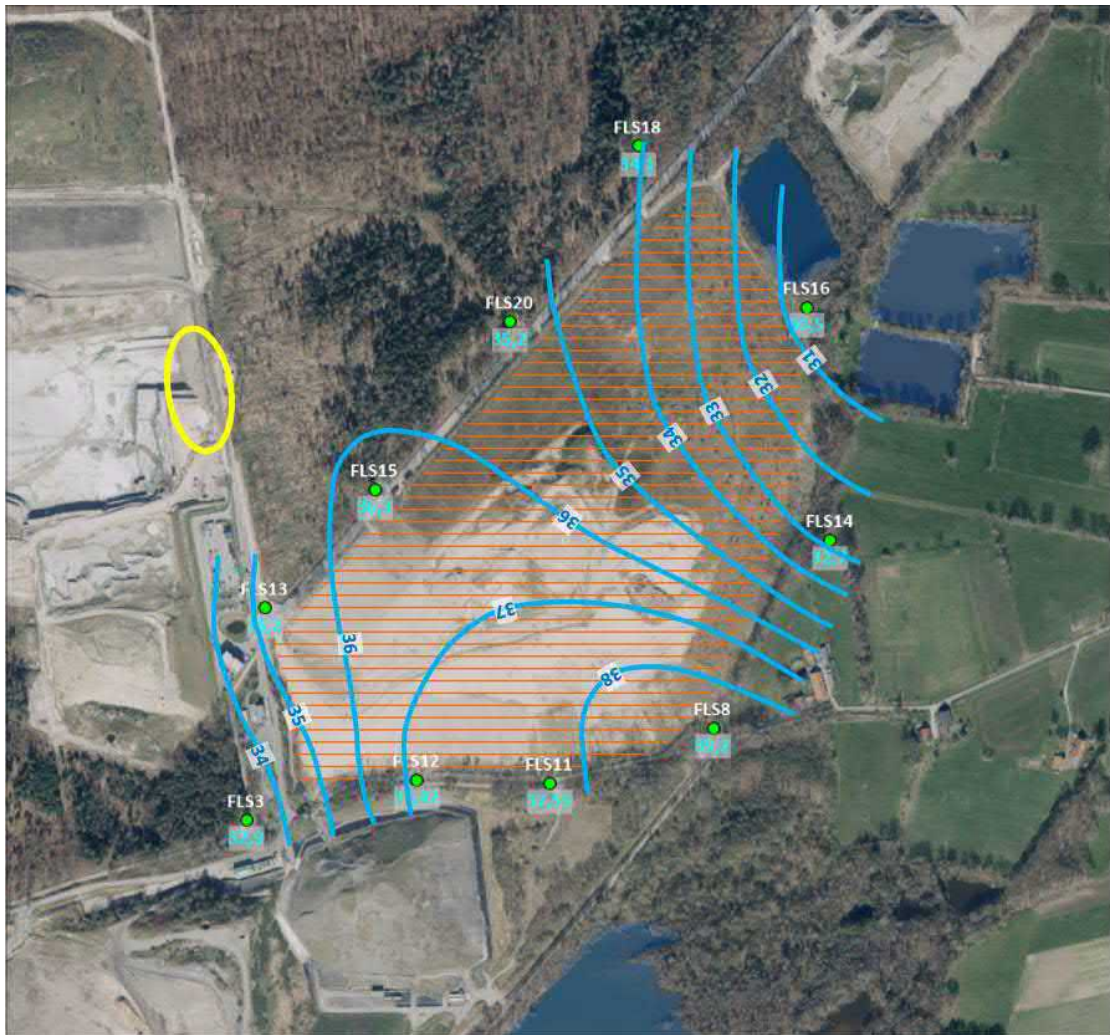


Abbildung 6 Höhenlage der Schicht 1 [m NHN] (Höhenwerte abgeleitet aus geophysikalischer Vermessung, siehe auch Anlage 2); gelb: Lage Aufschluss Abbildung 7

- Die Mergelschicht und Schicht 1 sind in der Ostflanke der Austonung Eichenallee angeschnitten worden. Die Abbildung 7 zeigt eine Aufnahme der Abbauwand vom 18.05.2022. Die Lokalität der Aufnahme ist in Abbildung 6 gelb markiert. Die Mergelschicht ist als hellgraues „Band“ zu erkennen. Die Schicht 1 zeichnet sich durch eine dunkle Verfärbung aus, die auf eine leichte Durchfeuchtung zurückzuführen ist. Die Durchfeuchtung, auf der sich auch ein sehr lichter Pflanzenbewuchs eingestellt hat, migriert im losen Hangschutt bereichsweise weiter nach unten bis zur Basis der Austonung. Ein Wasseraustritt oder gar eine Quelllinie ist nicht vorhanden. Dies bedeutet, dass die hier aus der Schicht 1 austretenden Wassermengen äußerst gering sind.

Die Schicht 1 steht an dieser Stelle in eine Höhe von ca. 33,7 m NHN an. Dass passt sehr gut zu der in der Bohrung FLS3 festgestellten Höhe sowie zu den im Isohypsenplan in Abbildung 6 dargestellten Schichthöhen (Fortführung der 34-m NHN-Isohypse nach Norden).

Die Schicht 2 liegt an dieser Stelle vermutlich bei ca. 27 - 28 m NHN und damit tiefer als die Abbausohle der Austonung Eichenallee. Sie wird daher durch den Abbau nicht erschlossen.

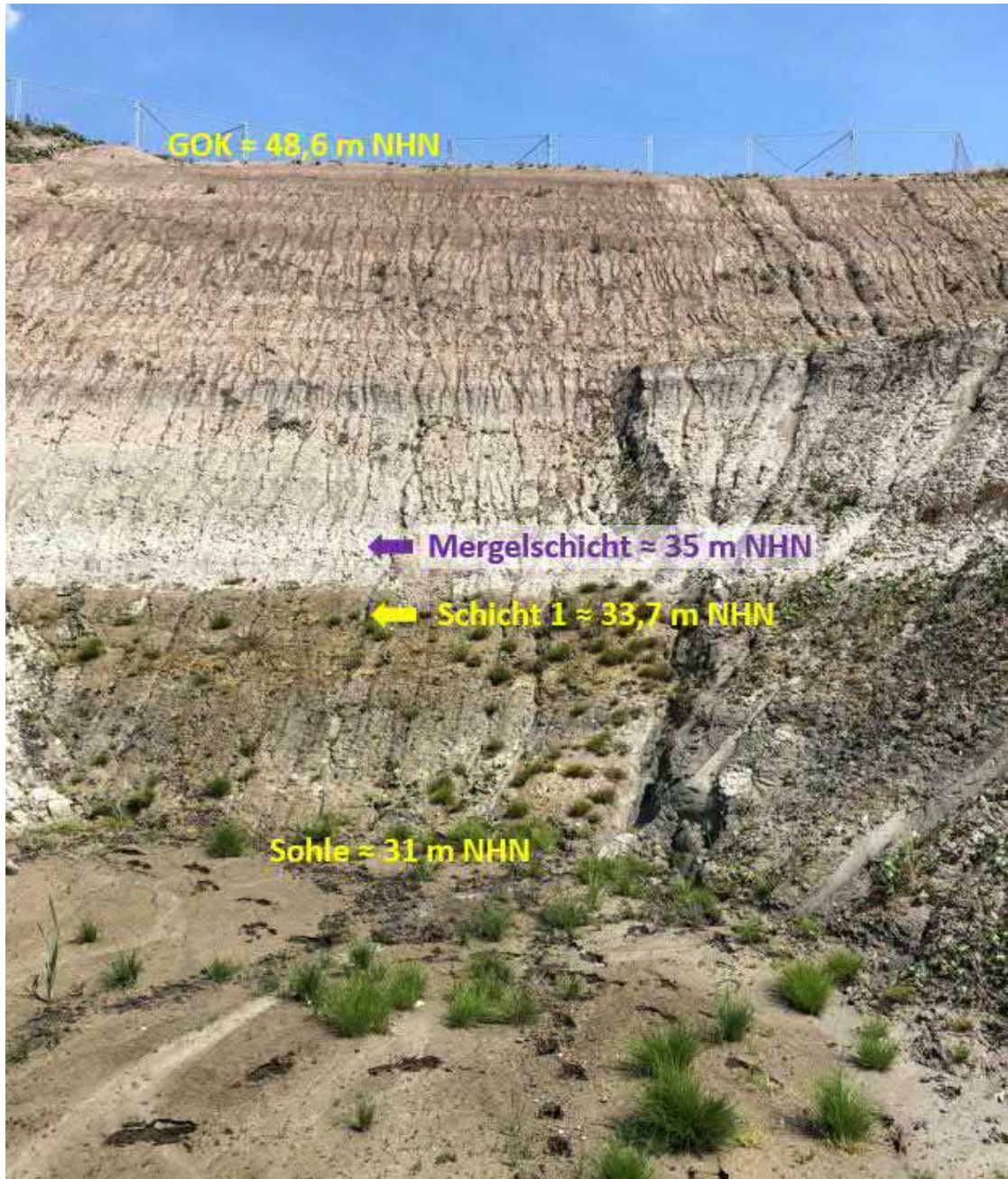


Abbildung 7 Aufnahme der östlichen Grubenwand des Tonabbaus Eichenallee vom 18.05.2022
(zur Lage siehe gelbe Markierung in Abbildung 6)

Schicht 2

- Die **Schicht 2** liegt im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg in einer Teufe von etwa 16,4 m u. GOK (32,0 m NHN) bis ca. 22,5 m u. GOK (24,3 m NHN).

- In Abbildung 8 wird die Höhenlage (Isohypsen) der Schicht 2 dargestellt. Der Plan zeigt ausgehend von einer Achse FLS8 – FLS20 ebenfalls, wie Schicht 1, ein Schicht-Einfallen in nordöstliche. bzw. südwestliche Richtung.

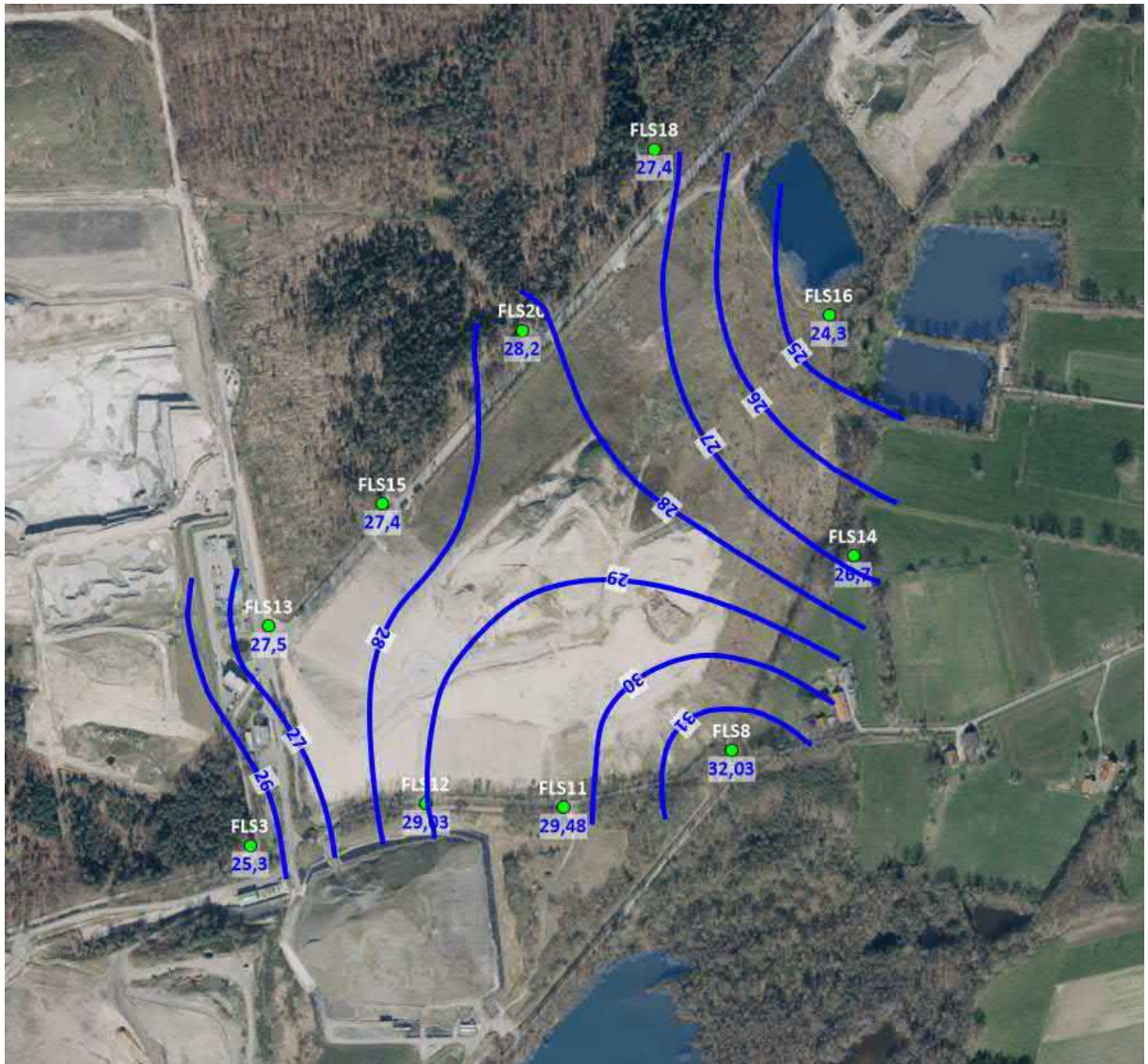


Abbildung 8 Höhenlage der Schicht 2 [m NHN] (Höhen abgeleitet aus geophysikalischer Vermessung bzw. Interpolation, siehe auch Anlage 2)

- Wird von einer Abbautiefe der Austonung bis auf max. ca. 30 m NHN bzw. im Südosten bis auf 35 m NHN ausgegangen, liegt die Schicht 2 tiefer als die Basis der Austonung und steht somit nicht in unmittelbarem Kontakt mit der Verfüllung.
- Die Schichten 1 und 2 verlaufen nahezu parallel, wie auch aus **Anlage 2** hervorgeht. Dementsprechend verlaufen die Isohypsen in den Abbildung 6 und Abbildung 8 sehr ähnlich. Der vertikale Abstand bzw. die Mächtigkeit von in den Bohrungen trockenem, maximal erdfeuchten, überwiegend tonigem Schluff bzw. schluffigem Ton zwischen den beiden Schichten beträgt ca. 6 bis 8 Meter (siehe auch **Anlage 2**).

Basale Schichten

- Die **Basalen Schichten** stellen neben den Schichten 1 und 2 den dritten Horizont innerhalb der Lintforter Schichten dar, in dem potenziell eine laterale Grundwasserbewegung möglich ist. Im Bereich der Verfüllung Mühlenberg sind sie durch vier Messstellen (LS2, LS12, LS15 und LS20) erbohrt und verfiltert. Sie liegen im Süden und Westen der Verfüllung (siehe **Anlage 1**). Für eine gesicherte Konstruktion eines Isohyphenplans liegen damit nicht ausreichend Stützpunkte vor.
- Nach den bisherigen Kenntnissen **[U18]** ist aber davon auszugehen, dass die Basalen Schichten annähernd parallel zu der Schicht 2 verlaufen. Der vertikale Abstand bzw. die Mächtigkeit von in den Bohrungen trockenem, maximal erdfeuchten, überwiegend tonigem Schluff bzw. schluffigem Ton zwischen den beiden Schichten beträgt ca. 10 bis 13 Meter (vgl. **Anlage 2**).

5.4 Ergänzende Untersuchungen

5.4.1 Literaturrecherchen zu den Feinsandlagen und der Mergelbank

In dem Gutachten von Kerth und Prahl et. al. **[U17]** wird zur weiteren Prüfung und Identifizierung von möglicherweise grundwasserführenden Schichten innerhalb der Lintforter Schichten eine Einsichtnahme der Diplomarbeit von SCHENK, N. (1998): Lithologie und Fazies der tertiären Schichten im Raum Bottrop-Kirchhellen-Schermbbeck (Südwest-Münsterland) **[U18]** empfohlen.

Die Einsichtnahme hat am Donnerstag, den 05.08.2021, in der Bibliothek des Instituts für Geowissenschaften der Universität Bonn stattgefunden.

Fazit: Die Diplomarbeit enthält detaillierte Beschreibungen der Fazies und der Genese der Lintforter Schichten. Das Untersuchungsgebiet liegt aber östlich und südlich des Standorts Mühlenberg. Zusätzliche wesentliche Erkenntnisse für der Standort Mühlenberg, insbesondere zur „Mergelschicht“ und zur lokalen Wasserführung in einzelnen Abschnitten, lassen sich aus der Diplomarbeit nicht ableiten.

5.4.2 Feinstratigraphische Aufnahme der Tongrube Eichenallee und deren Bewertung

In dem Gutachten von Kerth und Prahl et. al. **[U17]** wird zur weiteren Prüfung und Identifizierung von möglicherweise grundwasserführenden Schichten innerhalb der Lintforter Schichten weiterhin empfohlen, die Grubenwand der Tonabbau Eichenallee feinstratigraphisch aufzunehmen.

Die südwestliche Grubenwand des Tonabbau Eichenallee ist am 20.05.2021 durch Herrn Dipl.-Geol. Georg Schroeter (CAH) aufgenommen worden.

Das Profil ist in Folge des stufenweisen Abbaus in vier unterschiedliche Abschnitte entsprechend der Abstufung der Abbaukanten unterteilt (Abbildung 9).



Abbildung 9 Übersichtsdarstellung der Profilaufnahme der Grubenwand Tonabbau Eichenallee

Der Vermarkungspunkt (GOK) des Profils befindet sich an der südwestlichen Grubenwand (Abbildung 10): Höhe 44,53 m NHN, Rechtswert (UTM): 32350234,3; Hochwert (UTM): 5725172,5. Der Vermarkungspunkt ist in das Luftbild in Abbildung 10 eingetragen. Das Luftbild zeigt allerdings ein früheres Stadium des Tonabbaus, zum Zeitpunkt der Profilaufnahme war der Abbau bereits weiter nach Südwesten fortgeschritten.



Abbildung 10 Vermarkungspunkt der Profilaufnahme der Grubenwand Tonabbau Eichenallee

Die Profilaufnahme begann mit der bewachsenen Oberfläche und wurde von der Fa. Nottenkämper mit einer NHN-Höhe von 44,53 m eingemessen. Alle vier Abschnitte erstreckten sich über eine Höhe von insgesamt 16,2 m, wobei Mehrstrecken durch die Schrägen herausgerechnet wurden. Das Profil endete in einem Schurf etwa 0,8 m unter der Grubensohle. Dieser wurde durch einen Bagger der Fa. Nottenkämper angelegt. Über die Gesamtstrecke wurden 25 Beutelp Proben entsprechend der angetroffenen Schichtenunterteilung entnommen, die im Kern- und Probenlager vor Ort aufbewahrt werden.

Das aufgenommene Schichtenprofil und die Schichtenbeschreibung befinden sich in **Anlage 3.1**.

Die beim Bau der flachen Grundwassermessstellen als Leithorizont auftretende Mergelschicht ist auch bei der Aufnahme des Wandprofils deutlich zu erkennen gewesen (Schicht 14,5 – 15,3 m u. GOK = 30,03 – 29,23 m NHN). Auch an der Sohle der Tongrube ist im östlichen Bereich genau diese Mergelschicht aufgeschlossen. Wenn alle Daten in Zusammenhang gesetzt werden, lässt sich deutlich erkennen, dass die Mergellage von Osten nach Westen einfällt (vgl. Abbildung 21). In allen Aufschlüssen tritt sie als fester, trockener, stark kalkhaltiger Ton oder toniger Schluff auf. Die Färbung wechselt etwas von einem sehr hellen Grau über Hellgraubeige bis zu einem Hellgraubraun. Sofern offenliegend, bilden sich schmale Trockenrisse und die Restfeuchte wird langsam abgeführt. Im frischen Anschnitt an der Wand (oder im Bohrkern) ist das Material sehr dicht gelagert und zeigt nur sehr geringe Feuchtigkeit. Es liegt keine nennenswerte Plastizität vor, das Material ist eher bröckelig. In einigen Aufschlüssen ist der Übergang zum Verfestigen/ Festgestein schon sichtbar.

An der Profilwand treten an einigen Stellen feuchte und nasse Stellen innerhalb der Schluffe und Tone der Lintforter Schichten auf. Teilweise rinnen geringe Mengen Schichtenwasser aus der frisch angeschnittenen Wand, die aber anschließend sehr rasch versiegen. In der Grube kann man an den anderen Wänden immer wieder feuchte oder sogar leicht vernässte Zonen erkennen. Sie zeigen jedoch keine ausgeprägten Zusammenhänge oder parallelisierbare Schichten, sondern sind eher als lokale Vorkommen (Linsen) zu betrachten.

Die Schichten 1 und 2 liegen im Bereich der durchgeführten Profilaufnahme unterhalb der Abbausohle und sind in diesem Abbauabschnitt daher nicht erschlossen worden.

Eine weitere Profilaufnahme an der östlichen, der Verfüllung Mühlenberg zugewandten Grubenwand, kam aus Gründen der Arbeitssicherheit zum Zeitpunkt der Geländeaufnahmen nicht in Frage (siehe aber Abbildung 7).

5.4.3 Zusätzliche Kernbohrungen

Am 10.03.2021 wurden Bohrkern von zwei Erkundungsbohrungen für die Austonung Eichenallee im Kernlager der Fa. Nottenkämper aufgenommen (Bohrungen B2 und B3, Schneckenbohrungen, Teufe jeweils 20 m, durchgeführt durch die Fa. Fluhme & Sohn GmbH, Bergkamen).

Die Bohransatzpunkte liegen auf der Südseite des Tonabbaus Eichenallee (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11 Bohransatzpunkte weitere Kernbohrungen

Bohransatzpunkte:

- B2: Höhe ca. 47 m NHN; Rechtswert (UTM): 32350528,4; Hochwert (UTM): 5725058,4
- B3: Höhe ca. 45,15 m NHN; Rechtswert (UTM) 32350265,8; Hochwert (UTM): 5725155,0

Die aufgenommenen Schichtenprofile befinden sich in den **Anlagen 3.2.1 und 3.2.2**.

In den Bohrungen konnten die Mergelschicht sowie die Schichten 1 und 2 (in Bohrung B3 im Bereich der Endteufe) identifiziert werden. Die Teufenlagen können u. a. der Tabelle 3 entnommen werden.

5.4.4 Prüfung der Anwendbarkeit der Direct-Push-Sondierung

Im Gutachten von Kerth und Prahl et al. **[U17]** wird das sogenannte Direct-Push-Verfahren als Möglichkeit der geologischen und hydraulischen Erkundung der Lintforter Schichten vorgeschlagen. Um zu prüfen, ob dieses Verfahren einsetzbar ist und zu verwertbaren Ergebnissen führt, wurde am 20.04.2021 eine Test-Sondierung durchgeführt. Ziel war es, mindestens eine

Teufe von 15 m bis 20 m u. GOK zu erreichen³, und durch den Einsatz von Linern gut bestimmbares Probenmaterial zu gewinnen. Die Testsondierung wurde von der Fa. Fugro Germany Land GmbH, Berlin, durchgeführt.

Den Ansatzpunkt der Testsondierung zeigt die Abbildung 12.



Abbildung 12 Ansatzpunkt der Testsondierung (Direct-Push-Verfahren)



Abbildung 13 Sondiergerät mit Sondiergestänge (links) und Liner mit Bohrgut (rechts)

³ Im Rahmen des „Fachgutachter-Workshops“ am 09.07.2021 (Protokoll liegt vor) wurde eine notwendige Erkundungsteufe der Lintforter Schichten bis auf 29 m NHN festgelegt. Je nach Standort bzw. Geländehöhe wären demnach an einigen Stellen sogar Sondierteufen notwendig, die über 15 m hinausgehen.

Bis ca. 12 m u. GOK war ein ausreichender, anschließend ein nur noch wenig zufriedenstellender Bohrfortschritt zu erzielen. Bei ca. 15 m u. GOK wurde die Bohrung abgebrochen. Unter den gegebenen geologischen Bedingungen scheint es nicht möglich zu sein, ggf. erforderliche größere Teufen mit diesem Verfahren zu erreichen. Die Proben machten zudem einen sehr gestauchten Eindruck, so dass es schwer ist, im Bohrkern unterschiedliche Kornzusammensetzungen, Wassergehalte/Feuchtezonen und Steifegrade zu erkennen bzw. zu bewerten.

Fazit: Unter den gegebenen Voraussetzungen und Zielsetzungen ist das Direct-Push-Verfahren für die weitere Erkundung nicht hinreichend gut geeignet. Auf den Einsatz dieses Verfahrens wurde daher verzichtet und auf „konventionelle“ Kernbohrverfahren zurückgegriffen.

5.5 Hydraulische Tests

Um die Grundwasserbewegung in den durch die FLS-Messstellen verfilterten Schichten quantifizieren zu können, müssen die hydraulischen Durchlässigkeiten (hier Transmissivität bzw. k_f -Wert) bestimmt werden. Hierfür wurden zweierlei Tests durchgeführt und ausgewertet: Auffüllversuche und Slug-/Bail-Tests.

5.5.1 Auffüllversuche

Nach Fertigstellung der Messstellen wurden durch die Bohrfirma (Bonhoff GmbH) im November und Dezember 2021 sogenannte Auffüllversuche durchgeführt, bei denen durch Einfüllen von Wasser der Wasserstand in der Messstelle gegenüber dem Ruhewasserstand um bis zu ca. 10 m angehoben wird. Anschließend sinkt der Wasserstand allmählich wieder bis auf den Ruhewasserstand ab. Dieses Testverfahren ist für eine erste, orientierende Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeiten gedacht.

Der zeitliche Ablauf der Wasserstandsänderung wird mit einem Datenlogger aufgezeichnet und mit dem gleichen Verfahren ausgewertet wie die nachfolgend beschriebenen Slug-/Bail-Tests.

Die Testverläufe sowie die Auswertungskurven befinden sich in den **Anlagen 4.1.ff.**

Aus den Auffüllversuchen ergeben sich k_f -Werte überwiegend im mittleren 10^{-7} -m/s-Bereich (siehe Tabelle 2). Dieser Wertebereich war anhand der Bohrbefunde (überwiegend feinsandiger Schluff) zu erwarten und ist plausibel.

5.5.2 Slug-/Bail-Tests

Um die Ergebnisse aus den ersten und unmittelbar nach Erstellung der Messstellen durchgeführten Slug-/Bail-Tests abzusichern bzw. zu ergänzen, wurden Anfang März 2022 sogenannte Slug-/Bail-Tests durchgeführt.

Die Testverläufe sowie die Auswertungskurven befinden sich in **Anlage 4.2.ff.**

Beim „Slug-Test“ wird ein Verdrängungskörper in die Messstelle eingebracht und dadurch eine (schnelle) Aufhöhung des Wasserspiegels verursacht. Der zeitliche Verlauf des Wasserspiegelabfalls wird bis zum Erreichen des Ausgangswasserstands aufgezeichnet und ausgewertet. Anschließend wird für den „Bail-Test“ der Verdrängungskörper wieder aus der Messstelle herausgezogen, was einen Abfall des Wasserspiegels verursacht. Hier wird der zeitliche Verlauf des Wiederanstiegs aufgezeichnet und ausgewertet.

Die Messwertaufzeichnung erfolgte mit einem elektronischen Druckaufnehmer, der an ein Computersystem angeschlossen ist. Hierdurch ist eine Überwachung des Testverlaufs am Bildschirm möglich. Die Aufzeichnungsrate betrug 5 Sekunden.

Die Testdauer betrug je „Teil-Test“, entsprechend den geringen Durchlässigkeiten zwischen mehreren Stunden bis zu einem Tag.

Der Testverlauf und die Wasserspiegeländerung werden an folgendem Beispiel veranschaulicht (siehe Abbildung 14):

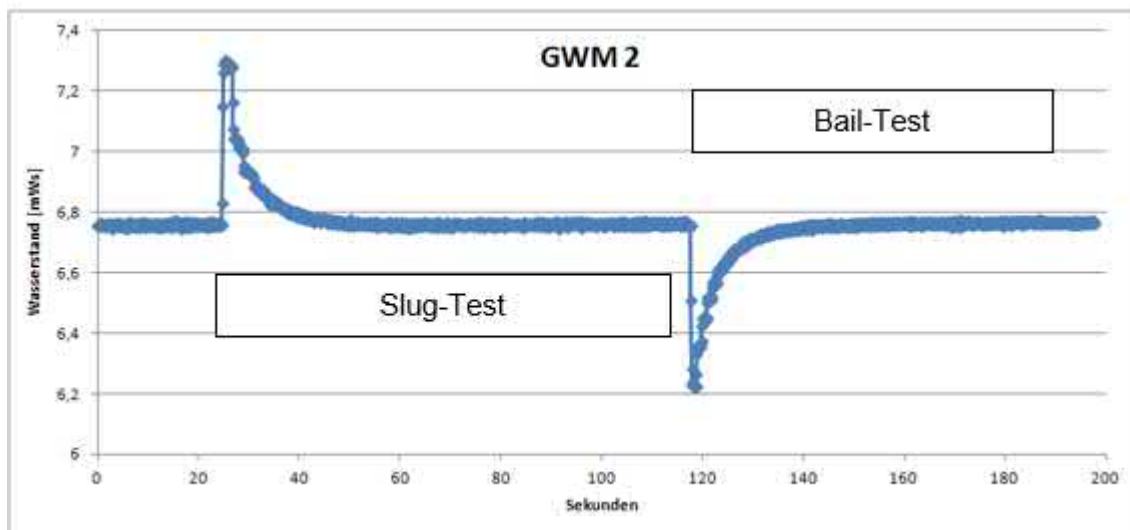


Abbildung 14 Wasserspiegeländerung in der Messstelle im Rahmen des Slug-/Bail-Tests

Die Auswertung der Testverläufe erfolgte mit dem Programmsystem HYDRO TEC 7.5® Pro der Fa. GeoLogik unter Anwendung der für die Messstellen- und Aquifergeometrie geeigneten Auswerteverfahren. Die Bestimmung der hydraulischen Parameter erfolgte durch eine Anpassung von Typkurven an die Messwerte.

Slug-Test und Bail-Test werden jeweils getrennt voneinander ausgewertet. Je nach hydraulischem Verhalten des anstehenden geologischen Materials können die Ergebnisse dieser „Teil-Tests“ innerhalb einer Messstelle voneinander abweichen. Hieraus und unter Einbeziehung der Auffüllversuche ergibt sich eine Spannbreite der möglichen Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte). Werden die Ergebnisse innerhalb dieser Spannbreite für gleich wahrscheinlich gehalten, erfolgt zur Ermittlung des für die Messstelle repräsentativen k_f -Werts eine logarithmische Mittelwertbildung. Andernfalls erfolgt eine Bewertung nach Testverlauf und Güte der Typkurvenanpassung an die Messwerte.

In der Tabelle 2 werden die aus den Auffüllversuchen und den Slug-/Bail-Tests ermittelten Durchlässigkeiten aufgelistet. Unter „Gesamtergebnis“ stehen die bewerteten und für repräsentativ erachteten Durchlässigkeiten, die die Grundlage für die weiteren Auswertungen innerhalb der Gefährdungsabschätzung der Verfüllung Mühlenberg bilden.

Die Werte schwanken zwischen $2 \cdot 10^{-6}$ m/s (FLS16) und $3 \cdot 10^{-7}$ m/s (FLS14). Sie liegen in der nach Bohrerergebnissen zu erwartenden und damit in einer plausiblen Größenordnung. Eine raum- oder schichtbezogene Gliederung der Größenordnungen der Durchlässigkeiten ergibt sich nicht.

Testart	Schicht 1						Schicht 2			
Auffüllversuche	FLS8	FLS12	FLS13	FLS15	FLS16	FLS18	FLS3	FLS11	FLS14	FLS20
Ergebnis: kf-Wert [m/s]	1,9E-07	1,1E-06	5,1E-07	9,4E-07	1,5E-06	5,8E-07	8,0E-07	5,1E-07	2,1E-07	9,6E-07
Verfahren: COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS Bewertung: Anpassungsgüte der Typkurve an die Messwerte	gut (2. Drittel), schlecht (1./3. Drittel)	sehr gut	sehr gut (1./2. Drittel), mäßig (3. Drittel)	sehr gut	sehr gut	sehr gut (1./2. Drittel), mäßig (3. Drittel)	sehr gut	sehr gut	gut bis mäßig	sehr gut
Slug-Test	FLS8	FLS12	FLS13	FLS15	FLS16	FLS18	FLS3	FLS11	FLS14	FLS20
Ergebnis: kf-Wert [m/s]	4,8E-07	3,6E-07	5,3E-07	2,4E-07	9,9E-07	5,6E-07	5,3E-07	6,6E-06	6,1E-07	1,2E-06
Verfahren: COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS Bewertung: Anpassungsgüte der Typkurve an die Messwerte	sehr gut	gut (1./2. Drittel), mäßig (3. Drittel)	mäßig bis schlecht	gut	gut	gut (1./2. Drittel), mäßig (3. Drittel)	gut bis sehr gut	mäßig	sehr gut (1. Hälfte), mäßig bis schlecht (2. Hälfte)	mäßig bis schlecht (1. Drittel), gut bis mäßig (2./3. Drittel)
Bail-Test	FLS8	FLS12	FLS13	FLS15	FLS16	FLS18	FLS3	FLS11	FLS14	FLS20
Ergebnis: kf-Wert [m/s]	1,0E-06	3,1E-07	4,4E-07	5,2E-07	2,8E-06	1,5E-07	6,7E-07	1,7E-07	3,6E-07	1,2E-06
Verfahren: COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS Bewertung: Anpassungsgüte der Typkurve an die Messwerte	sehr gut (1. Drittel), mäßig bis schlecht (2./3. Drittel)	mäßig bis schlecht	sehr schlecht	gut bis mäßig	gut	sehr gut (1. Drittel), gut bis mäßig (2./3. Drittel)	gut bis sehr gut	gut bis sehr gut	sehr gut	gut (1./2. Drittel), mäßig (3. Drittel)
Gesamtergebnis	FLS8	FLS12	FLS13	FLS15	FLS16	FLS18	FLS3	FLS11	FLS14	FLS20
kf-Wert [m/s] Logarithmischer Mittelwert (nur Werte mit guter Anpassung)	4,8E-07	6,3E-07	5,1E-07	4,9E-07	1,6E-06	3,6E-07	6,6E-07	3,0E-07	2,7E-07	1,1E-06

Tabelle 2 Ergebnisse der Auffüllversuche und der Slug-/Bail-Tests (rot gedruckte Ergebniswerte sind auf Grund nicht optimaler Kurvenanpassungen unsicher und werden nicht berücksichtigt).

5.6 Standrohrspiegelhöhen

Die Standrohrspiegelhöhen werden in den neuen FLS-Messstellen seit Mitte Dezember 2021 manuell gemessen (anfänglich nahezu wöchentlich, anschließend monatlich).

In **Anlage 5** befinden sich die Darstellungen der Messwerte als Grundwasserganglinien:

- im 1. Diagramm (von oben) die Ganglinien der Schicht 1
- im 2. Diagramm die Ganglinien der Schicht 2
- im 3. Diagramm die Ganglinien der Basalen Schichten (Messstellen in unmittelbarer Nähe des Mühlenbergs)

Um einen Bezug der Standrohrspiegelhöhen Schwankungen zu den meteorologischen Verhältnissen **[U24]** herzustellen, werden im 4. Diagramm, jeweils als Monatswerte, die

- Niederschlagshöhen (Station Dorsten des Deutschen Wetterdienstes (DWD)),

- potentielle Referenzverdunstungshöhe über Gras nach *HAUDE* (DWD Station Borken⁴) und
- die sogenannte klimatische Wasserbilanz, die sich aus dem Niederschlag abzüglich der Verdunstung errechnet, dargestellt. Die klimatische Wasserbilanz gibt Auskunft darüber, ob überhaupt Wasser zur Verfügung steht, das in die tieferen Bodenzonen versickern könnte. In den Sommermonaten ist das in der Regel nicht der Fall, da die Verdunstungshöhe größer ist als die Niederschlagshöhe. Wieviel eines Wasserüberschusses (hauptsächlich im Winterhalbjahr) tatsächlich in den Boden versickert, hängt von vielen Parametern der Bodenbeschaffenheit ab. Letztendlich zeigt aber die klimatische Wasserbilanz auf, in welchen Monaten es potentiell zu einer Grundwasseranreicherung kommen kann und in welchen nicht.

Die Messwerte der FLS-Messstellen sind im Dezember 2021 z. T. noch von den Ausbau- und Klarspülvorgängen beeinflusst.

Insgesamt verlaufen alle dargestellten Ganglinien sehr ausgeglichen, gleichsinnig und ohne kurzzeitige Schwankungen. Dass diese Verläufe nicht auf „Glättungen“ durch das monatliche Messintervall zurückzuführen sind (ggf. auftretende kurzzeitige Schwankungen würden dann ja nicht erkannt werden), sondern real sind, zeigt die Abbildung 15.

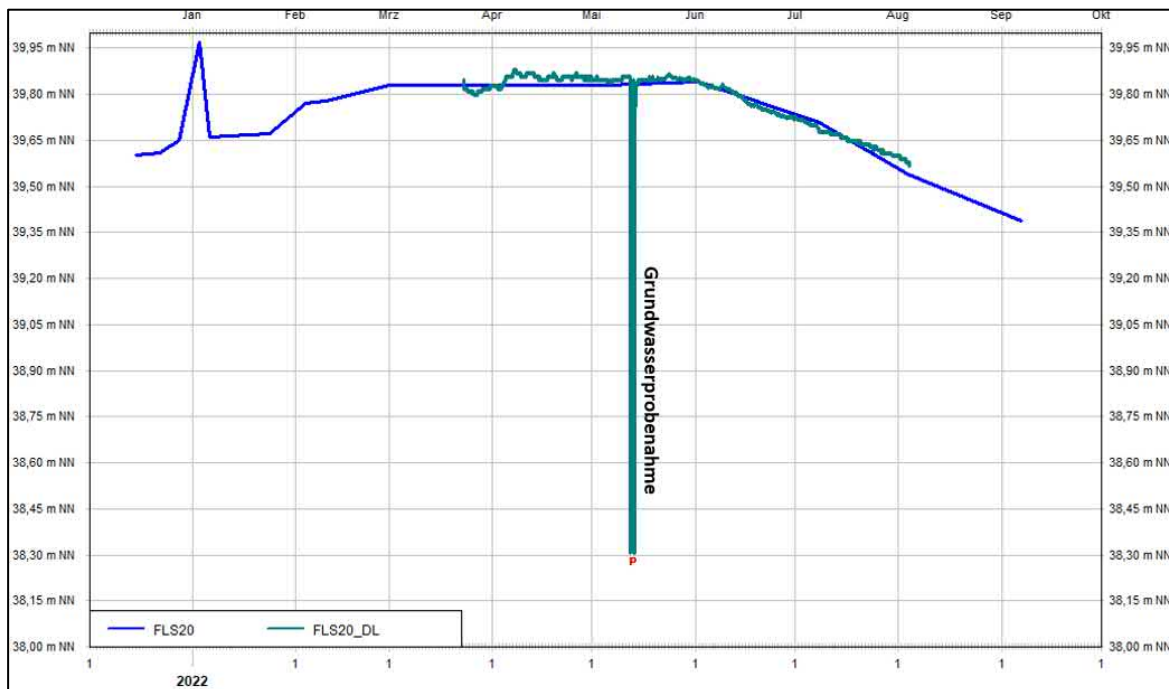


Abbildung 15 Messstelle FLS20: Vergleich der Standrohrspiegelmessungen monatlich (blau) und per Datenlogger (grün)

⁴ Für die Station Dorsten werden seitens des DWD keine Verdunstungswerte ermittelt. Da aber die Verdunstung keine so starke lokale Variation aufweist wie der Niederschlag, ist es für die hier durchgeführten Auswertungen hinreichend genau, die Verdunstungswerte der Station Borken auf die Station Dorsten zu übertragen.

In den Messstellen FLS3, FLS11, FLS15 FLS18 und FLS20 sind Datenlogger zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Standrohrspiegelhöhen installiert. Am Beispiel der Messstelle FLS20 zeigt die Abbildung 15 einen Vergleich zwischen monatlicher und Datenlogger-Messung, die beide nahezu deckungsgleich verlaufen. Der Datenlogger zeigt allerdings den Einfluss der Grundwasserprobenahme im Mai 2022, der bei der monatlichen Messung nicht erkennbar ist. Für die Erfassung und Bewertung der generellen, saisonalen Grundwasserreaktionen ist demnach eine monatliche Messung hinreichend genau.

In **Anlage 5** ist ein jahreszeitlicher bzw. an die klimatische Wasserbilanz gekoppelter Verlauf der Standrohrspiegelhöhen zu erkennen. Die Standrohrspiegelhöhen reagieren auf Wasserbilanzüberschüsse mit steigenden Werten und auf Grundwasserneubildungsdefizite mit fallenden, allerdings mit jeweils mehrmonatiger Verzögerung. So reagieren die Standrohrspiegelhöhen auf die im Jahr 2022 ab März herrschenden z. T. sehr deutlichen Bilanz-Defizite erst ab Mai / Juni 2022 mit fallenden Werten.

In der **Schicht 1** werden die höchsten Standrohrspiegelhöhen in den Messstellen FLS13 und FLS15 mit Werten um 46 m NHN, die niedrigsten in der Messstelle FLS16 mit Werten zwischen 40,5 und 41 m NHN gemessen. Die größten Amplituden (Schwankungen der Standrohrspiegelhöhen) treten in der Messstelle FLS18 (ca. 1,5 m), die geringsten in der Messstelle FLS13 (0,2 m) auf.

In der **Schicht 2** werden die höchsten Standrohrspiegelhöhen in der Messstellen FLS14 mit Werten zwischen 40 und 40,8 m NHN, die niedrigsten in der Messstelle FLS3 mit Werten um 37 m NHN gemessen. Die größten Amplituden treten in der Messstelle FLS14 (ca. 0,8 m), die geringsten in der Messstelle FLS 3 (0,4 m) auf.

In den **Basalen Schichten** wurden im Zeitraum Dezember 2021 bis September 2022 die höchsten Standrohrspiegelhöhen in der Messstellen LS20 mit Werten zwischen 39,2 und 38,6 m NHN und die niedrigsten in der Messstelle LS3 mit Werten zwischen 36,7 und 36,2 m NHN gemessen. Die Amplituden sind in allen Messstellen nahezu gleich und betragen ca. 0,5 bis 0,6 m.

Grundsätzlich lässt sich eine tiefenbezogene Abstufung der Druckniveaus feststellen (vertikale Gradienten). In der Schicht 1 liegen die Standrohrspiegelhöhen mit Werten zwischen 46 – 40,5 m NHN zeit- und standortabhängig z. T. um mehrere Meter höher als in der Schicht 2 (40,5 – 37 m NHN).

Um weitere 0,5 bis einem Meter niedriger als in der Schicht 2 liegen die Standrohrspiegelhöhen in den Basalen Schichten (39,2 – 36,2 m NHN). Diese Druckunterschiede können sich nur ausbilden, wenn es zwischen diesen „wasserführenden Schichten“ sehr gering durchlässige Abschnitte gibt, die eine vertikale Druckangleichung und damit einen vertikalen Wasseraustausch sehr stark „behindern“ bzw. nahezu unterbinden. Hierauf wird im Folgenden noch näher eingegangen.

5.7 Hydrogeologische Verhältnisse und Grundwasserbewegung

Die **Schicht 1** ist im Bereich der Austonung ausgeräumt (siehe oben). Die Messungen der Standrohrspiegelhöhen (hier März 2022, siehe **Anlage 5**) ergeben ein Grundwasserpotentialgefälle im Bereich des Verfüllungsrandes von Südwesten (46,12 m NHN, FLS 13) nach Nordosten (40,93 m NHN, FLS16) (siehe Abbildung 16). Die Richtung des Potentialgefälles wird durch die hellblauen Pfeile angedeutet. Die Interpolation der Standrohrspiegelhöhen zwischen den Messstellen und damit die Konstruktion eines Grundwassergleichenplans verbietet sich, da die Schicht 1 durch die Austonung des Mühlenbergs ausgeräumt wurde. Es gibt demnach keinen direkten Grundwasser-Fließweg von Südwesten nach Nordosten.

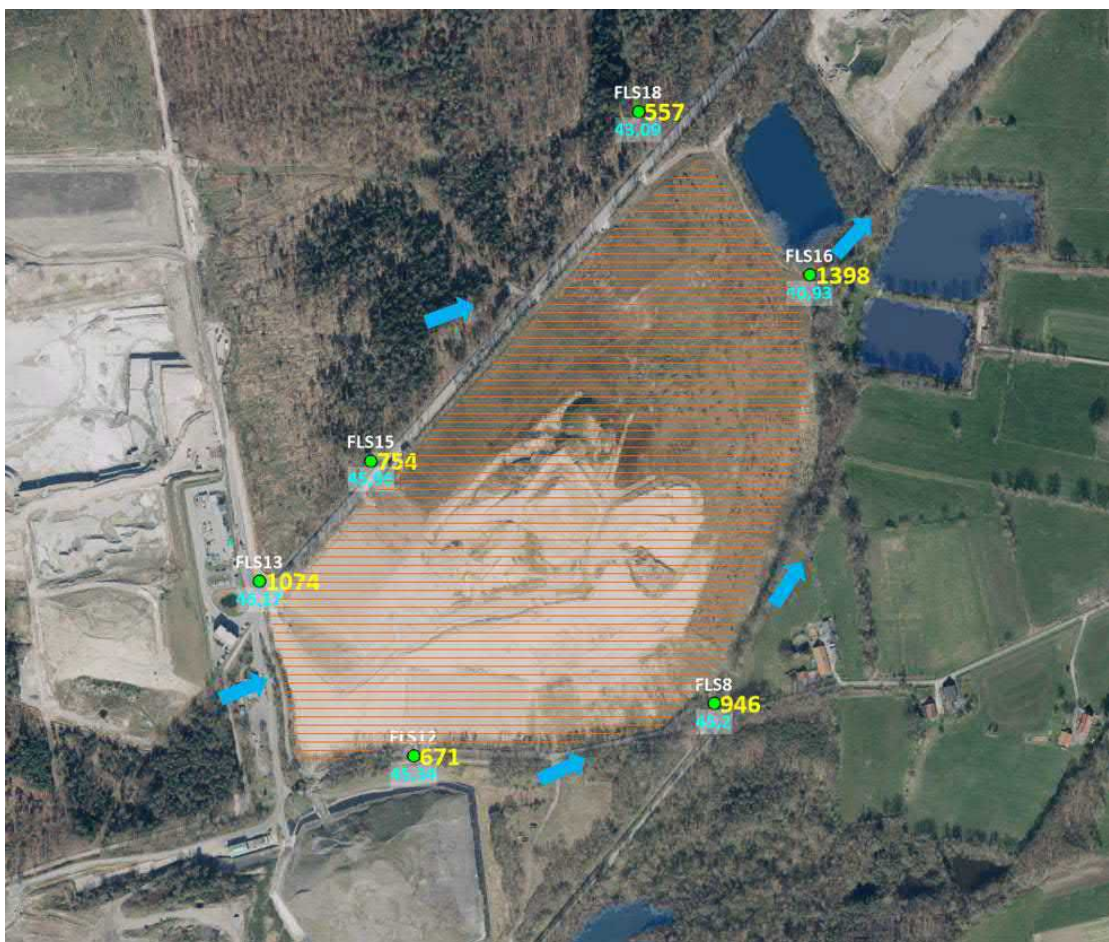


Abbildung 16 Standrohrspiegelhöhen [m NHN] (hellblaue Zahlen) und Leitfähigkeiten des Messstellenwassers im Filterbereich [µS/cm] (gelbe Zahlen) in der Schicht 1, alle Werte gemessen am 01.03.2022

In der **Schicht 2** ergibt sich eine Richtung des Potentialgefälles von Nordosten (40,71 m NHN, FLS14) nach Südwesten (37,13 m NHN, FLS3), demnach gegenüber der Schicht 1 in die entgegengesetzte Richtung. Da nach den bisher vorliegenden Informationen die Schicht 2 durch die Austonung nicht ausgeräumt wurde, ist eine zusammenhängende, wenn auch sehr geringfügige Grundwasserbewegung in Richtung des Potentialgefälles möglich. Daher wurde ein Grundwassergleichenplan konstruiert, der die hydraulischen Druckverhältnisse in der Schicht 2 verdeutlicht (Abbildung 17).

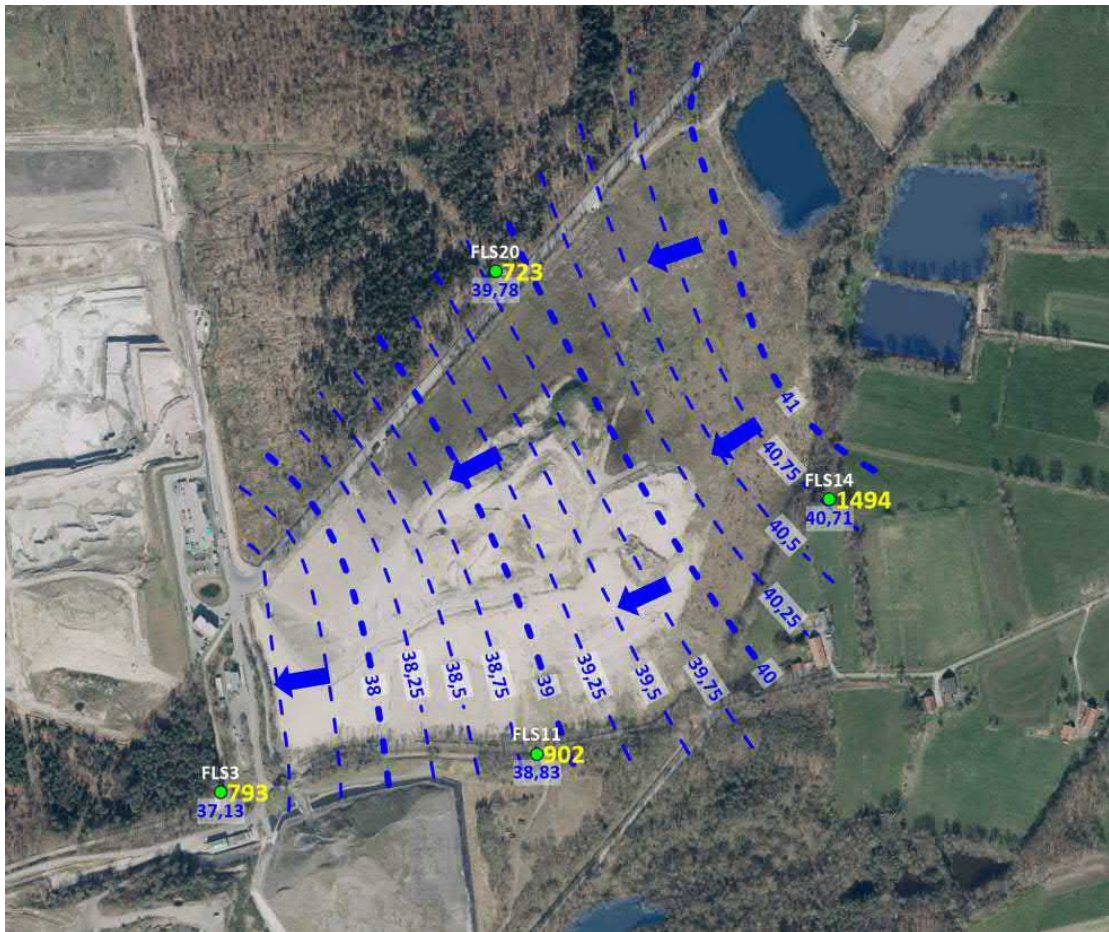


Abbildung 17 Standrohrspiegelhöhen [m NHN] (blaue Zahlen), Grundwassergleichen [m NHN] (blaue gestrichelte Linien und Leitfähigkeiten des Messstellenwassers im Filterbereich [$\mu\text{S}/\text{cm}$] (gelbe Zahlen) in der Schicht 2, alle Werte gemessen am 01.03.2022

In der Schicht 1 werden durchweg höhere Standrohrspiegelhöhen gemessen als in der Schicht 2. Die **Potentialdifferenz** zwischen den beiden Schichten nimmt von Nordosten (ca. <math><1 - 2\text{ m}</math>) nach Südwesten (ca.

Die unterschiedlichen Grundwasserbewegungsrichtungen und die Potentialdifferenzen belegen, dass die schluffig-tonigen Ablagerungen zwischen den Schichten 1 und 2 eine deutlich geringere hydraulische Durchlässigkeit aufweisen als die beiden Schichten selbst.

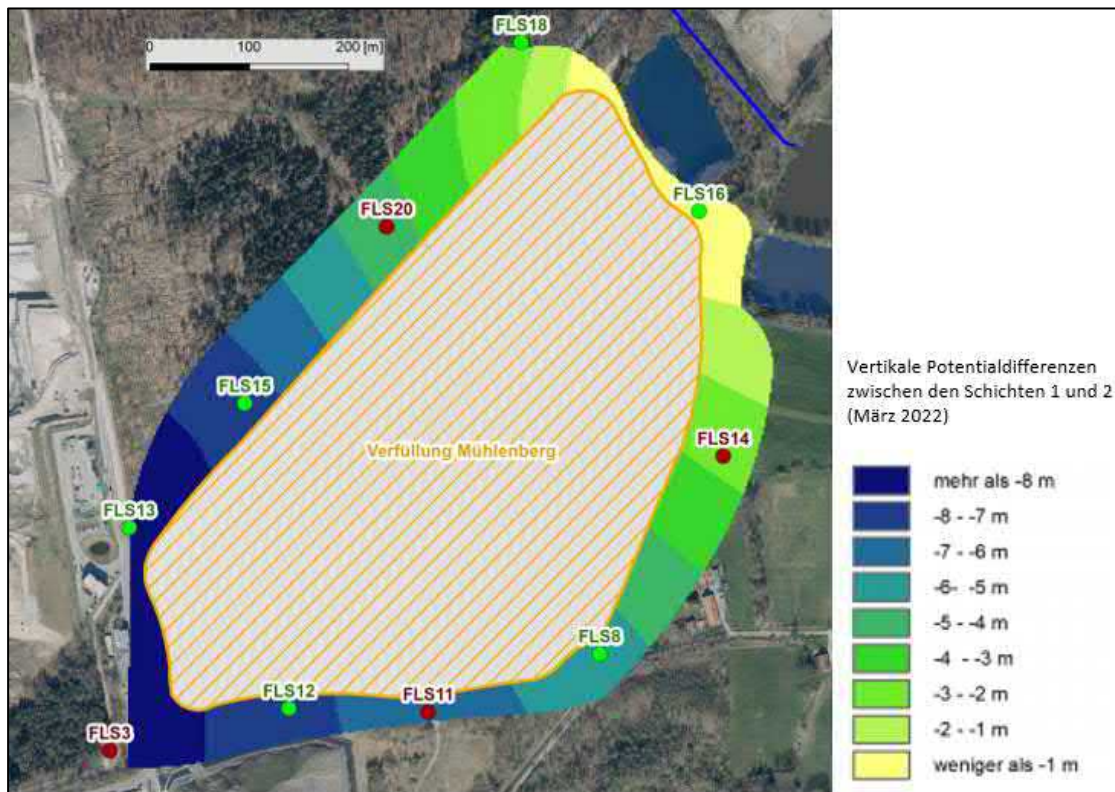


Abbildung 18 Vertikale Potentialdifferenzen zwischen den Schichten 1 und 2 (März 2022)

Die **Basalen Schichten**, die unmittelbar oberhalb der Schichtgrenze zum Ratinger Ton und etwa 10 m unter der Schicht 2 liegen, zeichnen sich durch einen erhöhten Feinsandanteil aus. Sie lassen sich in allen Bohrungen petrographisch und auch in den geophysikalischen Vermessungen durch entsprechende Ausschläge der Logs nachweisen (siehe **Anlage 2**). Es ist davon auszugehen, dass sie im Bereich des Mühlenbergs durchgehend vorhanden sind.

Innerhalb des Untersuchungsgebiets sind vier Messstellen vorhanden, aus deren Messdaten sowie den weiteren Untersuchungsergebnissen aus dem Projekt „Gartroper Mühlenbach“ [U18] sich eine Grundwasserbewegungsrichtung ableiten lässt. Die Grundwasserbewegung erfolgt demnach, analog zur Schicht 2, von Norden in den Bereich der Verfüllung Mühlenberg hinein (siehe Abbildung 19). Die Standrohrspiegelhöhen sind allerdings nur im Westen und Süden der Verfüllung durch Messungen bekannt und liegen hier zwischen 39 und 36,5 m NHN.

Unterhalb der Verfüllung existiert vermutlich eine etwa Nord-Süd verlaufende Grundwasserscheide, von der aus eine Grundwasserbewegung einerseits in südwestliche und andererseits in südöstliche Richtung erfolgt (und die Ränder des Modellgebiets überschreitet; siehe Kap. 6.2). Sehr wahrscheinlich spielt eine östlich der Verfüllung anzunehmende Störung, deren Existenz aus Messwerten der Doppel-Messstelle LS4/WMS4 abgeleitet werden kann, bei der südöstlichen Grundwasserbewegung eine gewisse Rolle.

Die hydraulischen Eigenschaften und der genaue Verlauf der Störung ist aber derzeit noch nicht bekannt. Dieses wird im Rahmen der Fortführung des Projekts „Gartroper Mühlenbach“ (Phase B) weiter eingehend untersucht.

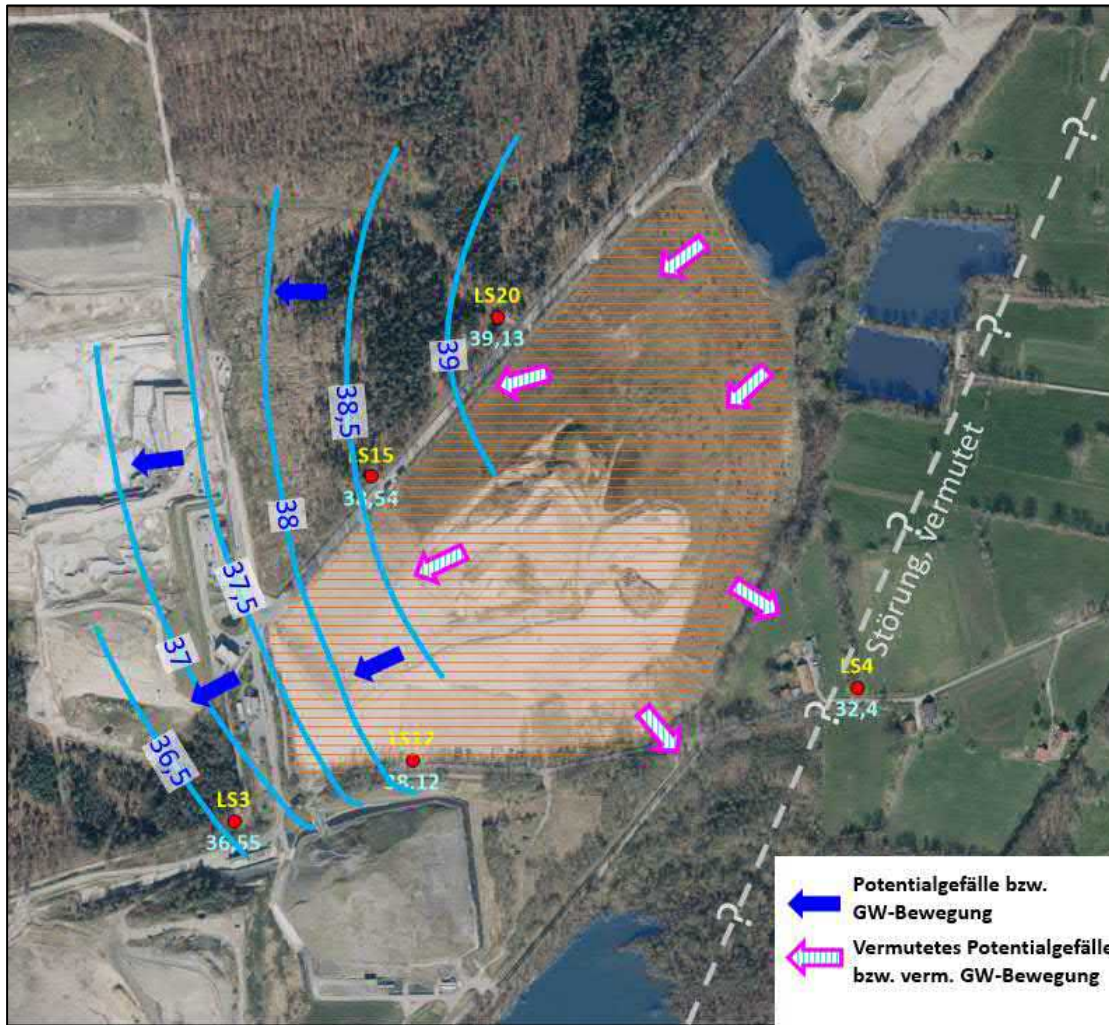


Abbildung 19 Standrohrspiegelhöhen, Grundwassergleichen und vermutetes Potentialgefälle in den Basalen Schichten (März 2022)

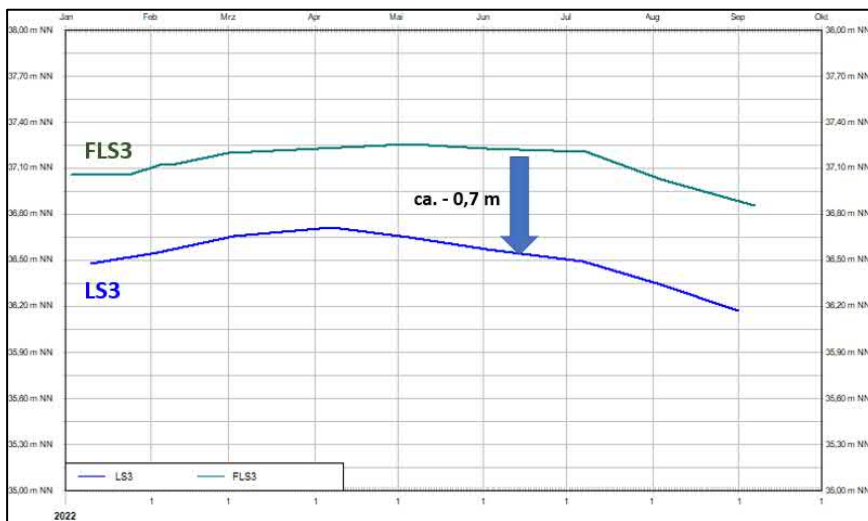


Abbildung 20 Vertikale Potentialdifferenz zwischen Schicht 2 und Basalen Schichten am Standort der Messstellen FLS3 / LS3

Zwischen der Schicht 2 und den Basalen Schichten besteht eine nach unten gerichtete Potentialdifferenz von ca. einem halben bis einem Meter. Anhand der Grundwasserganglinien des Jahres 2022 der Messstellen LS3 und FLS3 wird diese Größenordnung der Potentialdifferenz in Abbildung 20 verdeutlicht.

Auf die Grundwasserbewegungen in den Schichten 1 und 2 sowie in den Basalen Schichten wird im Rahmen der Studien mit dem „Boxmodell“ (siehe Kapitel 6) näher eingegangen.

5.8 Zusammenfassende Beschreibung und Bewertung der erbohrten Schichteinheiten im Bereich der Verfüllung Mühlenberg

Im Folgenden werden die wesentlichen Erkenntnisse zu den erbohrten Schichteinheiten im Bereich der Verfüllung Mühlenberg zusammenfassend beschrieben und bewertet:

- Als oberste Schichteinheit stehen bis zu ca. 4 m mächtige **quartärzeitlichen** Ablagerungen aus feinsandigem und tonigem, kalkfreiem Schluff an. Es ist keine spezielle Strukturierung, z. B. räumlich verbreitete Feinsandlagen etc., zu erkennen. Hydrogeologisch sind die quartärzeitlichen Ablagerungen als Grundwassergeringleiter anzusehen, in dem nur untergeordnet eine lokale Wasserführung stattfinden kann.
- Die sich im Liegenden anschließenden **Lintforter Schichten** bestehen insgesamt aus tonigem Schluff bzw. schluffigem Ton mit lagenweisen Feinsandeinschaltungen. Insgesamt erreichen die Lintforter Schichten Mächtigkeiten von über 30 m. In vertikaler Richtung ist eine feingliedrige Schichtung mit wechselnden Kornzusammensetzungen und Kalkgehalten zu verzeichnen. Anhand der geophysikalischen Vermessungen (insbesondere Gamma-Ray-Log) lassen sich in allen Messstellen-Bohrungen wiederkehrende „Muster“ erkennen, so dass in Verbindung mit der geologischen Ansprache der Bohrkerne eine Parallelisierung von Schichteinheiten ähnlicher Kornzusammensetzungen möglich ist. Auf diese Weise lassen sich in der insgesamt hydrogeologisch als Gering- bis Nichtleiter zu bezeichnenden Schichtenfolge drei räumliche verbreitete und „durchhaltende“ Schichteinheiten identifizieren, in denen eine, wenn auch geringe, laterale Grundwasserbewegung stattfindet:

Die Schicht 1 liegt 9,05 – 14,4 m u. Gelände (31,3 – 39,4 m NHN) und weist Mächtigkeiten zwischen 0,4 und 1,45 m auf.

Die Schicht 1 ist durch die Austonung Mühlenberg ausgeräumt.

Das Grundwasser ist gespannt, die Standrohrspiegelhöhen liegen zwischen 40,93 und 46,17 m NHN (März 2022). Es besteht ein laterales Potentialgefälle in Richtung Nordosten und ein vertikales Potentialgefälle nach unten in Richtung Schicht 2.

Die hydraulischen Durchlässigkeiten (k_f -Werte) schwanken zwischen $3,6 \cdot 10^{-7}$ und $1,6 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Die Schicht 2 liegt 16,4 – 22,5 m u. Gelände (24,3 – 32,03 m NHN) und weist Mächtigkeiten zwischen 0,65 und 1,3 m auf.

Die Schicht 2 wird durch die Austonung Mühlenberg aller Wahrscheinlichkeit nach nicht angeschnitten.

Das Grundwasser ist gespannt, die Standrohrspiegelhöhen liegen zwischen 37,20 und 40,78 m NHN (März 2022). Es besteht ein laterales Potentialgefälle in Richtung Südwesten und ein vertikales Potentialgefälle nach unten in Richtung Basale Schichten.

Die hydraulischen Durchlässigkeiten (k_f -Werte) schwanken zwischen $2,7 \cdot 10^{-7}$ und $1,1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Die **Basalen Schichten** wurden am südlichen und westlichen Rand der Verfüllung in Teufen von 29,9 – 31,8 m u. Gelände (15,4 – 18,10 m NHN) erschlossen und weisen Mächtigkeiten zwischen 1,5 und 3,0 m auf.

Das Grundwasser ist gespannt, die Standrohrspiegelhöhen liegen zwischen 36,55 und 39,13 m NHN (März 2022). Es besteht im Westen ein laterales Potentialgefälle in Richtung Südwesten und im Osten der Verfüllung vermutlich ein Potentialgefälle in Richtung Südosten auf die vermutete Störung zu.

Die hydraulischen Durchlässigkeiten (k_f -Werte) schwanken zwischen $9,7 \cdot 10^{-7}$ und $6 \cdot 10^{-6}$ m/s.

In der Tabelle 3 werden die erbohrten Schichtteufen und Filterlagen der Messstellen im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg zusammenfassend aufgelistet.

Messstelle	Rechts	Hoch	GOK	Mergelschicht [m NHN]		Schicht 1 [m NHN]		Schicht 2 [m NHN]		Basale Schichten [m NHN]		Filterlage [m NHN]		verfiltert in
				OK	UK	OK	UK	OK	UK	OK	UK	OK	UK	
FLS3	32350680,90	5724990,90	47,40	35,85	35,65	34,00	32,80	25,80	24,80	--	--	25,80	24,80	Schicht 2
LS3	32350673,30	5724979,60	47,20	35,85	35,65	34,00	32,80	25,80	24,80	15,40	13,40	15,40	13,40	Basale Sch.
FLS8	32351174,40	5725088,40	48,70	43,00	42,50	39,40	39,00	32,03		--	--	39,40	38,90	Schicht 1
FLS11	32351001,80	5725029,90	49,05	41,15	40,60	38,75	37,55	29,85	28,85	--	--	29,85	28,85	Schicht 2
FLS12	32350861,10	5725033,60	48,82	38,62	38,42	37,62	36,97	29,03		--	--	37,57	37,07	Schicht 1
LS12	32350865,10	5725044,90	49,10	38,62	38,42	37,62	36,97	29,03		18,10	15,40	17,60	15,60	Basale Sch.
FLS13	32350700,30	5725215,60	50,00	36,55	36,00	35,60	34,80	27,50		--	--	35,60	34,60	Schicht 1
FLS14	32351298,70	5725287,60	46,70	35,65	35,10	32,60	31,25	27,70	26,40	--	--	27,50	26,50	Schicht 1
FLS15	32350816,70	5725341,00	48,70	37,60	37,20	36,70	35,85	27,40		--	--	36,40	35,90	Schicht 2
LS15	32350820,90	5725349,20	48,60	37,60	37,20	36,70	35,85	27,40		17,10	15,60	17,60	15,60	Basale Sch.
FLS16	32351274,10	5725534,40	43,30	34,00	33,60	31,30	30,55	24,30		--	--	31,10	30,60	Schicht 1
FLS18	32351095,20	5725704,60	43,80	37,60	37,20	34,75	34,10	27,40		--	--	34,70	34,20	Schicht 1
FLS20	32350959,70	5725518,90	47,70	38,45	37,90	35,70	34,25	28,55	27,90	--	--	28,45	27,95	Schicht 2
LS20	32350956,50	5725520,80	47,70	38,45	37,90	35,70	34,25	28,55	27,90	17,90	14,90	16,70	14,70	Basale Sch.
Kernb. B2	32350528,40	5725058,40	47,00	33,50	32,65	31,30	30,10	27,50	27,30	--	--	--	--	--
Kernb. B3	32350265,80	5725155,00	45,15	29,65	28,95	27,75	27,45	25,45	--	--	--	--	--	--
SW-Wand	32350234,30	5725172,50	44,53	29,23	28,33	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ost-Wand	ca. 32350625	ca. 5725480	ca. 48,7	ca. 35		ca. 33,7		--	--	--	--	--	--	--

= Schichthöhe aus geophysikalischen Vermessungen abgeleitet, bzw. interpoliert (Anlage 2)

SW-Wand = Schichtaufnahme Abbauwand Eichenallee im Südwesten

Ost-Wand = Schichtaufnahme Abbauwand Eichenallee im Osten

Tabelle 3 Zusammenstellung der Schichtteufen in Bohrungen und Aufschlüssen sowie von Angaben zur Verfilterung der Messstellen

- Die sogenannte **Mergelschicht** innerhalb der Lintforter Schichten stellt hinsichtlich Konsistenz, Farbe und Kalkgehalt einen markanten (Leit-)Horizont dar. Sie wurde mit einer Mächtigkeit zwischen 0,2 und 0,9 m in allen Bohrungen und Aufschlüssen in Teufen zwischen 5,7 und 13,45 m u. Gelände (ca. 34 – 43 m NHN) angetroffen.

Nach den Bohrbefunden, insbesondere der vorliegenden Bohrkern, findet innerhalb der Mergelschicht keine laterale Grundwasserbewegung statt.

Anhand der außerhalb des Bereich Mühlenbergs in den Aufnahmen der Abbauwand der Austonung Eichenallee und in zwei weiteren Erkundungsbohrungen erschlossenen

Teufen der Mergelschicht lässt sich feststellen, dass die Lintforter Schichten nach Westen mit ca. 1,3 % einfallen. Damit werden die Ergebnisse, die sich aus dem Bohr- und Messstellenprogramm Gartroper Mühlenbach [U18] anhand des Höhenverlaufs der Grenze zwischen Lintforter Schichten (Basale Schichten) und Ratinger Ton ergeben, bestätigt.



Abbildung 21 Einfallen der Lintforter Schichten westlich der Verfüllung Mühlenberg
Zahlenwerte = Höhenlage Oberkante der Mergelschicht [m NHN]

- Im Liegenden der Lintforter Schichten begrenzt der ca. 8 m mächtige **Ratinger Ton** eine vertikale Grundwasserbewegung wirkungsvoll. Zwischen den Walsumer Meeressanden im Liegenden des Ratinger Tons und den Basalen Schichten im Hangenden des Ratinger Tons existiert ein sehr starker vertikaler Druck-Gradient, der sich nur bei einer sehr wirkungsvollen Trennung von Grundwasserhorizonten ausbilden kann. So beträgt der Druck-Gradient im Bereich der Messstelle LS15 (Basale Schichten) / WMS15 (Walsumer Meeressande), wie in Abbildung 22 anhand der im Jahr 2022 aufgezeichneten Grundwasserganglinien dargestellt, ca. -7 m.

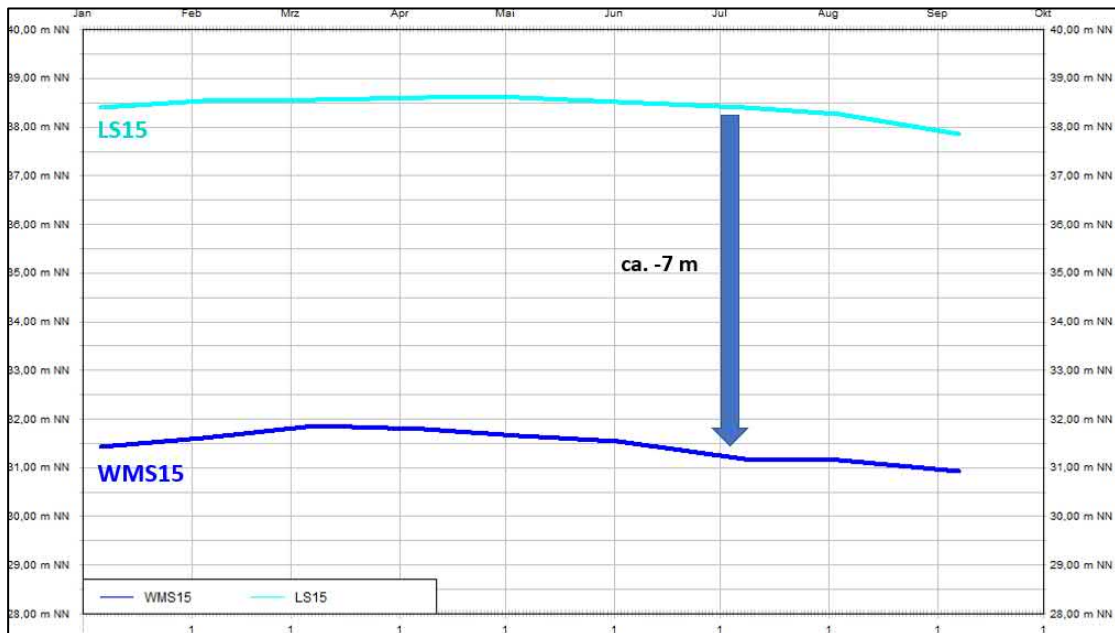


Abbildung 22 Vertikale Druckgradienten im Bereich der Messstellengruppe LS15 und WMS15

Auf Grund der Konsistenz und der abdichtenden Wirkung des Ratinger Tons wird es als äußerst unwahrscheinlich erachtet, dass im Bereich der Verfüllung Mühlenberg Grundwasser aus den Basalen Schichten den Ratinger Ton durchsickert und in die Walsumer Meeressande eindringt. Daher ist der Ratinger Ton als Liegend-Grenze für die Untersuchungen des Grundwassersystems im Bereich Mühlenberg anzusehen. Eine Gefährdung der Walsumer Meeressande durch die Verfüllung Mühlenberg über diesen Pfad ist gutachterlich auszuschließen. Die Walsumer Meeressande werden daher im Rahmen dieser Untersuchungen nicht näher betrachtet.

- Die Austonung des Mühlenbergs erfolgte nach den vorliegenden Unterlagen maximal bis auf ein Niveau von ca. 30 m NHN. Für den Südosten gibt es Hinweise, dass die Sohle der Austonung in der Höhe von etwa 35 m NHN liegt. Es ist davon auszugehen, dass auch in weiteren Teilbereichen die Sohle der Austonung höher als 30 m NHN liegt. Für die weiteren Betrachtungen wurden aber „konservativ“ 30 m NHN und lediglich im Südosten werden 35 m NHN angesetzt (siehe u. a. Abbildung 4).
- Die Verfüllung der Austonung ist hinsichtlich des Materials der Dichte und der hydraulischen Eigenschaften sehr heterogen zusammengesetzt, so dass sich lokal unterschiedliche Druckniveaus des Sickerwassers ergeben. Bezogen auf den Maßstab des gesamten Verfüllungskörpers kann aber von einer hydraulischen „Vernetzung“ der Sickerwasservorkommen ausgegangen werden.

Aus den vorliegenden Untersuchungen und Messungen lässt sich eine Systemvorstellung zum (hydro-)geologischen Aufbau des Untergrundes im Bereich der Verfüllung Mühlenberg herleiten, die in zwei vertikalen, schematisierten Profilschnitten dargestellt wird (Süd-Nord-Profil-schnitt Abbildung 23, West-Ost-Schnitt Abbildung 24).

In den maßstäblichen Profilen⁵ sind die Schichtverläufe und Lagerungsverhältnisse der Mergelschicht (gelb), der Schicht 1 (hellblau), der Schicht 2 (dunkelblau), der Basalen Schichten (grau) sowie die Standrohrspiegelhöhen (Druckhöhen) der Schicht 1 (hellblau gestrichelt) und der Schicht 2 (dunkelblau gestrichelt) dargestellt. Zusätzlich wird eine angenommene Höhe des Sickerwasserspiegels (ca. 40 bis 43 m NHN, violett) in der Verfüllung (orange) eingetragen. Zur besseren Darstellung der Höhenverhältnisse werden die Linien des Schichtverlaufs der Schicht 1 sowie der Druckhöhe innerhalb der Verfüllung interpoliert und „durchgehend“ dargestellt. In der Realität ist die Schicht 1 im Bereich der Verfüllung ausgeräumt und damit auch die Druckhöhe der Schicht 1 hier nicht existent.

Aus den Profilschnitten werden die bereits getätigten Aussagen nochmals visualisiert:

- Die Schicht 1 ist im Bereich der Verfüllung bei einer angesetzten Austonungstiefe von 30 m NHN (im Südosten 35 m NHN) ausgeräumt.
- Die hydraulische Druckhöhe der Schicht 1 liegt verbreitet über dem angesetzten Sickerwasserstand in der Verfüllung. Damit kann potentiell Grundwasser in die Verfüllung eindringen. Lediglich im Norden liegt die Druckhöhe unter dem Sickerwasser-Niveau. Hier kann potentiell Sickerwasser lateral in die Schicht 1 eindringen.
- Die Schicht 2 liegt unterhalb der Verfüllung und wird durch diese nicht angeschnitten.
- Die hydraulische Druckhöhe der Schicht 2 liegt verbreitet unter dem angesetzten Sickerwasserstand in der Verfüllung. Damit kann potentiell Sickerwasser in die Schicht 2 eindringen, muss dazu aber die Basis der Verfüllung sowie Abschnitte der sehr geringleitenden Lintforter Schichten durchsickern.
- Die hydraulische Potentialdifferenz zwischen den Schichten 1 und 2 ist im Süden am Größten (über -8 m) und nimmt nach Norden hin bis auf weniger als -1m ab.
- Die Basalen Schichten liegen ca. 10- 13 m tiefer als die Schicht 2. Wie beschrieben besteht zwischen der Schicht 2 und den Basalen Schichten eine hydraulische Potentialdifferenz von -0,5 bis -0,7 m. Potentiell kann Grundwasser von der Schicht 2 in die Basalen Schichten sickern, muss dabei allerdings ca. 10 m mächtige tonige, schluffige und sehr gering leitenden Lagen der Lintforter Schichten überwinden.

⁵ Die in diesen Profilen dargestellte Höhe der Oberfläche der Verfüllung stammt aus den Höhenangaben des Digitalen Geländemodells (DGM1) mit der Rasterweite von einem Meter. Die Verwendung des DGM1 ist für die Modellberechnungen hinreichend genau (siehe unten). Durch die laufende Aufbringung der Oberflächenabdichtung ist es im Bereich der Verfüllung zwar nicht mehr ganz aktuell, allerdings spielt die exakte (z. T. geplante) Endhöhe der Verfüllung für die Berechnung der Hydraulik keine Rolle, da sich die Oberfläche der Verfüllung in der ungesättigten Zone befindet, die Modell-Berechnungen aber nur für die vollständig mit Grund- bzw. Sickerwasser gefüllten Untergrund bzw. Verfüllungsabschnitte erfolgen. Sehr geringe Unterschiede ergäben sich nur in den Profilschnitt-Darstellungen an der Oberfläche der Verfüllung, wodurch sich die prinzipiellen Inhalte der Darstellung aber nicht verändern.

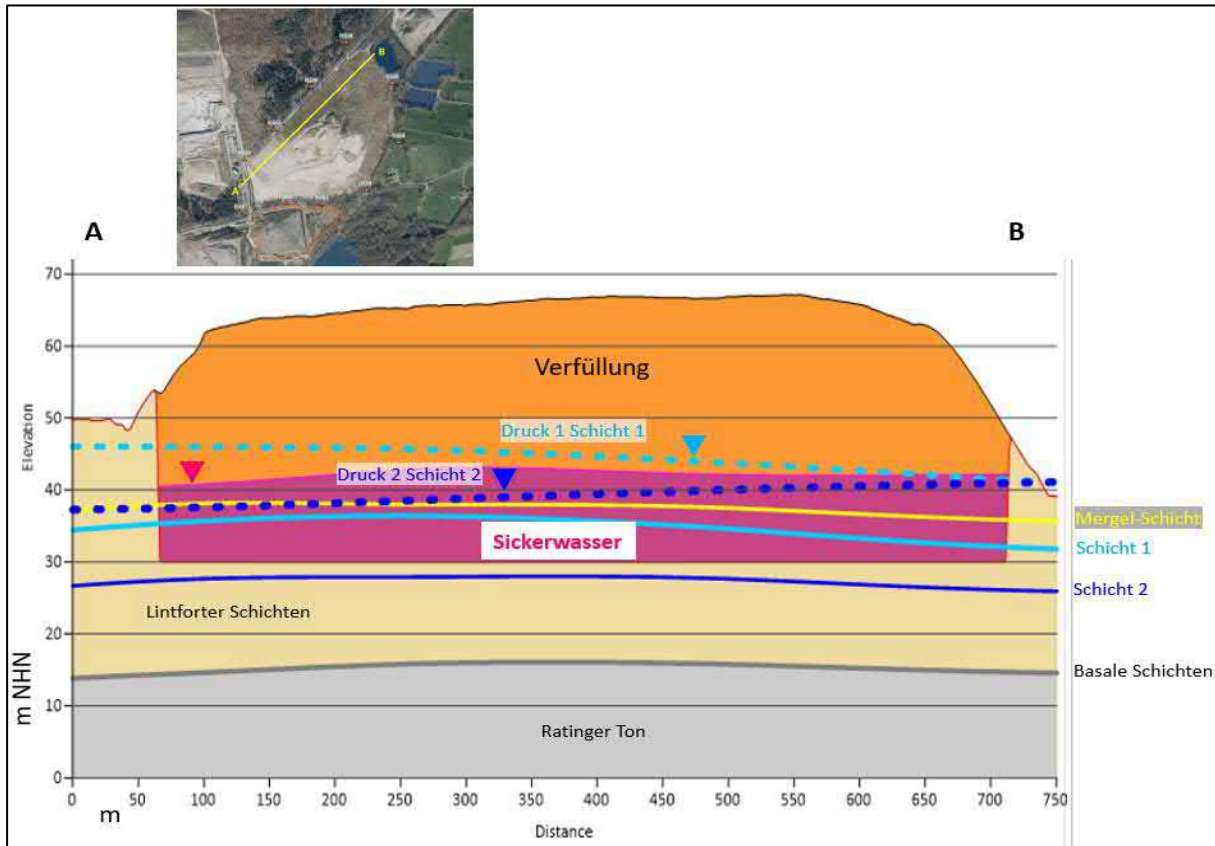


Abbildung 23 Schematischer Süd-Nord-Profilschnitt

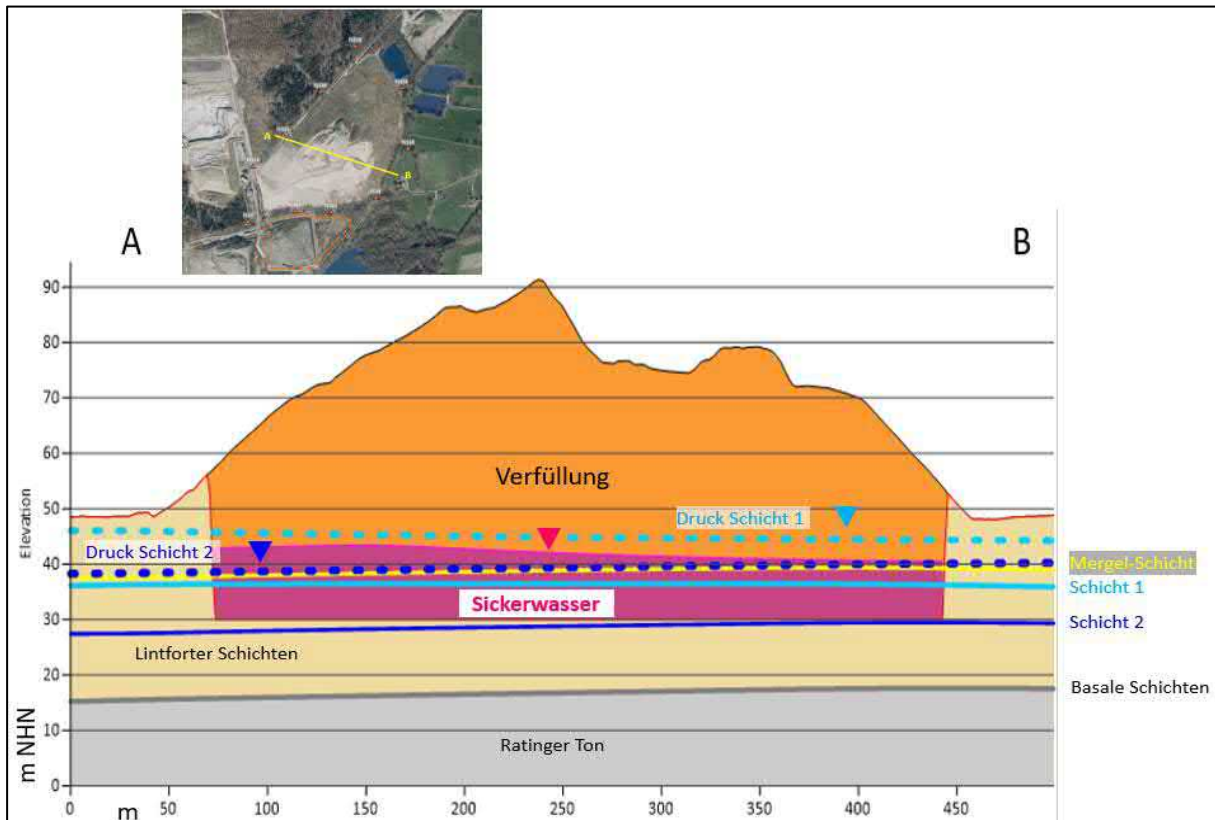


Abbildung 24 Schematischer West-Ost-Profilschnitt

6 Prüfung der hydrogeologischen Systemvorstellung mit Hilfe eines „Boxmodells“

6.1 Modellansatz

Zur Prüfung und Plausibilisierung der bisher erarbeiteten Systemvorstellungen über Hydrogeologie, Hydraulik und Wirkzusammenhänge sowie zur überschlägigen Quantifizierung der Grundwasserströmungsverhältnisse wurde ein sogenanntes „Boxmodell“ aufgebaut. Es handelt sich hierbei um ein numerisches Grundwassermodell, das in Anwendung des DVGW Arbeitsblatts W107 [U11] (Kategorie "Prinzipmodell") erstellt wurde. Es setzt die bisherigen Daten über den Untergrundaufbau und die Hydrodynamik in z. T. stark generalisierter Form modelltechnisch um.

Das Boxmodell wurde an den Messungen aus den Grundwassermessstellen im Umfeld des Mühlenbergs kalibriert und einer Sensitivitätsanalyse der Eingangsparameter unterzogen. Insofern übertrifft es die Vorgaben des Arbeitsblatts W107 für die Erstellung eines Prinzipmodells.

Neben der Prüfung der Systemvorstellungen ist ein wesentlicher Vorteil eines Boxmodells die Möglichkeit, die Größenordnung der Fließzeiten des Grund- und Sickerwassers berechnen und bewerten sowie Prognosen aufzustellen zu können, wie sich der Grundwasserhaushalt und die Fließrichtungen /-zeiten durch Sicherungsmaßnahmen verändern.

Die Modellberechnungen erfolgen im stationären Modus, d. h. eine zeitliche Abhängigkeit von Änderungen der Rahmenbedingungen (z. B. jahreszeitliche Schwankungen der Grundwasserneubildung, zeitabhängige Änderungen des Speichervolumens im Grundwassersystem etc.) werden nicht berücksichtigt. Dementsprechend ergibt sich immer ein Grundwassersystem im Gleichgewicht bzw. eine ausgeglichene Wasserbilanz. Für die angestrebten Ziele und Aussagen der Modellierung ist dieser Ansatz vollkommen ausreichend, zumal für eine instationäre Modellierung die Dauer der Datenaufzeichnungen z. B. der Standrohrspiegelhöhen aus den neuen Messstellen nicht ausreicht.

6.2 Modellgebiet

Das Gebiet für das Boxmodell ist in Abbildung 25 dargestellt (orange-farbene getsrichelte Linie). Es umfasst insgesamt ca. 38 ha, davon ca. 22 ha Verfüllung.

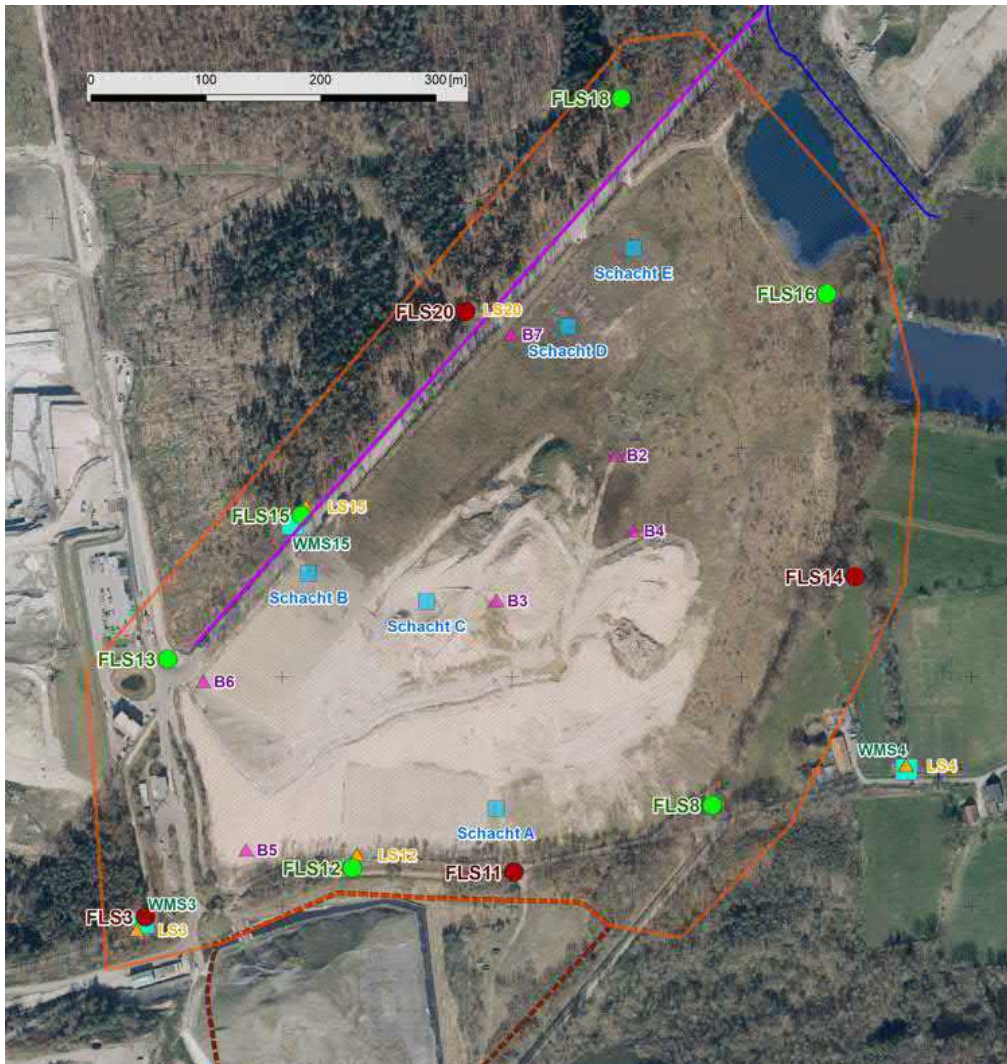


Abbildung 25 Lage des Modellgebiets (orange Linie)

Innerhalb des Gebiets liegen die neu errichteten Messstellen FLS 8, 12, 13, 15, 16 und 18 (Schicht 1), FLS 3, 11, 14 und 20 (Schicht 2) sowie die im Jahr 2020 errichteten Messstellen LS 2, 12, 15 und 20 (Basale Schicht).

Im Norden des Gebiets werden teilweise die vorhandenen Seen mit einbezogen sowie der parallel zur Eichenallee verlaufende Entwässerungsgraben (violette Linie).

Weiterhin mit einbezogen sind innerhalb der Verfüllung die Sickerwasser-Schächte A bis E sowie die Sickerwasser-Messstellen B2, B3, B4, B5, B6 und B7.

Im Süden grenzt das Modellgebiet unmittelbar an die Dichtwand der Sonderabfalldeponie Hünxe-Scherbeck der AGR mbH an. Der Dichtwandverlauf ist in Abbildung 25 als gestrichelte braune Linie eingetragen.

6.3 Strukturmodell

Die erkundete und in Kapitel 5 beschriebene Schichtenfolge wurde weitgehend lagertreu in das Boxmodell übernommen.

Für die Basis der Austonung wurde auch im Boxmodell eine Höhe von 30 m NHN, im Südosten von 35 m NHN angesetzt. (siehe Abbildung 26).

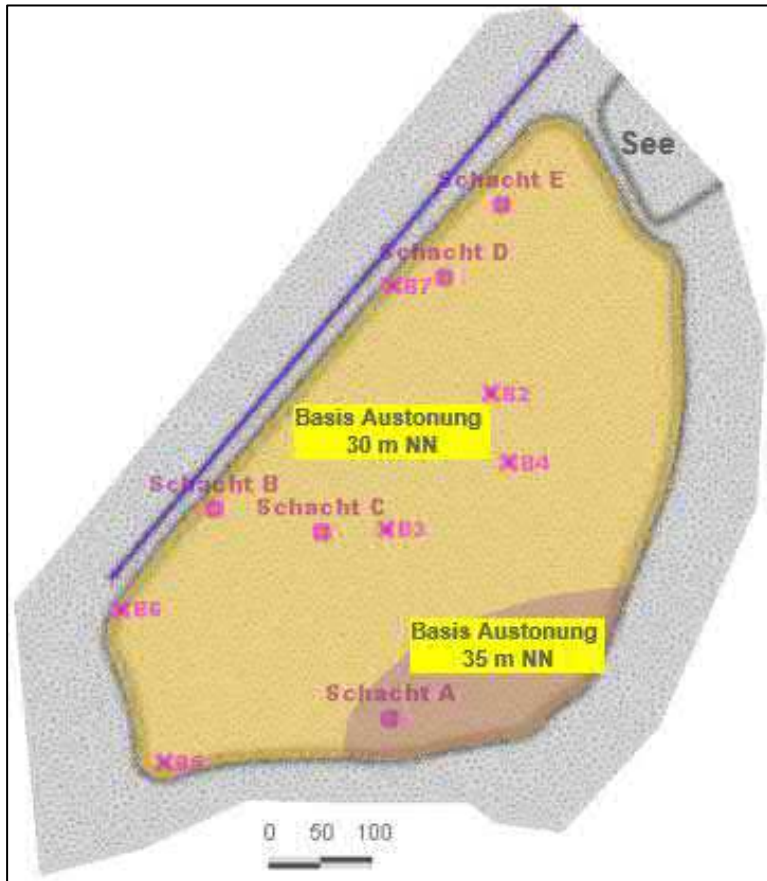


Abbildung 26 **Verwendete Höhenlage der Basis der Verfüllung**

Den in das Boxmodell übernommenen Schichtaufbau im Bereich der Verfüllung zeigen die drei folgenden Abbildungen in einem Süd-Nord-Profilschnitt (Abbildung 27) und in einem West-Ost-Profilschnitt (Abbildung 28) sowie der 3D-Schnitt mit Blick von Süden in das Boxmodell (Abbildung 29).

Die verwendeten Oberflächenhöhen stammen aus dem digitalen Geländemodell (DGM 1)⁶ [U21], die Schichthöhen aus den interpolierten Ergebnissen der Messstellenbohrungen bzw. den geophysikalischen Messungen.

Für die Schichten 1 und 2 wurde im Boxmodell jeweils eine einheitliche Mächtigkeit von 0,5 m und für die Basalen Schichten eine einheitliche Mächtigkeit von 2 m angesetzt.

⁶ Die Verwendung des DGM1 ist für die Modellberechnungen hinreichend genau. Durch die laufende Aufbringung der Oberflächenabdichtung ist es im Bereich der Verfüllung zwar nicht mehr ganz aktuell, allerdings spielt die exakte (z. T. geplante) Endhöhe der Verfüllung für die Berechnung der Hydraulik keine Rolle, da sich die Oberfläche der Verfüllung in der ungesättigten Zone befindet, die Modell-Berechnungen aber nur für die vollständig mit Grund- bzw. Sickerwasser gefüllten Untergrund bzw. Verfüllungsabschnitte erfolgen. Sehr geringe Unterschiede ergäben sich nur in den Profilschnitt-Darstellungen an der Oberfläche der Verfüllung, wodurch sich die prinzipiellen Inhalte der Darstellung aber nicht verändern

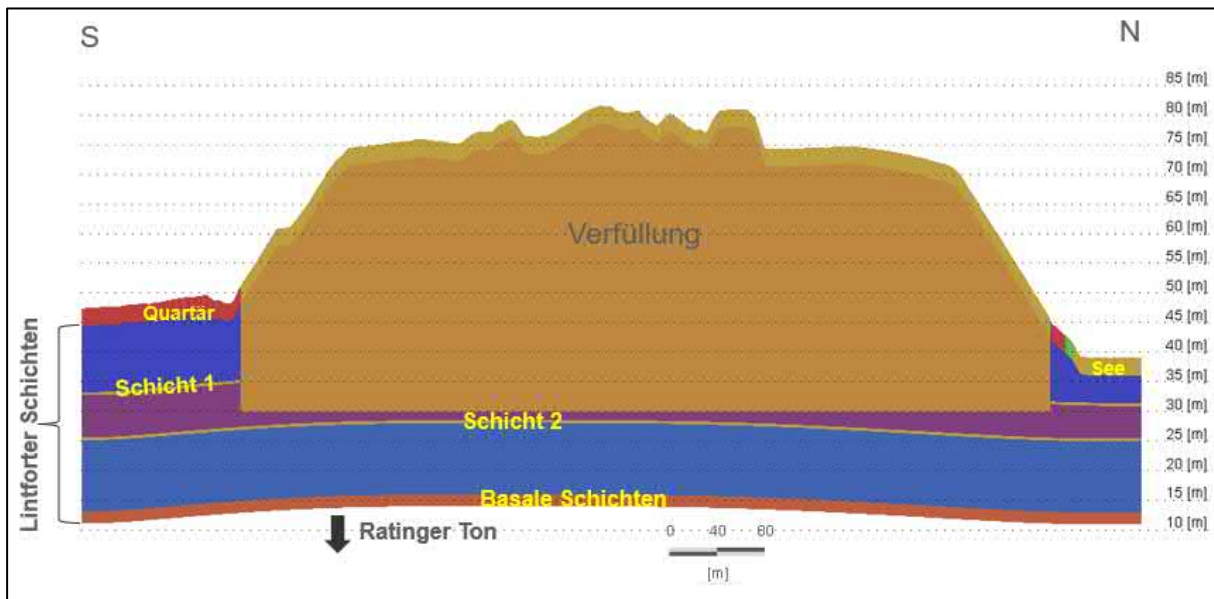
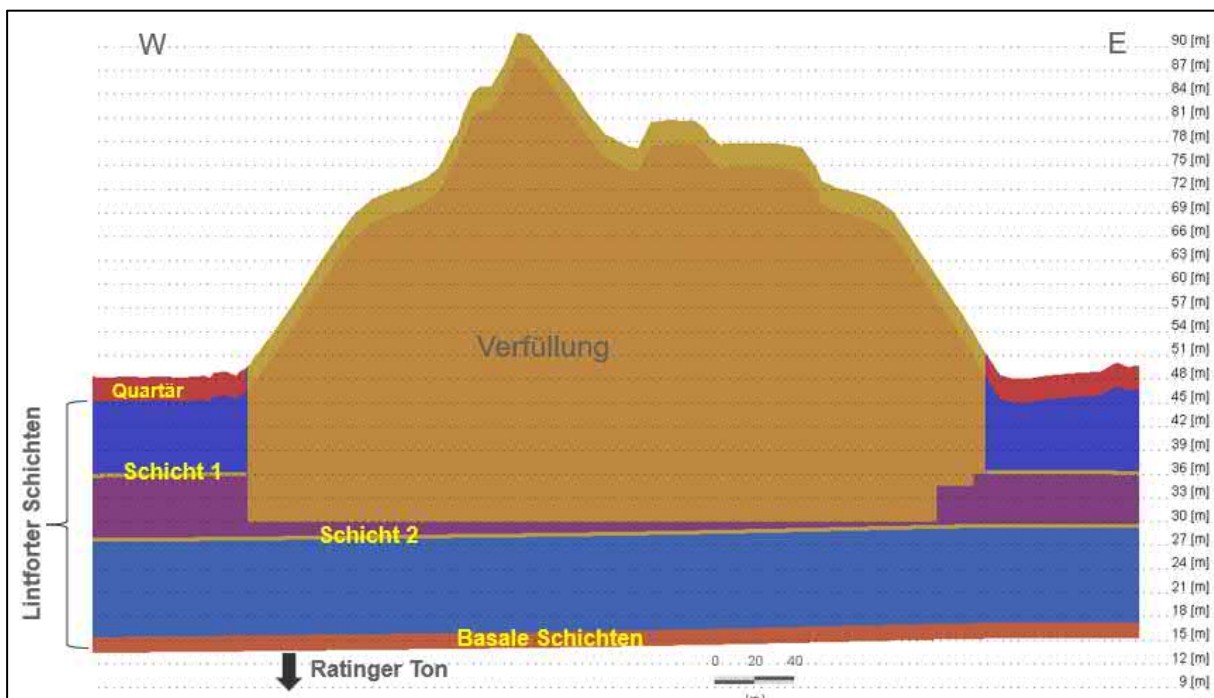
Abbildung 27 Süd-Nord-Profil durch das Modellgebiet (Höhenangaben in [m NHN])⁷

Abbildung 28 West-Ost-Profil durch das Modellgebiet (Höhenangaben in [m NHN])

⁷ Durch die Übertragung der Geologie und der Verfüllungsgeometrie auf das Layer-System des numerischen Boxmodell kann es lokal zu sehr geringfügigen „Verzerrungen“ der tatsächlichen Verhältnisse kommen (z. B. in Abbildung 27 auf der linken (südlichen) Seite am Übergang zwischen Quartär und Verfüllung. Diese haben keinerlei Einfluss auf die Berechnungsergebnisse und sind somit nicht relevant.

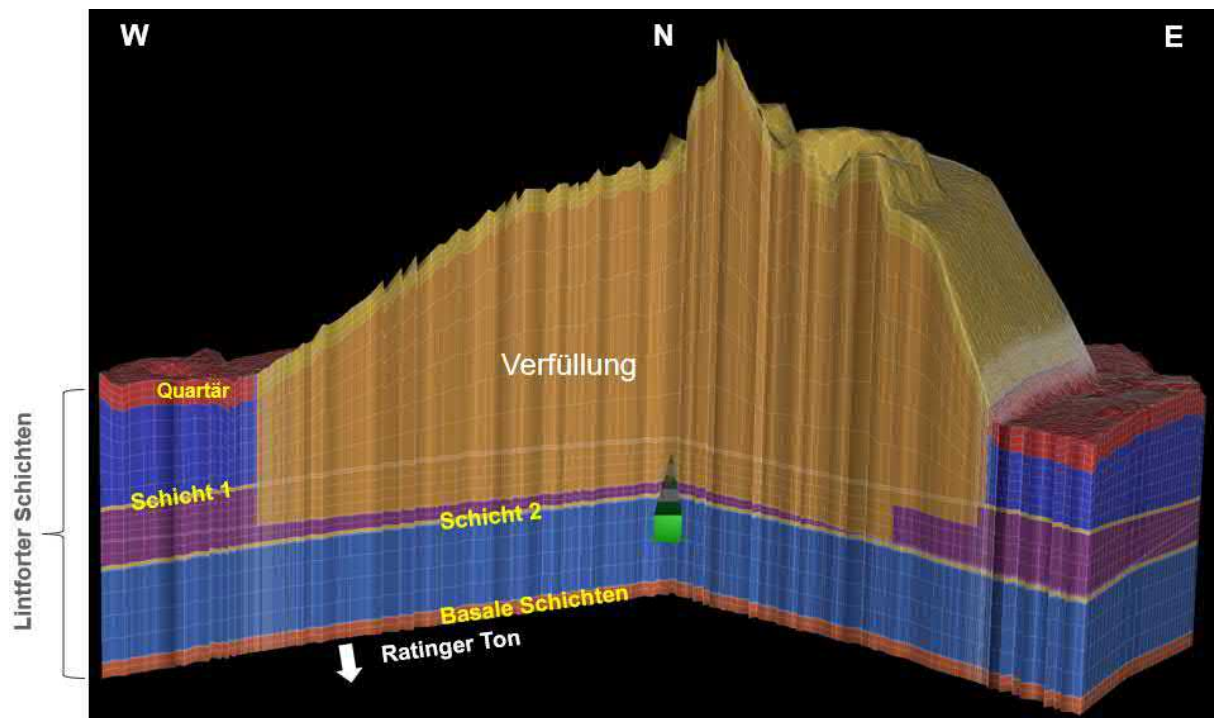


Abbildung 29 3D-Blick in den Modellkörper von Süden

Die unter einer relativ geringen Quartärbedeckung folgenden Lintforter Schichten, die aus insgesamt sehr gering durchlässigen Schichten (Schluff, Ton mit geringen Feinsandanteilen) mit Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werte) im Bereich von 10^{-9} m/s bestehen, werden von zwei Schichten mit höheren Feinsandanteilen durchzogen (k_f -Werte 10^{-6} – 10^{-7} m/s). Die Schicht 1 ist unterbrochen und durch die Austonung ausgeräumt worden. Somit besteht ein hydraulischer Kontakt zwischen Schicht 1 und der Verfüllung.

Die Schicht 2 verläuft wenige Meter unterhalb der Sohle der Austonung, im Osten beträgt der Abstand zwischen Schicht 2 und der Sohle der Austonung nur wenige Dezimeter, die Schicht 2 wurde aber nicht ausgeräumt. Ein unmittelbarer Kontakt der Schicht 2 zur Verfüllung besteht demnach nicht.

Nach weiteren über 10 m mächtigen, sehr geringdurchlässigen tonigen Schluffen folgen die Basalen Schichten mit k_f -Werten im kleinen 10^{-6} -m/s-Bereich.

Unterhalb der Basalen Schicht folgt der Ratinger Ton, der gleichzeitig die Basis des Boxmodells bildet.

Die Verfüllung wird als einheitlicher „Körper“ ohne weitere strukturelle Differenzierung in das Modell übernommen.

6.4 Diskretisierung

Das Finite-Elemente-Netz des Boxmodells besteht aus 36 Modellebenen (Slices) bzw. 35 Modellschichten (Layer) mit insgesamt 2.255.225 Netz-Elementen (Prismen). Das Netz ist im Bereich des Übergangs zwischen den anstehenden Schichten und der Verfüllung sowie im Bereich der Sickerschächte hochgradig verdichtet (sehr kleine Elementgrößen).

Entsprechend den geologischen Verhältnissen wurde folgende Layerstruktur festgelegt (vertikale Diskretisierung, siehe Abbildung 26):

Vertikale Diskretisierung	
Layer	Inhalt
1 - 3	Quartär / Verfüllung
4 - 9	Lintforter Schichten / Verfüllung
10 - 13	Schicht 1 / Verfüllung
14 - 18	Lintforter Schichten / Verfüllung
19-21	Lintforter Schichten
22 - 25	Schicht 2
26 - 32	Lintforter Schichten
33 - 35	Basale Schichten
Basis	Ratinger Ton

Abbildung 30 Layerstruktur des Boxmodells

Dieser Modellaufbau ermöglicht einerseits, entsprechend den tatsächlichen Gegebenheiten, eine horizontale und vertikale Differenzierung der hydrogeologischen Eigenschaften der einzelnen Schichtelemente, andererseits werden durch die hohe horizontale und vertikale Diskretisierung des Boxmodells numerische Instabilitäten vermieden.

6.5 Randbedingungen und Modell-Parameter

Die Randbedingungen für die Grundwasserbewegung über die Ränder des Boxmodellgebiets wurden entsprechend den Standrohrspiegelmessungen bzw. den ausgewerteten Grundwasser-Potentialgefällen (Fließrichtungen) im Quartär und in den Schichten 1 und 2 sowie in den Basalen Schichten folgendermaßen festgelegt (siehe Abbildung 31):

- Quartär: Innerhalb des Quartärs findet keine wesentliche horizontale Grundwasserbewegung statt. Daher erfolgt auch kein Grundwasseraustausch über die Modellgrenzen (No-Flow-Randbedingung). Eine Ausnahme bilden die Seen. Über diese kann eine Entwässerung des Quartärs bzw. indirekt auch tiefer gelegener Schichten erfolgen. Unter den gemessenen Bedingungen erfolgt ein Grundwasserabstrom über die Seen nach Norden / Nordosten (Festpotential-Randbedingung).
- Lintforter Schichten (Schluff / Ton): Innerhalb der Lintforter Schichten (außer Schicht 1 und 2 sowie Basale Schichten) findet keine wesentliche horizontale Grundwasserbewegung statt. Daher findet auch kein Grundwasseraustausch über die Modellgrenzen statt (No-Flow-Randbedingung).
- Schicht 1: Entsprechend den gemessenen Verhältnissen findet im Boxmodell ein Grundwasserzuström aus Westen / Südwesten statt (Festpotential-Randbedingung). Im Norden erfolgt ein Grundwasserabstrom (Festpotential-Randbedingung), auch unter Einfluss der relativ tiefen Wasserstände in den Seen. In den übrigen Randabschnitten findet kein Grundwasseraustausch über die Modellgrenzen statt. Insbesondere im

Süden verhindert die Dichtwand der SAD Hünxe-Schermbeck einen Grundwasseraustausch (No-Flow-Randbedingung).

- Schicht 2: In der Schicht 2 haben sich die Fließverhältnisse gegenüber Schicht 1 umgekehrt. Es erfolgt entsprechend den Messungen ein Grundwasseranstrom von Norden in das Modellgebiet (Festpotential-Randbedingung). Das Grundwasser verlässt das Modellgebiet in Richtung Südwesten und in einem sehr untergeordneten Maße auch nach Südosten (Festpotential-Randbedingung). In den übrigen Randabschnitten findet kein Grundwasseraustausch über die Modellgrenzen statt. Insbesondere im Süden verhindert die Dichtwand der SAD Hünxe-Schermbeck einen Grundwasseraustausch (No-Flow-Randbedingung).⁸

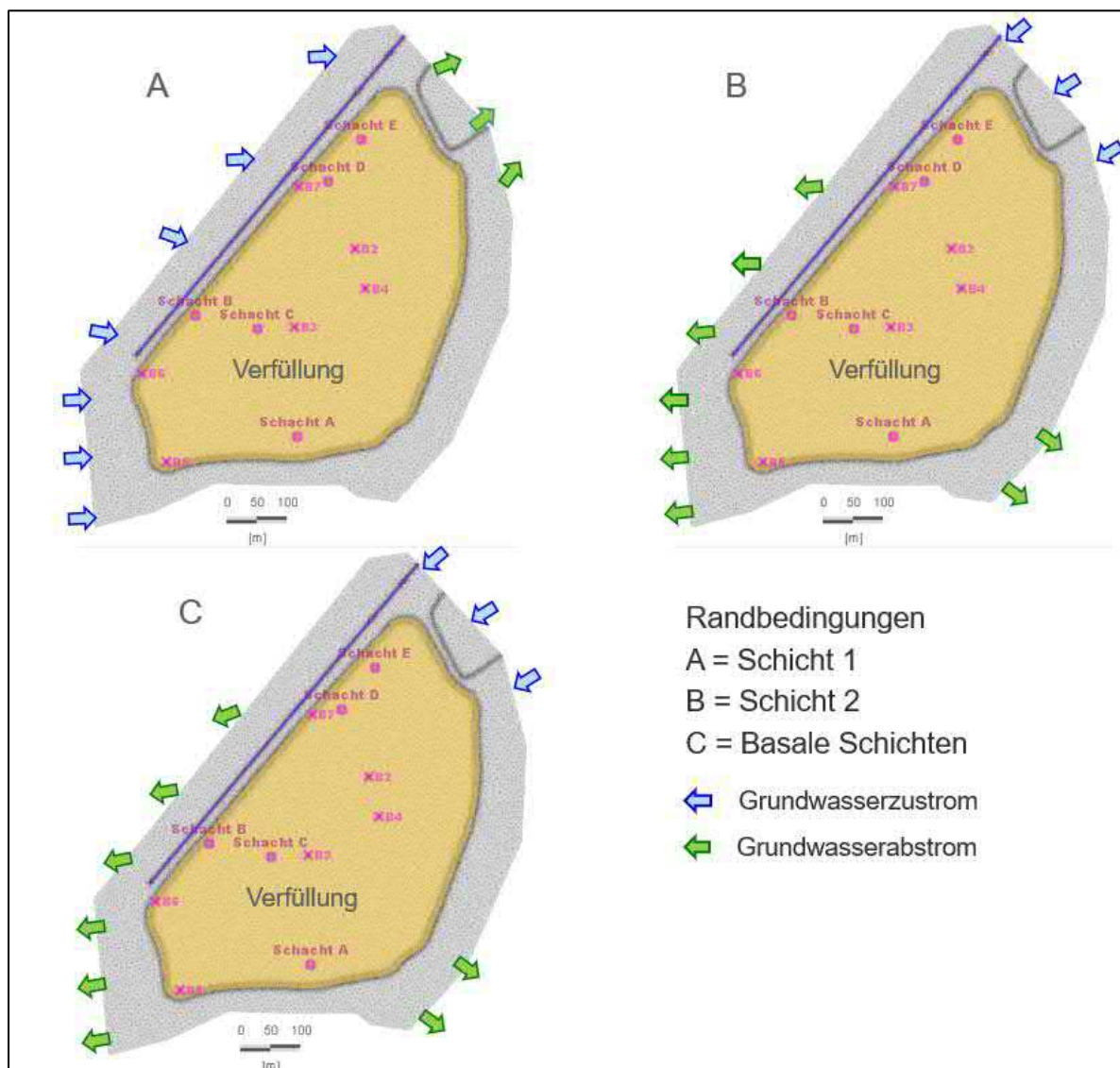


Abbildung 31 Randbedingungen des Boxmodells

⁸ Auf Grund der vorliegenden Messungen der Standrohrspiegelhöhen in den Lintforter Schichten außerhalb und innerhalb des Dichtwandtrogs wird davon ausgegangen, dass die Dichtwand bis auf die Ratinger Schichten reicht und damit einen Grundwasseraustausch innerhalb der Lintforter Schichten unterbindet.

- **Basale Schichten** (siehe auch Abbildung 19): Die Grundwasserbewegung erfolgt, analog zur Schicht 2, von Norden in das Modellgebiet (Festpotential-Randbedingung). Unterhalb der Verfüllung existiert eine etwa Nord-Süd verlaufende Grundwasserscheide, von der aus eine Grundwasserbewegung einerseits in südwestliche und andererseits in die südöstliche Richtung erfolgt und die Ränder des Modells überschreitet (jeweils Festpotential-Randbedingung). In den übrigen Randabschnitten findet kein Grundwasseraustausch über die Modellgrenzen statt. Insbesondere im Süden verhindert die Dichtwand der SAD Hünxe-Schermbeck einen Grundwasseraustausch (No-Flow-Randbedingung).
- **Gewässer**: Westlich der Eichenallee verläuft ein Entwässerungsgraben, der über eine Gewässerrandbedingung (Wasserstand bzw. Sohlhöhe sowie Transferraten bzw. Leakagefaktoren) in das Modell (Quartär) einbezogen wurde und je nach Standrohrspiegelhöhe das Gebiet entwässert (Standrohrspiegelhöhen > Gewässersohle). Liegen die Standrohrspiegelhöhen niedriger als die Grabensohle, fällt der Graben abschnittsweise oder im gesamten Verlauf trocken.

Die vorhandenen Seen werden über die Randbedingungen im Quartär (siehe oben) berücksichtigt.

- **Sickerwasserentnahmen**: In den Sickerwasserschächten A bis E wurden der mittlere Wasserstand im Zeitraum 2019 bis 2021 aus den gemessenen Wasserstands-Ganglinien [U22] abgeleitet (Abbildung 32). Die Ganglinienverläufe sind u. a. Resultat der in unregelmäßigen Abständen erfolgenden Förderung aus den Schächten. Die Mittelwerte werden als Festpotential-Randbedingung auf den Netzknotenpunkten der Sickerschächte definiert. Hierdurch wird im Modell die Fördermenge berechnet, die entnommen werden muss, um den definierten Wasserstand im Schacht zu erreichen.

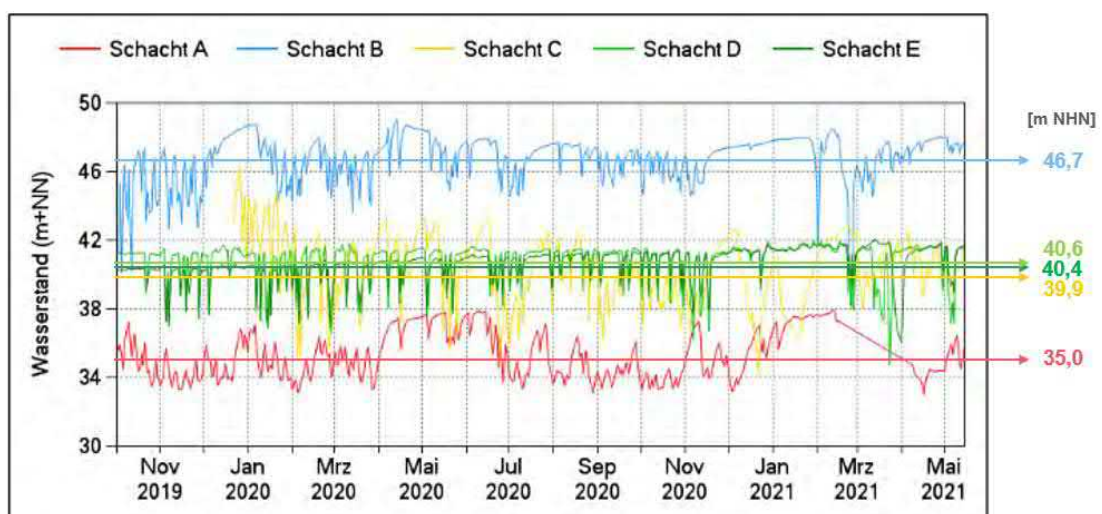


Abbildung 32 Wasserstands-Ganglinien der Sickerwasserschächte A bis E 2019 – 2021 aus [U22]

Verwendete Wasserstände in den Schächten:

Schacht A: 35,0 m NHN

Schacht B: 46,7 m NHN

Schacht C: 39,9 m NHN

Schacht D: 40,6 m NHN

Schacht E: 40,4 m NHN

6.6 Grundwasserneubildung

Als Grundwasserneubildung wird in diesem Zusammenhang diejenige Wassermenge verstanden, die aus dem Niederschlag nach Abzug der Verdunstung (Evapotranspiration), des oberirdischen Abflusses, des Zwischenabflusses, des Abflusses über Gewässer sowie der Speicherung im ungesättigten Boden letztendlich in das Grundwasser (gesättigte Zone) übergeht. Dieses gilt sinngemäß auch für das Sickerwasservorkommen innerhalb der Verfüllung. Das Sickerwasser wird im Boxmodell erst bei zusammenhängender und vollständiger Ausfüllung (Sättigung) des Porenraums berücksichtigt. Die im Modell angesetzte Grund- bzw. Sickerwasserneubildung gilt also für die Oberfläche des zu 100% mit Wasser gesättigten Raumes der Verfüllung, im Folgenden vereinfacht „Sickerwasser-Oberfläche“ genannt.

Seit dem Jahr 2011 wurde auf der Verfüllung schrittweise eine Oberflächenabdichtung aufgebracht [U17], um die Wassermengen, die aus Niederschlag in die Verfüllung einsickern können, wirksam zu reduzieren. Durch die Fertigstellung der mineralischen Dichtung und der Dränmatte im Juli 2020 ist die Verfüllung abgedichtet (die Aufbringung der Rekultivierungsschicht ist derzeit noch nicht ganz abgeschlossen). Es gibt zwar bereits erste Anzeichen von Reaktionen in den Sickerwasserständen, die auf diese Reduzierung hinweisen, aber die Wirksamkeit der Abdichtung ist noch nicht vollumfänglich an der Sickerwasseroberfläche angekommen. Das ist verständlich, denn bis das Wasser von der Oberfläche der Verfüllung bis zur Sickerwasser-Oberfläche gelangt, bzw. bis eine entsprechende Weitergabe des hydraulischen Potentials erfolgt, können je nach Durchlässigkeit und Porosität des Verfüllmaterials mehrere Monate bis mehrere Jahre vergehen, zumal davon auszugehen ist, dass in bestimmten Abschnitten der Sickerstrecke das Wasser wiederum abhängig vom verfüllten Material zwischengespeichert und nur verzögert wieder abgegeben wird⁹. Der derzeit festgestellte Sickerwasserstand ist also nicht ein Resultat der Wassermenge, die aktuell von der Oberfläche in die Verfüllung einsickert, sondern spiegelt die integralen Versickerungsvorgänge der Vergangenheit wider.

Im Modell wird dementsprechend diejenige Wassermenge bestimmt, die zu den bisher gemessenen Sicker- bzw. Grundwasserständen geführt hat. Somit lässt sich wiederum anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen bzw. Sickerwasserstände prüfen, ob die mit den Modell-

⁹ Aus dieser „Zwischenspeicherung“ resultieren auch die Sickerwasserstände in den Sickerwassermessstellen, die z. T. über dem angesetzten Sickerwasserwasserspiegel-Niveau liegen

berechnungen ermittelten Grundwasserneubildungsraten in der Größenordnung richtig bestimmt wurden. Letzen Endes ist die Höhe der Grundwasserneubildung ein Resultat der Kalibrierung des Modells.

Für die Berechnung der Grund- und Sickerwasserverhältnisse im März 2022 wurde dementsprechend für die Verfüllung die Neubildungshöhe von 40 mm/a angesetzt. Für das übrige Gebiet hat sich im Rahmen der Kalibrierung eine Grundwasserneubildung (zwischen 0 mm/a (Versiegelung / See) und 15 mm/a (Anstehendes) ergeben.

Es ist davon auszugehen, dass sich die Wirksamkeit der Abdichtung der Verfüllung in den nächsten Jahren zunehmend reduzierend auf die Sickerwasserrate auswirkt, was im Rahmen der Prognosen auch berücksichtigt wird (siehe Variantenberechnungen (Kap. 6.10).

6.7 K_r-Wert-Verteilung

Die k_r-Wert-Verteilung in den einzelnen Layern ist einer der wesentlichen Kalibrierparameter. Innerhalb der Layer wird zwischen „Verfüllung“ und „anstehendem Gestein“ (kurz: Anstehendes) unterschieden. Dort, wo es plausibel und notwendig war, wurde zwischen horizontalen (K_{fx}) - Werten und vertikalen (K_{fz}) - Werten unterschieden. In der Regel sind k_r-Werte in der vertikalen Richtung wegen der natürlichen horizontalen Schichtung des Gesteins kleiner als in horizontaler Schichtung.

Folgende k_r-Wert-Spannen haben sich auf Grundlage der Gesteinsbeschreibung, die Bohrergebnisse, der geophysikalischen Messungen, der Laboruntersuchungen von Gesteinsproben sowie der hydraulischen Tests im Rahmen der Kalibrierung ergeben:

- | | |
|---|--|
| • Quartär (Layer 1 – 3): | K _{fx} : 5*10 ⁻⁶ [m/s], K _{fz} : 5*10 ⁻⁶ [m/s] |
| • Quartär See inkl. Kolmation (Layer 1 – 3) | K _{fx} : 1*10 ⁻⁴ [m/s], K _{fz} : 1*10 ⁻⁴ [m/s] |
| • Dichtwandsporn (Quartär, Layer 1 – 3): | K _{fx} : 1*10 ⁻¹⁰ [m/s], K _{fz} : 1*10 ⁻¹⁰ [m/s] |
| • Lintforter Schichten (Layer 4 – 9): | K _{fx} : 1*10 ⁻⁸ [m/s], K _{fz} : 1*10 ⁻⁹ [m/s] |
| • Schicht 1 (Layer 10 – 13): | K _{fx} : 1*10 ⁻⁶ [m/s], K _{fz} : 1*10 ⁻⁶ [m/s] |
| • Lintforter Schichten (Layer 14 – 21): | K _{fx} : 1*10 ⁻⁹ [m/s], K _{fz} : 1*10 ⁻¹⁰ [m/s] |
| • Schicht 2 (Layer 22 – 25): | K _{fx} : 1*10 ⁻⁶ [m/s], K _{fz} : 1*10 ⁻⁶ [m/s] |
| • Lintforter Schichten (Layer 26 – 32): | K _{fx} : 2*10 ⁻⁹ [m/s], K _{fz} : 2*10 ⁻⁹ [m/s] |
| • Basale Schichten (Layer 33 – 35): | K _{fx} : 3*10 ⁻⁶ [m/s], K _{fz} : 3*10 ⁻⁶ [m/s] |
| • Verfüllung | K _{fx} : 1,5*10 ⁻⁶ [m/s], K _{fz} : 1,5*10 ⁻⁶ [m/s] |
| • Verfüllung, Übergang zum Anstehenden | K _{fx} : 5*10 ⁻⁷ [m/s], K _{fz} : 5*10 ⁻⁷ [m/s] |

Insbesondere für die Schichten, in denen potentiell eine nennenswerte Grundwasserbewegung stattfinden kann, wurden die k_r-Werte im „oberen“ Bereich der aus den hydraulischen Tests ermittelten k_r-Wert-Spanne angesetzt, um so hinsichtlich eines Wasseraustausch zwischen Verfüllung und Anstehendem eher zu große Volumina zu berechnen als zu kleine (Worst-case-Ansatz mit deutlichen „Sicherheitsreserven“).

So haben die hydraulischen Tests in der Schicht 1 eine k_r-Wertespanne von 3,8*10⁻⁷ – 1,6*10⁻⁶ m/s ergeben. Für das Boxmodell wurde für die gesamte Schicht 1 ein k_r-Wert von 1,0*10⁻⁶ m/s angesetzt. In der Schicht 2 haben die hydraulischen Tests eine k_r-Wertespanne

von $2,7 \cdot 10^{-7}$ – $1,1 \cdot 10^{-6}$ m/s ergeben. Für das Boxmodell wurde für die gesamte Schicht 2 ein k_f -Wert von $1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s angesetzt.

Für die Basalen Schichten haben die Pumpversuche in der Nähe der Verfüllung (LS3, LS12, LS15 und LS20) eine k_f -Wertespanne von $9 \cdot 10^{-7}$ – $6 \cdot 10^{-6}$ m/s ergeben. Für das Boxmodell wurde daher für die Basalen Schichten ein mittlerer k_f -Wert von $3,0 \cdot 10^{-6}$ m/s angesetzt.

Für die hinsichtlich der Zusammensetzung und der Dichte bzw. der hydraulischen Durchlässigkeiten sehr heterogene Verfüllung haben die Sickerwasserpumpversuche [U21] eine k_f -Wertespanne von $7,5 \cdot 10^{-8}$ bis $2 \cdot 10^{-5}$ m/s ergeben. In Anlehnung an das logarithmische Mittel dieser Wertespanne wurde der Verfüllung ein k_f -Wert von $1,5 \cdot 10^{-6}$ m/s zugeordnet.

Im Rahmen der Kalibrierung hat sich herausgestellt, dass zur Abbildung der Messwerte in den Messstellen im Übergangsbereich zwischen Verfüllung und Anstehendem eine Minderung der Durchlässigkeiten, verursacht durch Materialverdichtung insbesondere an der Basis der Verfüllung und/oder Verschleppung von Tonmaterial während des Austonungsvorgangs (im Sinne eines Skin-Effekts), vorhanden sein muss. Der „Übergangsbereich“ wurde mit einem k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-7}$ m/s belegt.

Die Abbildung 33 zeigt in einem Süd-Nord-Profilschnitt die k_f -Werte-Verteilung im Boxmodell in vertikaler Richtung sowie die im Bereich der Verfüllung angesetzte Grund- bzw. Sickerwasserneubildung.

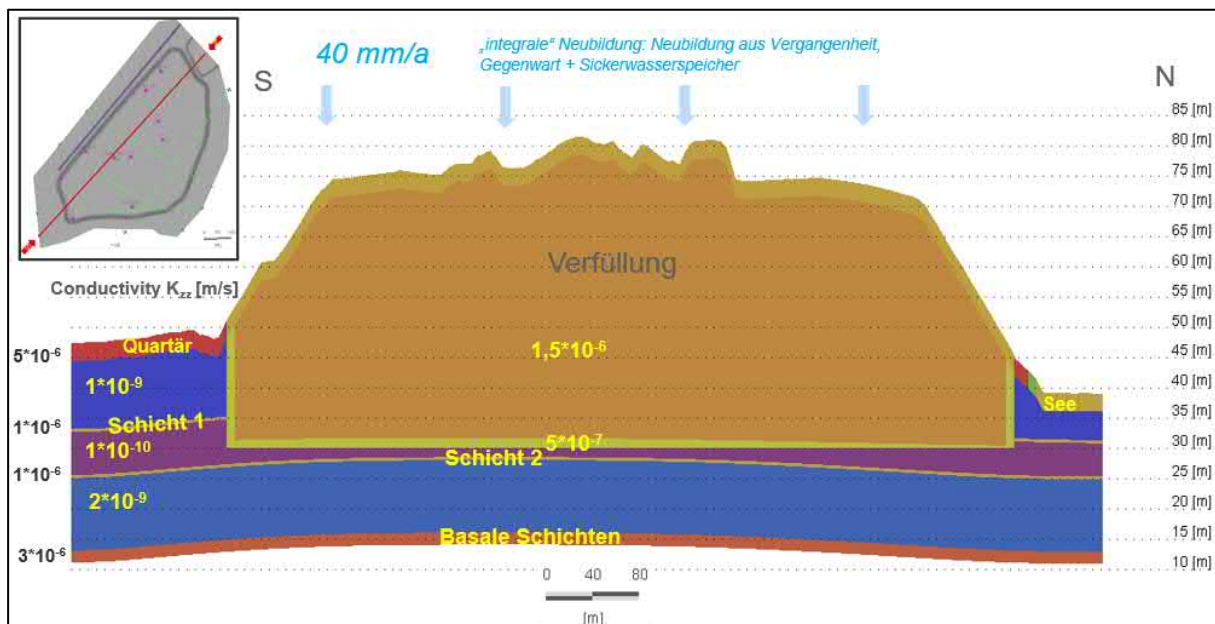


Abbildung 33 Süd-Nord-Profilschnitt durch das Boxmodell mit vertikaler k_f -Werte-Verteilung

6.8 Porositäten

Die effektiven (durchflusswirksamen) Porositäten wurden entsprechend einschlägigen Literaturangaben bzw. Erfahrungswerten folgendermaßen abgeschätzt und angewendet:

- Quartär und Verfüllkörper: 0,1 []
- Schicht 1, Schicht 2 und Basale Schichten: 0,05 []
- alle übrigen Schichten: 0,02 []

6.9 Kalibrierung

Das Boxmodell wurde anhand der im März 2022 gemessenen Standrohrspiegelhöhen der im Modellgebiet befindlichen Grundwassermessstellen kalibriert. Insofern übertrifft das Boxmodell die Anforderungen an ein Prinzipmodell gem. DVGW Arbeitsblatt W107, das eine Kalibrierung des Modells nicht vorschreibt.

Ziel der Kalibrierung ist es, durch iterative Variation der Modellparameter k_f -Wert, Grund- bzw. Sickerwasserneubildung und Randbedingungen innerhalb hydrogeologisch plausibler Grenzen die gemessenen Werte (Zielfunktion) mit dem Modell und damit die zum Zeitpunkt der Messung herrschenden hydraulischen Verhältnisse gut abbilden zu können (Abbildungstreue).

Folgende Kriterien wurden für eine ausreichende Abbildungstreue festgelegt¹⁰:

- mittlere Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen (alle verwendeten Messstellen) sollen im Bereich $\pm 0,0$ m liegen.

Ergebnis: +0,01 m (siehe Statistik, Tabelle 5)

- Der Mittelwert der Beträge der Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen (alle verwendeten Messstellen) soll kleiner als 0,25 m sein.

Ergebnis: 0,22 m (siehe Statistik, Tabelle 5)

- Die maximalen positiven und negativen Abweichungen sollten in einer Spanne von +0,5 m bis -0,5 m liegen (Vertrauensbereich).

Ergebnis: alle Messstellen liegen innerhalb dieser Spanne (siehe Statistik, Tabelle 5)

¹⁰ Diese Kriterien sind fachwissenschaftlich üblich und finden u. a. auch bei der Erstellung von Grundwassermodellen zur wasserwirtschaftlichen Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen Anwendung

- Der NRMSD-Wert (Normalized Root-Mean-Square Deviation¹¹), angegeben als Prozentwert, soll kleiner sein als 5 %¹². Der in die Berechnungsformel eingehende RMSD-Wert (Root-Mean-Square Deviation¹³) beträgt 0,26.

Ergebnis: $0,26 / 9,62 * 100 = 2,7 \%$ (siehe Statistik, Tabelle 5)

- Bei einer graphischen Darstellung der gemessenen Standrohrspiegelhöhen (x-Achse) vs. modellberechnete Standrohrspiegelhöhen (y-Achse) (Werte in Tabelle 4) in einem sogenannten Scattergramm ergibt sich für jede Messstelle ein Punkt (Abbildung 34). Idealerweise liegen diese Punkte auf einer Geraden, die durch den Ursprung des Koordinatensystems verläuft und die Steigung 1 aufweist. Ein Scattergramm zeigt die Streuung (Abweichung) der Datenpunkte um die Ideallinie.

Ergebnis: die Punkte liegen auf bzw. nahe der Geraden, die durch den Koordinatenursprung mit der Steigung 0,9996 verläuft bei einem Bestimmtheitsmaß (R^2) von 1. Alle Punkte liegen innerhalb des Vertrauensbereichs (siehe Scattergramm, Abbildung 34)

Messstellenbezeichnung	Geologie	Rechtswert	Hochwert	Messwert [m NHN]	Modellwert [m NHN]	Abweichung [m]
FLS8	Schicht 1	32351174,40	5725088,40	45,20	45,14	-0,06
FLS12	Schicht 1	32350861,10	5725033,60	45,34	44,86	-0,48
FLS13	Schicht 1	32350700,30	5725215,60	46,17	46,40	0,23
FLS15	Schicht 1	32350816,70	5725341,00	45,96	45,78	-0,18
FLS16	Schicht 1	32351274,10	5725534,40	40,93	40,78	-0,15
FLS18	Schicht 1	32351095,20	5725704,60	43,09	43,24	0,15
FLS3	Schicht 2	32350680,90	5724990,90	37,20	36,91	-0,29
FLS11	Schicht 2	32351001,80	5725029,90	38,86	39,31	0,45
FLS14	Schicht 2	32351298,70	5725287,60	40,78	40,50	-0,28
FLS20	Schicht 2	32350959,70	5725518,90	39,83	39,78	-0,05
LS3	Basale Schichten	32350673,30	5724979,60	36,55	36,44	-0,11
LS12	Basale Schichten	32350865,10	5725044,90	38,12	38,36	0,24
LS15	Basale Schichten	32350820,90	5725349,20	38,54	38,49	-0,05
LS20	Basale Schichten	32350956,56	5725520,85	39,13	39,52	0,39

Tabelle 4 Abweichungen zwischen gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen an den verwendeten Messstellen

¹¹ NRMSD Normalized Root-Mean-Square Deviation ist hier definiert als:

$$\text{NRMSD} = \frac{\text{RMSD}}{x_{\max} - x_{\min}} * 100$$

mit x_{\max} = höchste gemessene Standrohrspiegelhöhe (ca. 46,17 m NHN); x_{\min} = niedrigste gemessene Standrohrspiegelhöhe (36,55 m NHN); $x_{\max} - x_{\min}$ = hydraulisches Druckgefälle innerhalb des Untersuchungsgebiets = 9,62 m (bezogen auf die vorhandenen Messstellen).

¹² ANDERSON, M. P., WOESSNER, W. W. (1992); Applied groundwater modeling – Simulation of flow and advective transport; Academic Press Inc. San Diego

¹³ RMSD Root-Mean-Square Deviation ist hier definiert als:

$$\text{RMSD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}}$$

mit x_1 = berechnete Standrohrspiegelhöhen, x_2 = gemessene Standrohrspiegelhöhen n = Anzahl der Differenzenwerte (Abweichungen) $x_1 - x_2$ (= Anzahl der Messstellen).

Kriterium	soll	ist	Bewertung
Mittlere Abweichung [m]	$\approx \pm 0$	-0,01	erfüllt
Mittelwert der Beträge der Abweichungen	$\leq 0,25$	0,22	erfüllt
Maximale positive. Abweichung [m]	$\leq +0,5$	0,45	erfüllt
Maximale negative. Abweichung [m]	$\geq -0,5$	-0,48	erfüllt
NRMSD-Wert [%]	5	2,72	erfüllt

Tabelle 5 Statistik der Abweichungen

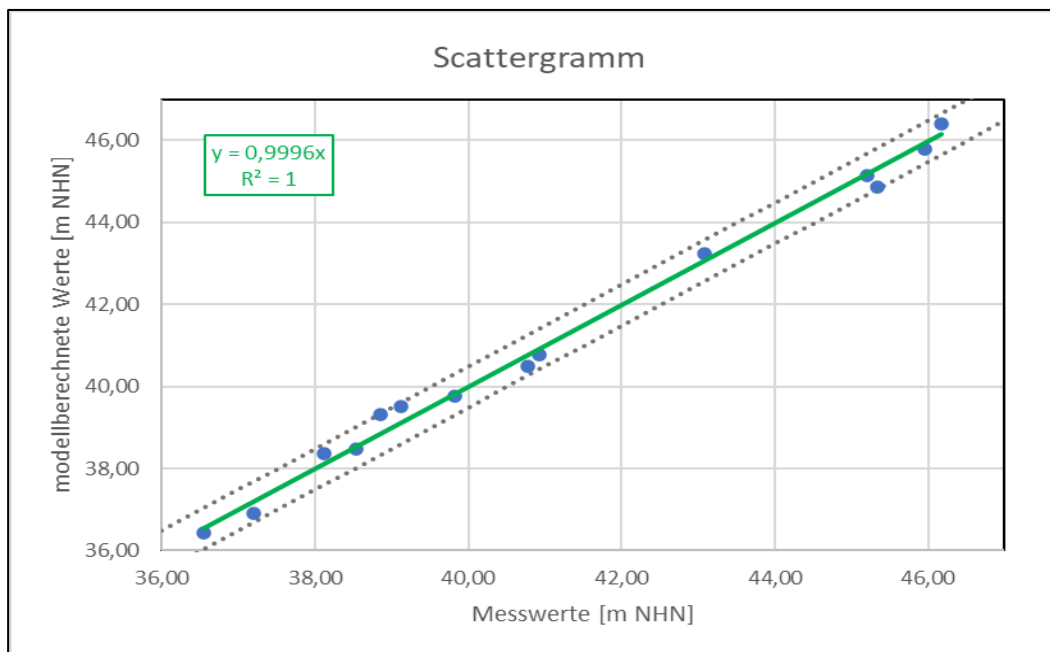


Abbildung 34 Scattergramm für die verwendeten Grundwassermessstellen März 2022

Sämtliche Prüfkriterien werden eingehalten bzw. übertroffen.

Fazit: Die Kalibrierung des Boxmodells ist mit Erfolg durchgeführt worden.

6.10 Durchgeführte Berechnungen

Ziel der Berechnungen mit dem Boxmodell ist einerseits, die hydrogeologischen Gegebenheiten, wie sie sich im Frühjahr 2022 darstellen, abzubilden und zu bilanzieren und andererseits beispielhaft zu prognostizieren, mit welchen Maßnahmen und in welchen Größenordnungen sich die Interaktion zwischen Sickerwasser der Verfüllung und dem Grundwasser verändern lässt, um auf diese Weise eine Planungsbasis für eine möglichst vollständige Erfassung der hydraulischen Austrittspfade zu generieren.

Die folgende Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die durchgeführten Berechnungsläufe.

Parameter / Variante	Ausgangs-Variante	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
"integrale" Neubildung Verfüllung [mm/a]	40,0	15,0	15,0	15,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht A [m NHN]	35,0	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht B [m NHN]	46,7	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht C [m NHN]	39,9	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht D [m NHN]	40,7	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) Schacht E [m NHN]	40,4	33,0	33,0	33,0
mittlerer "Wasserstand" (Förderung) B4 [m NHN]	--	--	--	35,0
Randbedingungen (1. Art, Randzustrom / Abstrom)	Kalibrierung	Kalibrierung	Kalibrierung - 1,0 m	Kalibrierung - 1,0 m

Tabelle 6 Übersicht über die durchgeführten Modellberechnungen

Die „**Ausgangs-Variante**“ entspricht den hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnissen und Rahmenbedingungen, die Gegenstand der Kalibrierung sind und sich im März 2022 dargestellt haben. Alle weiteren Varianten bauen auf dieser Variante auf.

In der **Variante 1** wird der Wirkung der Oberflächenabdichtung Rechnung getragen. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass die Oberflächenabdichtung die Sickerwasserneubildung nahezu komplett unterbindet. Da aber mit dem Boxmodell lang-anhaltende Zustände prognostiziert werden, und um im Sinn eines worst-case-Ansatzes einer möglichen Diskussion von Undichtigkeiten in Folge von Alterungsprozessen, Undichtigkeiten auf Grund von Setzungen in der Verfüllung etc. Rechnung zu tragen, wurde eine „Rest-Neubildung“ von 15 mm/a zugelassen.

Zudem wurde angenommen, dass der Wasserstand in den Sickerschächten durch Sickerwasserentnahmen auf ein Niveau von 33 m NHN (im Schacht A auf 35 m NHN) abgesenkt wird. Die technischen Voraussetzungen zur Umsetzung dieser Maßnahme sind allerdings nicht Gegenstand der Modellberechnungen, sondern Gegenstand einer nachgelagerten Machbarkeitsstudie. Hier interessiert in erster Linie der Effekt, der von einer solchen Maßnahme erwartet werden kann.

Um eine unmittelbare Vergleichbarkeit mit der Ausgangs-Variante zu erlangen, bleiben sämtliche anderen Modelleingangsparameter unverändert.

In der **Variante 2.1** werden die Zu- bzw. Abfluss-Randbedingungen (Fixed-Head-Randbedingung) um einen Meter abgesenkt. Aus den Ergebnissen der Variante 1 lässt sich ablesen (siehe unten), dass bedingt durch den niedrigeren Sickerwasserstand in der Verfüllung auch die Standrohrspiegelhöhen im anstehenden Gestein absinken. Es ist zu erwarten, dass diese Beeinflussungen der Standrohrspiegelhöhen bis an die Modellgrenzen reichen und damit die Randbedingungen beeinflussen. Um diesen Wirkungen gerecht zu werden, wurden die an den Modellrändern definierten Standrohrspiegelhöhen (Fixed-Head-Randbedingungen) um einen Meter abgesenkt.

Um eine unmittelbare Vergleichbarkeit mit der Ausgangs-Variante bzw. der Variante 1 zu erlangen, bleiben sämtliche anderen Modelleingangsparameter unverändert.

Die **Variante 2.2** unterscheidet sich von der Variante 2.1 nur in einer zusätzlichen Sickerwasserentnahme am Standort der Sickerwassermessstelle B4, in der das Sickerwasser bis auf ein

Niveau von 35 m NHN abgepumpt wird. Auch an dieser Stelle sind in nachfolgenden Machbarkeitsstudien die technischen Voraussetzungen hierfür zu klären. Hier interessiert in erster Linie der Effekt, den eine solche Maßnahme haben kann.

6.11 Resultierende Standrohrspiegelhöhen und Grundwasserbewegungen

Im Folgenden werden die aus den Modellberechnungen resultierenden Standrohrspiegelhöhen in Isohypsenplänen (Lienen gleicher Standrohrspiegelhöhen) für die Schicht 1, die Schicht 2 und die Basalen Schichten dargestellt. In den übrigen Abschnitten des anstehenden Gesteins finden keine wesentlichen horizontalen Grundwasserbewegungen statt.

Der Isophytenplan der Ausgangs-Situation ist dabei durch Messungen an den verwendeten Grundwassermessstellen belegt (siehe Kap. 6.9, Kalibrierung), bei den resultierenden Isohypsenplänen der Varianten handelt es sich um modellberechnete Prognosen.

Ausgangs-Situation (Abbildung 35)

In Schicht 1 (A) erfolgt eine Grundwasserbewegung von Westen (Druckhöhe 47 – 48 m NHN am Modellrand) auf die Verfüllung zu, im Norden von der Verfüllung weg mit nördlicher Richtung (Druckhöhe 39 – 40 m NHN am Modellrand) und im Osten etwa parallel zur Verfüllung mit ebenfalls nördlicher Richtung. In der Verfüllung hat sich ein Sickerwasserstand von 42 – 44 m NHN eingestellt, die höchsten Sickerwasserstände treten im Osten der Verfüllung auf. Die lokalen, durch die Förderung in den Sickerwasserschächten verursachte Absenkung der Sickerwasserstände ist anhand der Isohypsenverläufe (z. T. geschlossene Linien) gut zu erkennen. An der Grenze zur Verfüllung beim Übergang vom Anstehenden in den Verfüllungskörper ist ein deutlicher Sprung der Isohypsenverläufe vorhanden. Anhand der Druckdifferenzen am Rand der Verfüllung lässt sich ablesen, dass im Westen und sehr untergeordnet im Süden ein Übertritt von Grundwasser in die Verfüllung erfolgt. Hier ist der hydraulische Druck im Anstehenden deutlich höher als der Sickerwasserdruck in der Verfüllung. Im Osten dagegen sind die Druckunterschiede zunächst gering, nehmen aber Richtung Norden sukzessive dergestalt zu, dass innerhalb der Verfüllung ein höherer Druck als im Anstehenden herrscht. Folglich ist hier ein Sickerwasseraustritt nach Norden möglich.

In Schicht 2 (B) erfolgt eine Grundwasserbewegung von Norden (ca. 43 m NHN Druckhöhe am Modellrand) nach Westen und Südwesten (ca. 37 m NHN Druckhöhe am Modellrand) bzw. sehr untergeordnet nach Südosten (ca. 37,5 m NHN Druckhöhe am Modellrand). In vertikaler Richtung weist Schicht 2 im Anstehenden gegenüber Schicht 1, lokal stark differierend, einen deutlich geringeren hydraulischen Druck von bis zu 10 m auf, was potentiell auch eine Grundwasserbewegung von Schicht 1 in Schicht 2 ermöglicht.

Unterhalb der Verfüllung befindet sich in Schicht 2 ein hydraulisches Druck-Hochgebiet, das u. a. durch die umlaufende 41-m-Isohypse gekennzeichnet ist. Da der hydraulische Druck des Sickerwassers in der Verfüllung deutlich höher ist als derjenige in der Schicht 2, erfolgt ein flächenhafter Sickerwasseraustritt über die Basis der Verfüllung in Schicht 2. Dieses Hochgebiet ist somit Resultat einer vertikalen Zusickerung von Sickerwasser aus der Verfüllung.

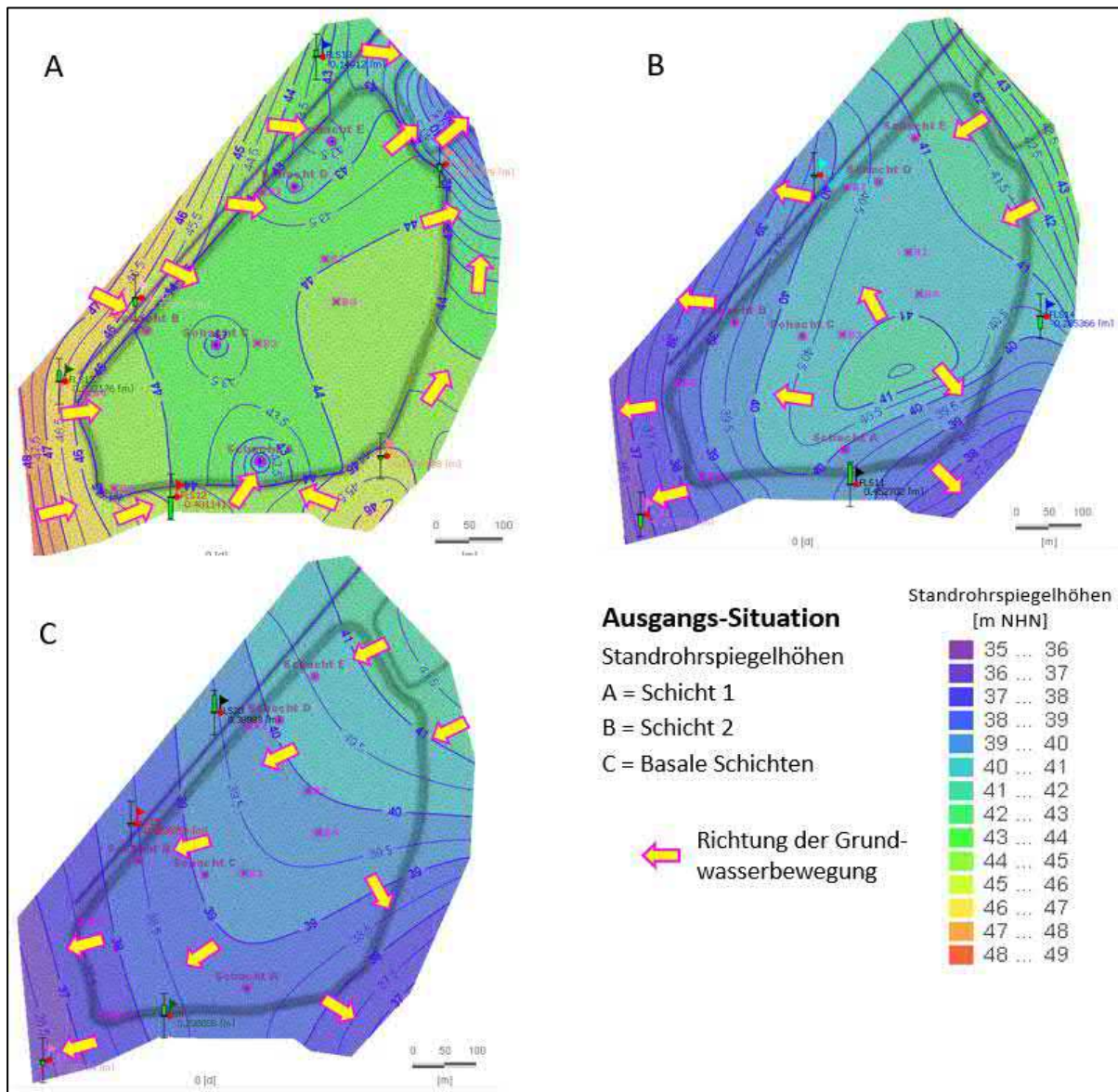


Abbildung 35 **Ausgangs-Situation:** Isohyphenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung

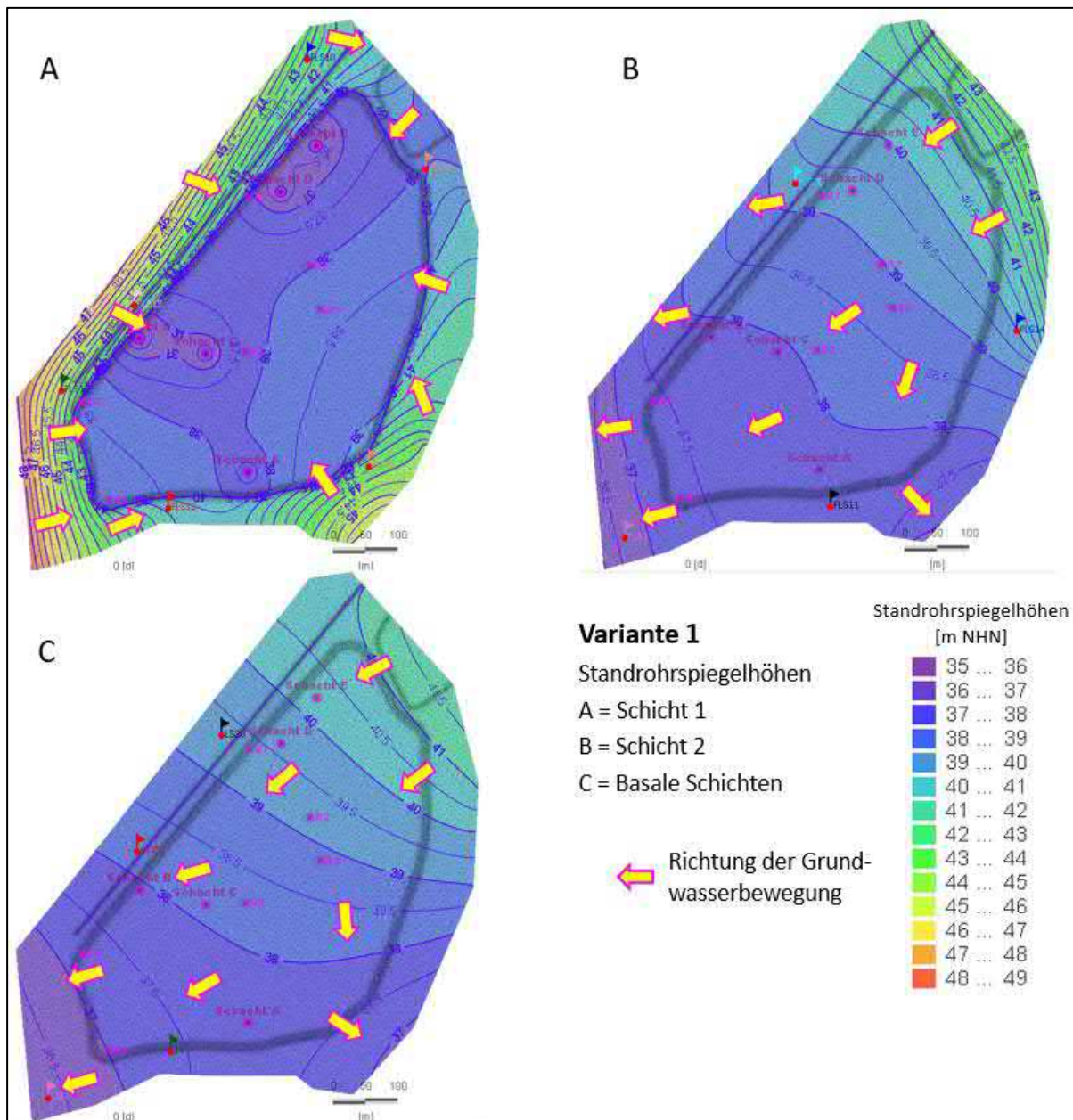
In den Basalen Schichten (C) erfolgt, ähnlich wie in Schicht 2, eine Grundwasserbewegung von Norden (ca. 41,5 m NHN Druckhöhe am Modellrand) nach Südwesten (ca. 36,6 m NHN Druckhöhe am Modellrand) bzw. nach Südosten (ca. 37 m NHN Druckhöhe am Modellrand). Unterhalb der Verfüllung ist somit eine Grundwasserscheide vorhanden, die die Bewegungsrichtungen nach Südwesten und Südosten trennt.

In vertikaler Richtung weisen die Basalen Schichten gegenüber Schicht 2, lokal stark differierend, einen geringeren hydraulischen Druck vom 0,5 bis 2 m auf, was potentiell auch eine Grundwasserbewegung von Schicht 2 in die Basalen Schichten ermöglicht.

Die starke Ausprägung der Grundwasserscheide unterhalb der Verfüllung wird u. a. durch Sickerwasser aus der Verfüllung (bzw. aus der Schicht 2) und der damit verbundenen Aufhöhung des hydraulischen Drucks unterhalb der Verfüllung verursacht.

Variante 1 (Abbildung 36)

Durch die Wirkung der Oberflächenabdichtung und die tiefere Absenkung des Wasserstandes in den Schächten nimmt die Sickerwasserdruckhöhe in der Verfüllung um ca. 6 m gegenüber der Ausgangs-Situation ab. Sie liegt jetzt bei ca. 38 m NHN, im Osten etwas höher, im Nahbereich der Schächte niedriger. Auf Grund des hydraulischen Kontakts zur Verfüllung führt dies u. a. auch in Schicht 1 (A) in der Nähe der Verfüllung zu einem Absinken der Standrohrspiegelhöhen, so dass sich das Grundwasser mit einem deutlich steileren Fließgradienten auf die Verfüllung zubewegt. Das ist besonders im Westen an den im Vergleich zur Ausgangs-Situation deutlich verdichteten Isohypsenverläufen zu erkennen.

Abbildung 36 **Variante 1**: Isohypsenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung

Mit dem steileren Gradienten ist auch ein erhöhter Grundwasseranstrom in Richtung Verfüllung verbunden. Im Norden wird eine Umkehr der Fließbewegung erzeugt, was anstatt eines Austritts von Sickerwasser zu einem Eintritt von Grundwasser in die Verfüllung führt.

Ein Austritt von Sickerwasser aus der Verfüllung über die Schicht 1 ist bei diesen Druckverhältnissen de Facto nicht mehr möglich, auch nicht im Norden.

In der Schicht 2 (B) ist die auffällige Aufhöhung des hydraulischen Drucks unterhalb der Verfüllung nicht mehr vorhanden. Dies ist ein Indiz dafür, dass über die Basis der Verfüllung nahezu kein Sickerwasseraustrag mehr stattfindet.

In den Basalen Schichten (C) hat die Ausprägung der Grundwasserscheide abgenommen, was auch hier ein Indiz für eine deutlich geringere Zusickerung aus den überlagernden Schichten ist.

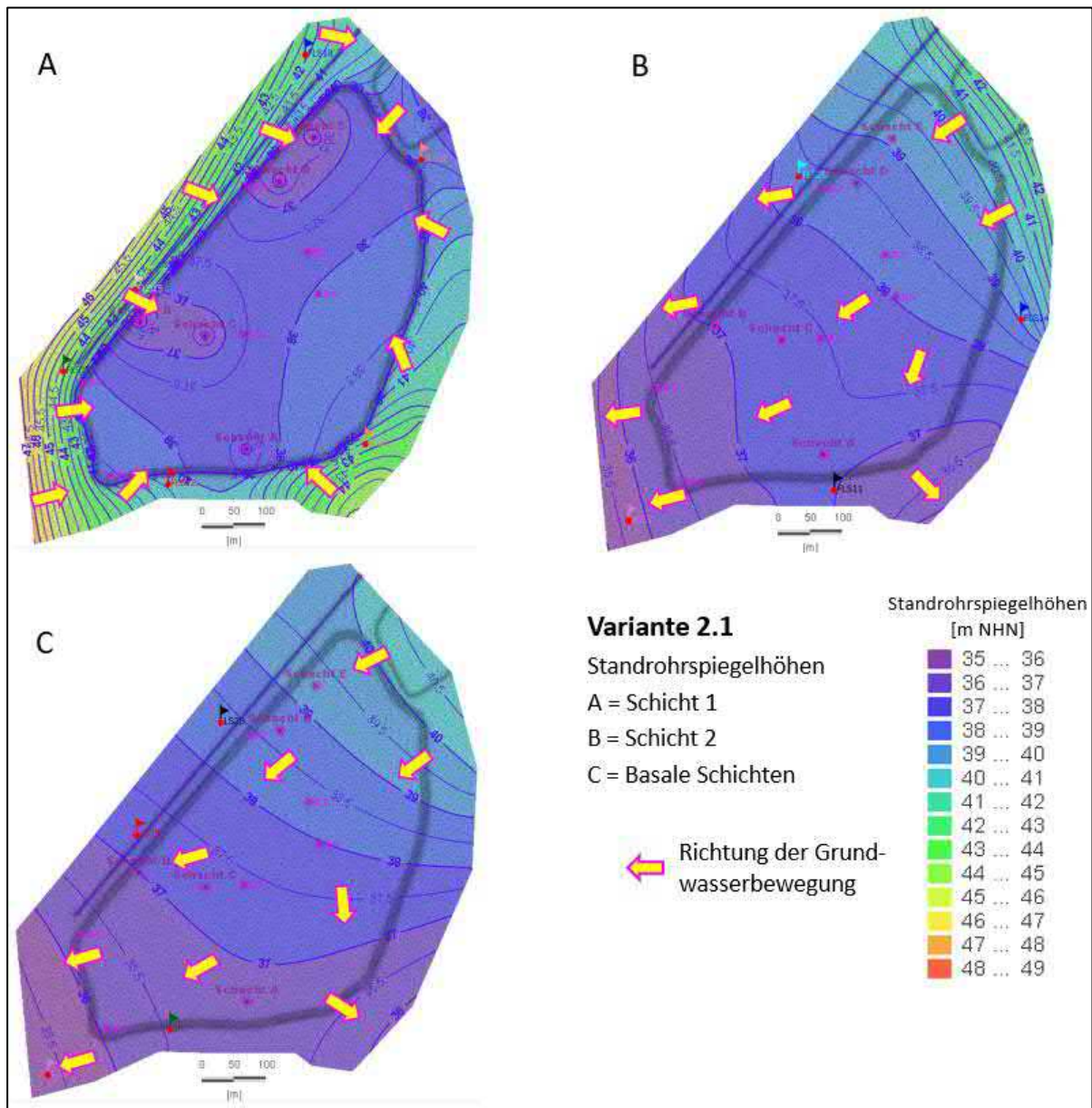
Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich Veränderungen des Sickerwasserdrucks in der Verfüllung abgemindert auch in Veränderungen des hydraulischen Drucks im Anstehenden widerspiegeln.

Variante 2.1 (Abbildung 37):

Wie bereits erwähnt, führt die maßnahmenbedingte Absenkung des Sickerwasserdrucks in der Verfüllung zu einem steileren Grundwasserdruckgradienten und zu einem erhöhten Grundwasserandrang in Schicht 1, besonders aus Richtung Westen (siehe Kap. 6.13).

Es muss bezweifelt werden, dass die Schicht 1 so viel zusätzliches Wasser produzieren (Grundwasserneubildung) bzw. transportieren kann. Sehr viel wahrscheinlicher ist, dass die Absenkungen der Sickerwasserdrucks und die damit verbundenen Absenkung der Standrohrspiegelhöhen in der Schicht 1 bis an die Grenzen des Boxmodells und ggf. auch darüber hinaus reichen. Über die definierten Randbedingungen werden die Standrohrspiegelhöhen aber „fixiert“. Um eine Grundwasserdruckabsenkung ggf. über die Ränder hinaus zu berücksichtigen, ist es daher sinnvoll und notwendig, die Randbedingungen zu modifizieren. Gegenüber der Ausgangs-Situation und der Variante 1 wurden deshalb die Standrohrspiegelhöhen auf den Rändern um einen Meter abgesenkt.

Diese Maßnahme führt zu plausibleren Grundwasserdruckgradienten im Westen, aber insgesamt zu nur sehr moderaten Veränderungen in den Grundwasserbewegungen in allen drei dargestellten Schichten.

Abbildung 37 **Variante 2.1:** Isohypsenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung**Variante 2.2 (Abbildung 38):**

Grundsätzlich haben sich in allen bisher betrachteten Varianten im Osten der Verfüllung die höchsten Sickerwasserdruckhöhen eingestellt. Grund dafür ist, dass sich die vorhandenen Sickerwasserschächte, aus denen gepumpt wird, auf der westlichen und der südlichen Seite der Verfüllung befinden. Daher wird mit Variante 2.2 der Effekt untersucht, den eine zusätzliche Sickerwasserförderung am Standort der Sickerwassermessstelle haben könnte.

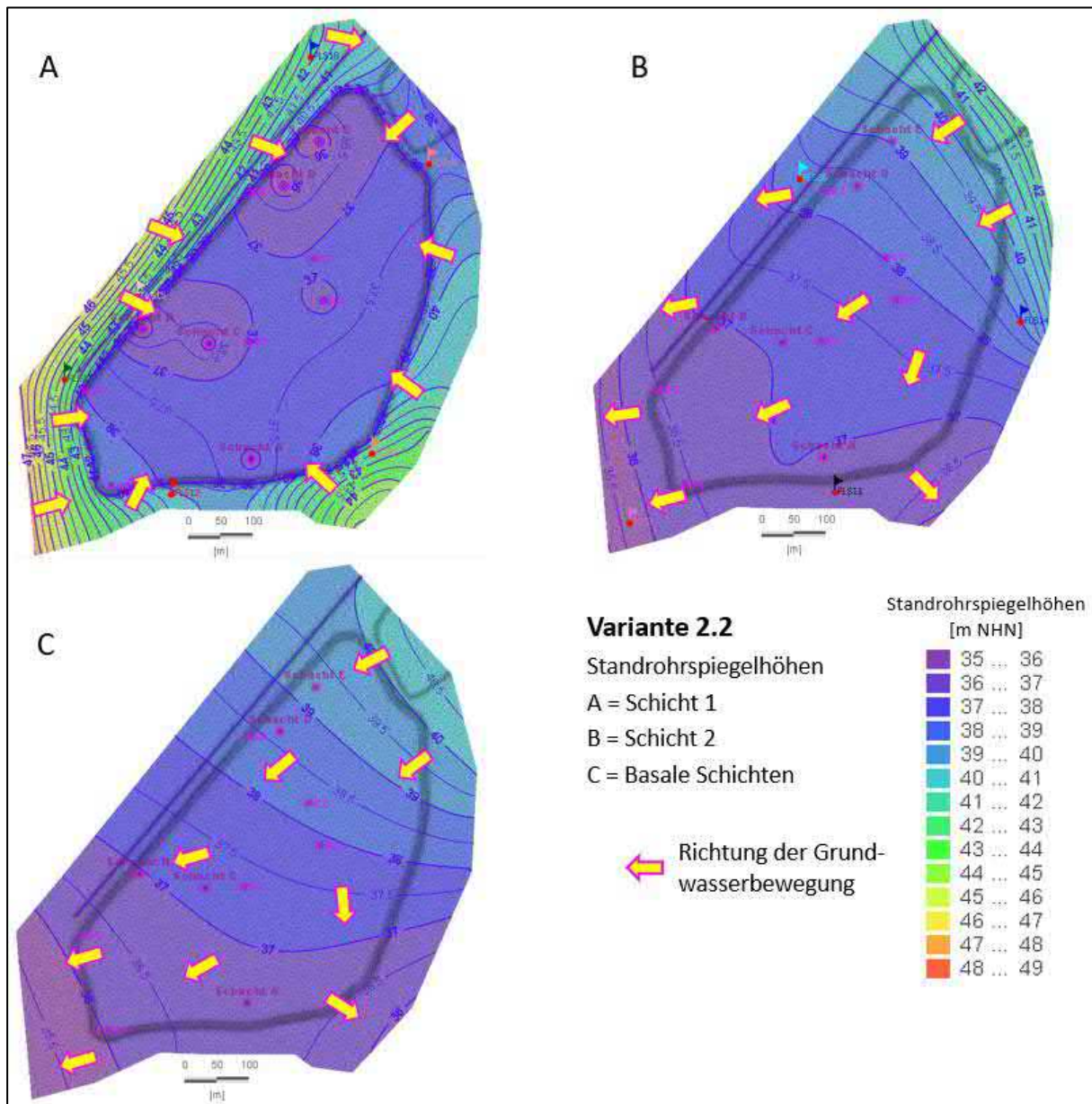


Abbildung 38 Variante 2.2: Isohypsenpläne und Richtungen der Grundwasserbewegung

Der Sickerwasserdruck wird dadurch insgesamt gegenüber der Variante 2.1 reduziert, der größte Effekt zeigt sich aber auf der östlichen Seite der Verfüllung mit einer Absenkung von einem halben bis einem Meter. Die Differenz zwischen den Druckhöhen in der Verfüllung und im Grundwasser nimmt dadurch auf der östlichen Seite zu, was hier zu einer erhöhten Sicherheit gegenüber Sickerwasseraustritten führt.

Auf die Grundwasserdruck- und -bewegungsverhältnisse in Schicht 2 und in den Basalen Schichten hat diese Maßnahme einen nur geringen Einfluss.

Hydraulische Druckdifferenzen (Abbildung 39)

Zur Darstellung, welchen Effekt die Maßnahmen Oberflächenabdichtung und Absenkung der Wasserstände in den Schächten haben, werden die resultierenden Differenzen der hydraulischen Drücke zwischen der Ausgangs-Situation und der Variante 2.2 beispielhaft dargestellt.

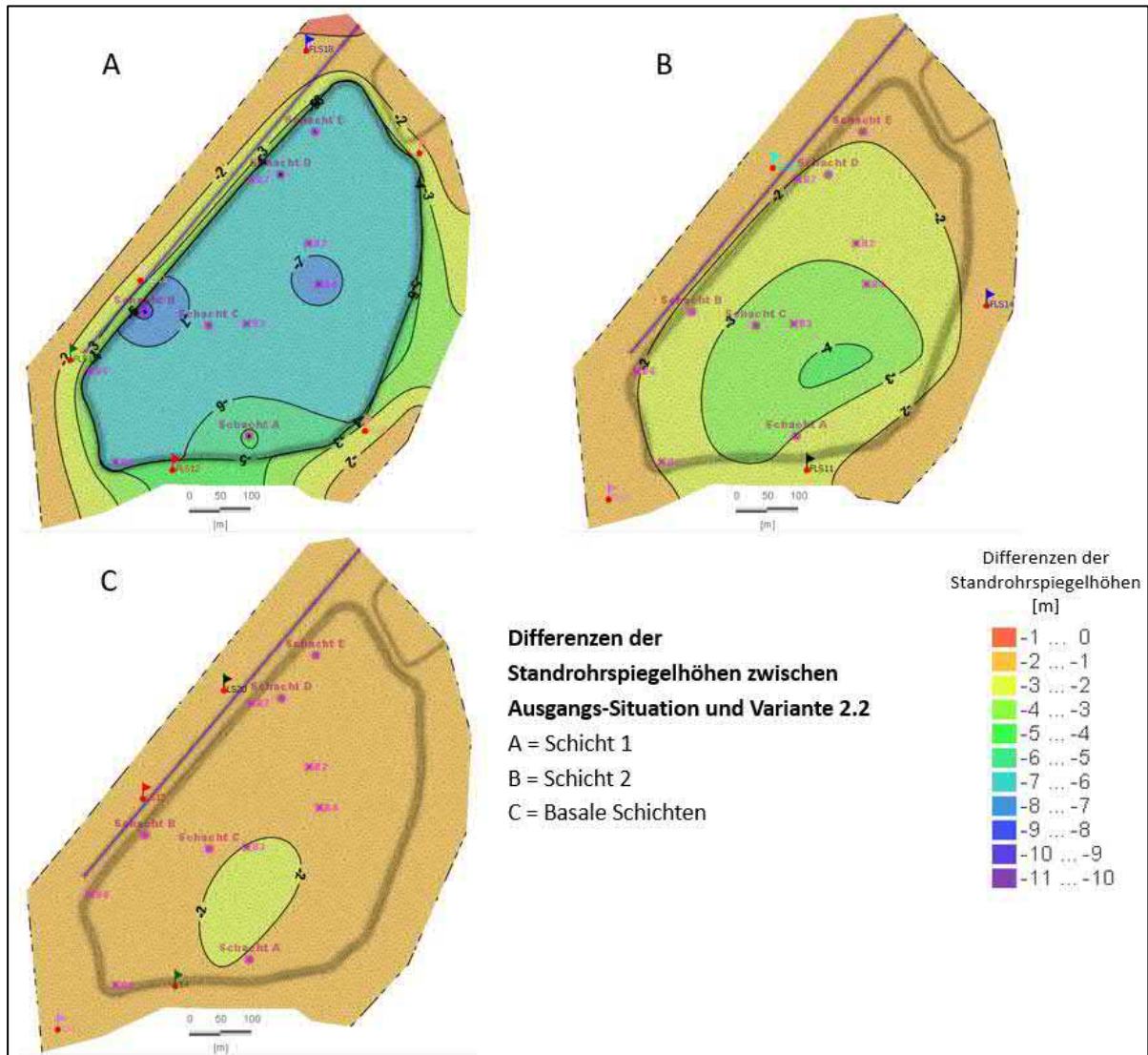


Abbildung 39 Differenzen der Standrohrspiegelhöhen zwischen „Ausgangs-Situation“ und Variante 2.2

Innerhalb der Verfüllung kommt es zu einer Minderung des Sickerwasserdrucks (-standes) in der Größenordnung von sechs Metern, lokal sogar sieben Meter. Über den lateralen Kontakt hat dies eine Absenkung des hydraulischen Drucks in Schicht 1 (A) je nach Abstand von der Verfüllung in der Größenordnung von einem bis vier Metern zur Folge, da der „Gegendruck“ des Sickerwassers fehlt.

Der Sickerwasseraustritt über die Basis der Verfüllung wird minimiert. Dadurch nimmt der vertikale Sickerwasserzutritt in Schicht 2 (B) deutlich ab, was zu einem Absinken des hydraulischen Drucks von einem Meter, im Zentrum unterhalb der Verfüllung von bis zu vier Metern, führt.

Auf die Druckverhältnisse in den Basalen Schichten (C) haben die Maßnahmen einen geringeren Einfluss, der im Süden unterhalb der Verfüllung noch bis zu zwei Meter beträgt.

Die simulierten Maßnahmen haben also nicht nur einen Einfluss auf die Sickerwasserdruckverhältnisse, sondern auch auf die hydraulischen Druckverhältnisse im Anstehenden. Hinsichtlich der Überwachung der Maßnahmen hat das einen entscheidenden Vorteil: Die Veränderungen erfolgen in einer Größenordnung, die über das vorhandene Messsystem messbar und damit kontrollierbar sein wird.

6.12 Veränderungen der vertikalen Grundwasserbewegungen zwischen der Ausgangs-Situation und der Variante 2.2

Im Folgenden werden die vertikalen Grundwasserbewegungen in einem Süd-Nord-Profil (vgl. auch Abbildung 33) dargestellt und zwar für die Ausgangs-Situation sowie für die Variante 2.2 (Abbildung 40 bis Abbildung 42). Der Profillinienverlauf ist jeweils eingetragen.

In den Profilschnitten werden die hydraulischen Druckhöhen (Standrohrspiegelhöhen) durch die gelben Isohypsen [m NHN] und die Richtung der Grundwasserbewegung durch die weißen Pfeile angegeben. Die Isohypsen entsprechen den horizontalen Darstellungen der Standrohrspiegelhöhen in Abbildung 35 und Abbildung 38. Die weiße 100%-Sättigungslinie gibt die Höhe der Grund- bzw. Sickerwasseroberfläche an. Die Sickerwasseroberfläche liegt in diesem Profil in einer Höhe von ca. 42 – 44 m NHN.

Wichtig: Bei den Darstellungen der aus den hydraulischen Druckverhältnissen resultierenden Grund- und Sickerwasserbewegungen handelt es sich um Richtungsangaben. Sich bewegendes Grund- und Sickerwassermengen lassen sich hieraus nicht ablesen. Hierzu folgen Angaben in Kapitel 6.13.

Ausgangs-Situation (Abbildung 40 und Abbildung 41)

In Abbildung 40 bzw. auch in der Detaildarstellung in Abbildung 41 erfolgt innerhalb der Verfüllung einerseits eine horizontale Sickerwasserbewegung auf den Schacht C, an dem Sickerwasser abgepumpt wird, beidseitig zu, andererseits ist eine Bewegung nach Norden zu erkennen. In der Schicht 1 bewegt sich das Grundwasser von Süden auf die Verfüllung zu und dringt in die Verfüllung ein. Im Norden besteht das Potential, dass das Sickerwasser aus der Verfüllung austritt und überwiegend über die Schicht 1 abfließt.

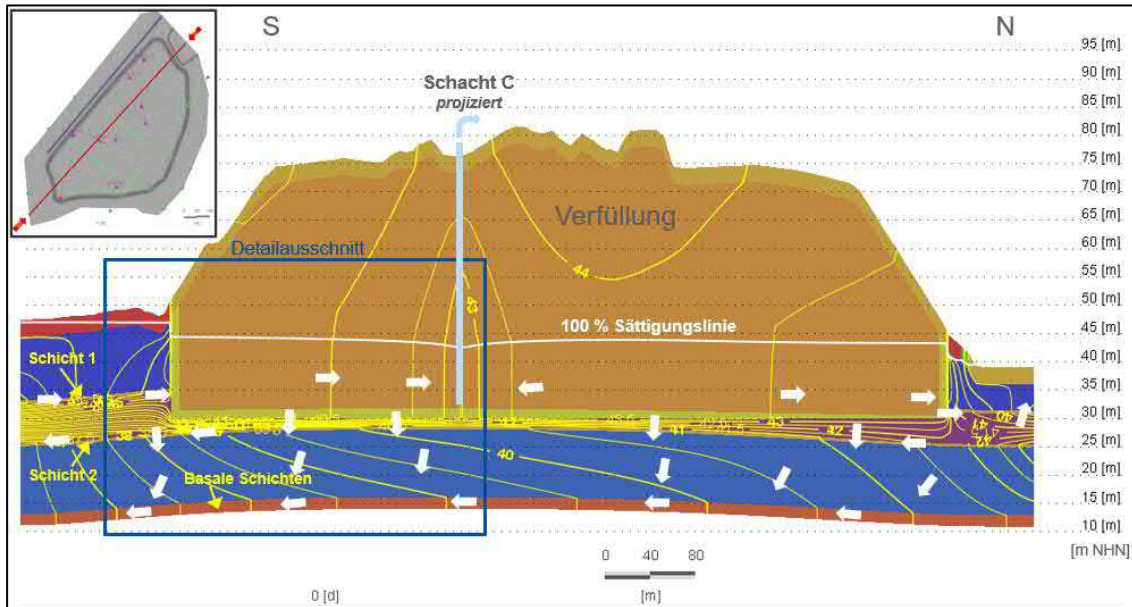


Abbildung 40 Süd-Nord-Schnitt durch das Boxmodell mit vertikaler Grundwasserbewegung in der Ausgangs-Situation

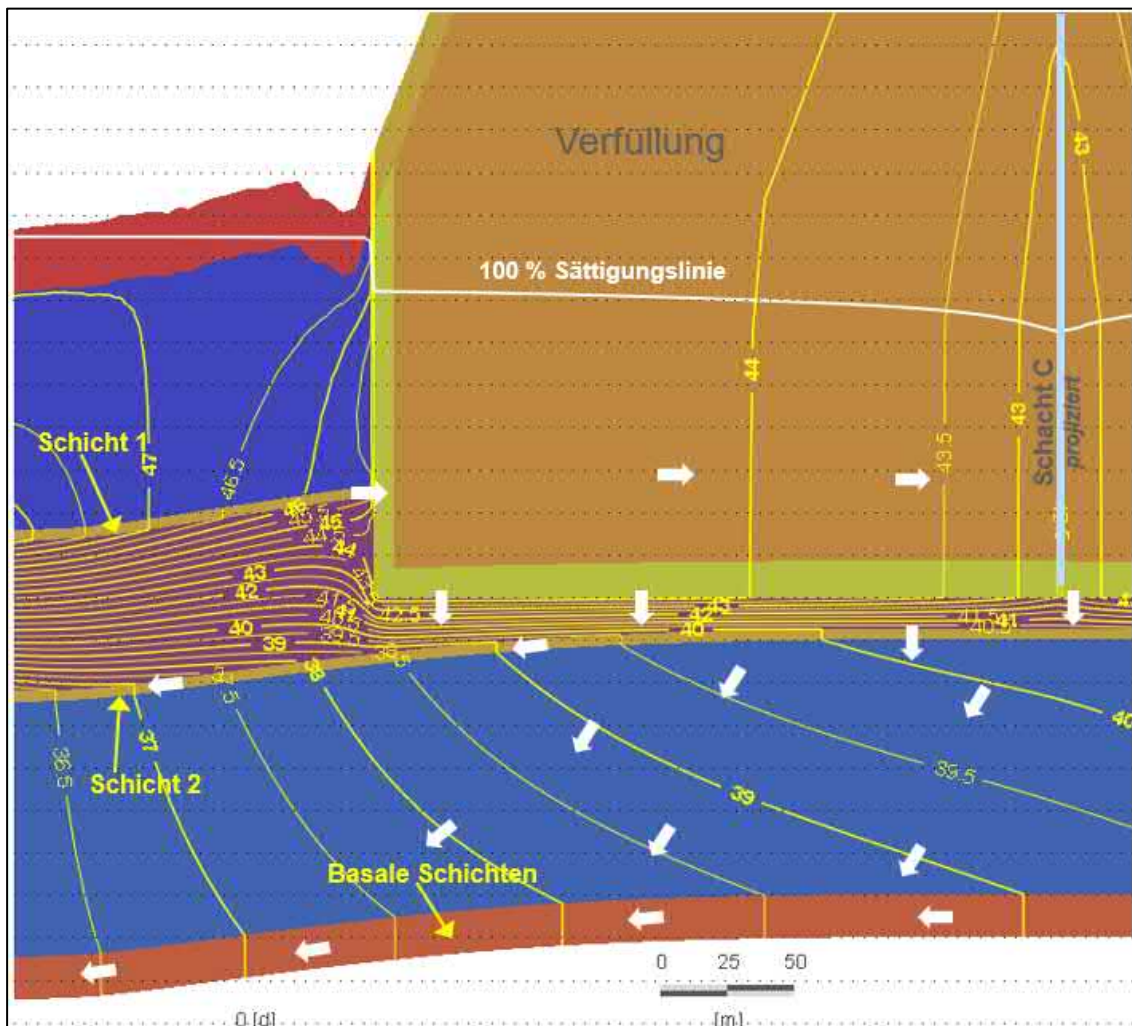


Abbildung 41 Detaildarstellung aus Abbildung 40

Zwischen den Schichten 1 und 2 besteht besonders im Süden ein hoher Druckgradient nach unten. Das ist sehr deutlich an dem engen Verlauf der Isohypsen vor allem in Abbildung 41 abzulesen. In der Schicht 2 erfolgt eine Grundwasserbewegung von Norden nach Süden, entgegen der Bewegungsrichtung in Schicht 1 (siehe oben).

Zwischen der Basis und der Verfüllung und der Schicht 2 besteht ebenfalls ein hoher nach unten gerichteter Druckgradient (enger Verlauf der Isohypsen).

Durch diese Druckverhältnisse erfolgt von der Basis der Verfüllung im gesamten Profilverlauf eine Sickerwasserbewegung nach unten in Richtung Schicht 2 bzw. Basale Schichten, d. h., über die Basis tritt potentiell Sickerwasser aus der Verfüllung aus.

Ein allerdings geringer Teil des Sickerwassers wird von der Schicht 2 aufgenommen und bewegt sich mit dem Grundwasser in Richtung Süden.

Von der Schicht 2 aus setzt sich der nach unten gerichtete Druckgradient bis zu den Basalen Schichten fort. Damit ist eine Grund- und unterhalb der Verfüllung auch Sickerwasserbewegung in Richtung Basale Schichten möglich. Dieses Wasser wird in den Basalen Schichten aufgenommen und fließt mit dem Grundwasser nach Süden ab.

Zusammenfassend lässt sich zur Sickerwasserbewegung in der simulierten Ausgangs-Situation feststellen:

- Über die Schicht 1 tritt Grundwasser in die Verfüllung ein und reichert gemeinsam mit der Neubildung über die Oberfläche der Verfüllung das Sickerwasser an.
- Ein Teil des Sickerwassers wird über die Schächte (hier Schacht C) abgepumpt.
- Im Norden besteht die Möglichkeit eines Sickerwasseraustritts über die Schicht 1.
- An der Basis tritt Sickerwasser in das Anstehende aus, wird zum einen von der Schicht 2 aufgenommen, zum anderen bewegt es sich weiter in Richtung Basale Schichten und wird von diesen aufgenommen.

Variante 2.2 (Abbildung 42)

Gegenüber der Ausgangs-Situation hat sich das vertikale Strömungsbild grundlegend geändert.

- Die Sickerwasseroberfläche liegt, bedingt durch die geringere Neubildung über die Oberfläche und die tiefere Absenkung der Wasserstände, in den Schächten ca. 6 – 7 m niedriger und damit in einer Höhe von nur noch ca. 35 – 37 m NHN.
- Innerhalb der Verfüllung bewegt sich das Sickerwasser auf die Schächte (hier Schacht C), aus denen gepumpt wird, zu.
- Aus der Schicht 1 bewegt sich das Grundwasser von allen Seiten in Richtung Verfüllung, ein Sickerwasseraustritt aus der Verfüllung in die Schicht 1 ist nicht mehr möglich.
- Die Druckgradienten und damit Bewegungsrichtungen haben sich unterhalb der Verfüllung in weiten Bereichen umgekehrt, d. h. potentiell kann aus dem Anstehenden eine

Grundwasserbewegung in die Verfüllung erfolgen. Damit ist in diesem Bereich eine Sickerwasserbewegung aus der Verfüllung heraus nicht mehr möglich.

- Lediglich im Süden der Verfüllung ist weiterhin eine Sickerwasserbewegung aus der Verfüllung in Richtung Schicht 2 und Basale Schichten möglich, allerdings mit deutlich geringerem Druckgradienten.
- Unterhalb der Verfüllung besteht kaum noch ein Druckgradient zwischen Schicht 2 und Basalen Schichten.

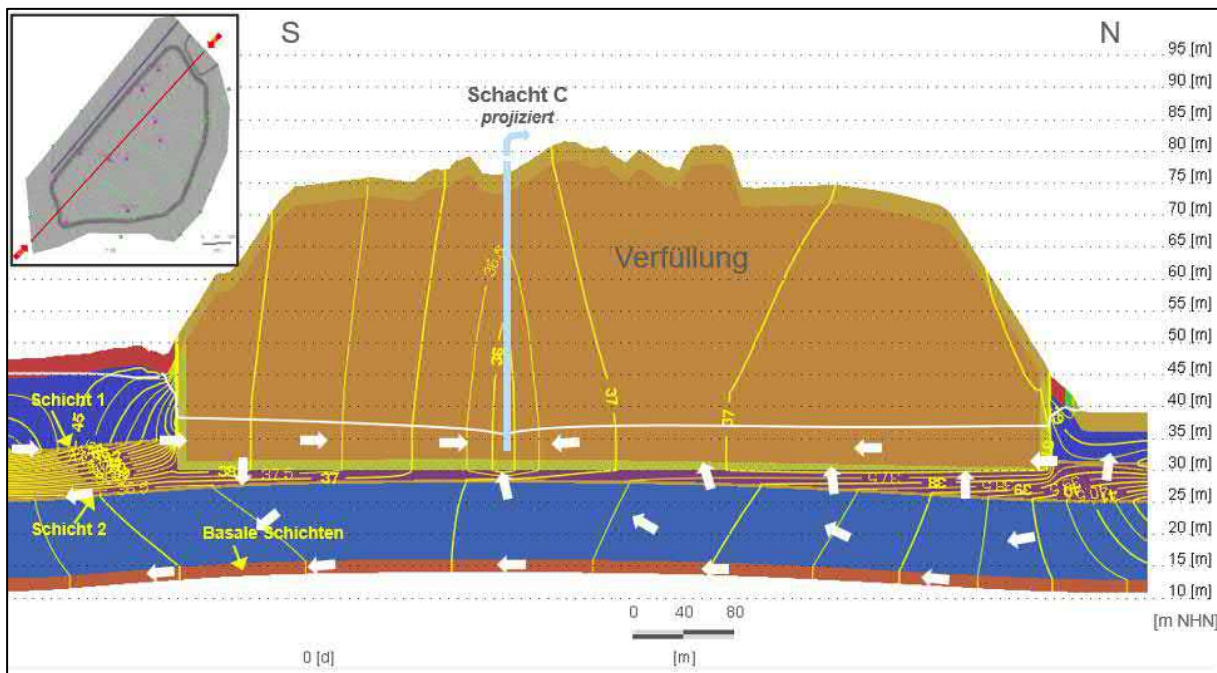


Abbildung 42 Süd-Nord-Schnitt durch das Boxmodell mit vertikaler Grundwasserbewegung der Variante 2.2

Die Gegenüberstellung der vertikalen Druckgradienten der Ausgangs-Situation und der Variante 2.2 zeigt, dass sich Änderungen der Sickerwasserhöhe in der Verfüllung auch in den Druckhöhen im Anstehenden deutlich bemerkbar machen und dadurch bei der Umsetzung von Maßnahmen messbar sein werden.

6.13 Bilanzen der Grundwasserbewegung

In diesem Kapitel werden die Grund-/Sickerwasserbilanzen der durchgeführten Berechnungen aufgelistet und diskutiert.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die in der Tabelle 7 angegebenen „konkreten“ Werte Ergebnisse der modellbasierten Berechnungen sind. Angesichts der dem Boxmodell zugrundeliegenden Vereinfachungen sind die Bilanzergebnisse als **Größenordnungen** zu verstehen. Von wesentlichem Interesse sind vor allem die Relationen zwischen den Ergebnissen der berechneten Varianten.

Bilanzglied	Einheit	"Ausgangs-Situation" März 2022	Variante 1 Langzeitwirkung der Oberflächenabdichtung und Absenkung der Wasserstände in den Sickerwasserschächten	Variante 2.1 wie Variante 1, jedoch zusätzlich Anpassung der Zu- und Abflussrandbedingungen	Variante 2.2 wie Variante 2.1 jedoch zusätzlich Sickerwasserförderung aus Messstelle B4
Neubildung Verfüllung	[m ³ /a]	8 219	3 116	3 116	3 116
Neubildung Verfüllung	[mm/a]	40	15	15	15
Sickerwasserentnahmen aus der Verfüllung (Modell) **	[m ³ /a]	-7 093	-5 270	-4 893	-5 094
Laterale Zuflüsse in die Verfüllung (Schicht 1)	[m ³ /a]	614	1 984	1 806	1 882
Laterale Abflüsse aus der Verfüllung (Schicht 1)	[m ³ /a]	- 313	- 1	- 2	- 1
Zutritt über die Basis in die Verfüllung	[m ³ /a]	0	228	130	191
Austritt über die Basis der Verfüllung	[m ³ /a]	-1 488	- 82	- 190	- 125
Gesamtzutritt in die Verfüllung (ohne Neubildung)	[m ³ /a]	614	2 212	1 936	2 073
Gesamtaustritt aus der Verfüllung (ohne Sickerwasserentnahmen)	[m ³ /a]	-1 801	- 83	- 192	- 127
Lateraler Abfluss aus der Verfüllung innerhalb Schicht 2 (unter der Basis der Verfüllung)	[m ³ /a]	- 239	0	- 39	0
Versickerung über die Basis der Schicht 2 in Richtung Basale Schichten (unter der Basis der Verfüllung)	[m ³ /a]	-1 249	- 91	- 151	- 128

Tabelle 7 Bilanzen der Grundwasserbewegung

positive Werte: Wasser sickert in das betrachtete System

negative Wert: Wasser verlässt das betrachtete System

** Anmerkung: hier handelt es sich um eine modellberechnete Mengenangabe unter Gleichgewichtsbedingungen (Modellvoraussetzung konstante Zu und Abflüsse sowie Wasserstände). Die reale derzeitige Entnahmemenge liegen höher, da einerseits noch Wasser aus der Zeit ohne Oberflächenwasserabsenkung abgepumpt wird und andererseits die Entnahme bereits tendenziell zu sinkenden (Ruhe-)Sickerwasserspiegeln führen. Dieser Effekt kann mit dem Modell nicht nachgebildet werden.

Im Einzelnen lassen sich die in Tabelle 7 aufgeführten Bilanzglieder folgendermaßen bewerten:

- Neubildung: Die Neubildung in der Verfüllung wurde von 40 mm/a in der Ausgangssituation (entsprechend ca. 8 200 m³/a) auf 15 mm/a (entsprechend ca. 3 100 m³/a) reduziert (Berücksichtigung der Oberflächenabdichtung). Dementsprechend ändern sich die Neubildungsmengen im Gesamtmodell, wobei die Neubildungsmengen außerhalb der Verfüllung bei allen Berechnungen unverändert bleiben.
- Randab- bzw. -zuflüsse Boxmodell: Hier werden die Grundwasseraustauschmengen über den Rand des Boxmodells summiert. Entsprechend des niedrigeren Sickerwasserstands in den Varianten gegenüber dem Ausgangssickerwasserstand ist eine Zunahme der Randzuflüsse und eine Abnahme der Randabflüsse zu verzeichnen.
- Abflüsse der Gewässer Boxmodell: Hier geht der grundwasserbürtige Abfluss des parallel zur Tongrube Eichenallee verlaufenden Grabens ein. Bedingt durch den niedrigeren Sickerwasserstand in den Varianten gegenüber der Ausgangssituation nehmen auch die Standrohrspiegelhöhen im Anstehenden ab. Dementsprechend nimmt auch der grundwasserbürtige Abfluss in den Variantenberechnungen ab.
- Pumprate Schächte Verfüllung: Die Pumprate, die zur Erzeugung eines hydraulischen Gleichgewichts (konstante Grund- und Sickerwasserhöhe) notwendig ist, nimmt in den

Variantenberechnungen gegenüber der Ausgangs-Situation ab, obwohl der über die Förderung zu erzielende Wasserstand in den Schächten z. T. deutlich abgesenkt wurde. Der wesentliche Grund hierfür ist die durch die Oberflächenabdichtung reduzierte Neubildung in der Verfüllung.

- Versickerung / Einsickerung über die Basis der Verfüllung: Aus den Darstellungen der vertikalen Druckgradienten (Abbildung 40) ist deutlich geworden, dass ein Sickerwasseraustrag aus der Verfüllung stattfindet. Durch die Oberflächenabdichtung und die Maßnahmen in den Pumpschächten lässt sich die Versickerung über die Basis um ca. 90 % reduzieren. Im Gegenzug hierzu ist eine Einsickerung aus dem Grundwasser über die Basis möglich, die in der Ausgangs-Situation nicht stattfindet.
- Zu- und Abflüsse über die Schicht 1 am Rand der Verfüllung: Mit niedrigerem Sickerwasserstand in den Variantenberechnungen verdreifachen sich die Zuflüsse aus der Schicht 1 in die Verfüllung. Im Gegenzug wird ein Austrag von Sickerwasser, der in der Ausgangs-Situation am Nordrand der Verfüllung möglich war, unterbunden und findet nicht mehr statt.
- Gesamtversickerung aus der Verfüllung: Hierfür werden die lateralen (Schicht 1) und vertikalen (Basis) Abflüsse aus der Verfüllung addiert. Es zeigt sich, dass sich der Sickerwasseraustrag durch die simulierten Maßnahmen um über 90% (Variante 2.2) reduzieren lässt.
- Lateraler Abfluss aus der Verfüllung innerhalb der Schicht 2 und Versickerung über die Basis der Schicht 2 in Richtung Basale Schichten: Diese beiden Bilanzglieder wurden eingeführt, um zu untersuchen, wie sich das über die Basis austretende Sickerwasser im Untergrund weiter verteilt. Die Bilanzen zeigen, dass das Sickerwasser nur zu einem geringen Teil lateral über die Schicht 2 abfließt, sondern hauptsächlich in die Basalen Schichten sickert.

6.14 Potentielles Herkunftsgebiet des Wassers in den FLS Messstellen

Mit dem Boxmodell wurde auf Basis der Ausgangs-Situation untersucht, woher das Wasser potentiell stammen kann (Herkunftsgebiet), das in den FLS Messstellen zur hydrochemischen Analyse entnommen wird. Diese Untersuchung führt somit zu einer Zusatzinformation für die Bewertung der Analysenergebnisse. Hinsichtlich der Überwachung der Verfüllung ist interessant, ob das Herkunftsgebiet innerhalb der Verfüllung liegt, das Wasser also aus der Verfüllung stammt.

Für die Ermittlung der Herkunftsgebiete wurden im Boxmodell in Höhe der Filterstrecken der Messstellen konservative (ohne Dispersion, Adsorption, Abbau etc.) Tracer gestartet und gegen die Grundwasserbewegungsrichtung bis zum Erreichen der Grund-/Sickerwasseroberfläche bzw. dem Modellrand verfolgt. Der dreidimensional zurückgelegte Weg und die Fließzeiten, zurückgerechnet von der Messstelle aus, werden als farblich abgestufte und an die Oberfläche projizierte Spur dargestellt.

In Abbildung 43 werden die Herkunftsgebiete für die Messstellen in der **Schicht 1** dargestellt. Wie aufgrund der Messwerte und der Isohypsenpläne zu erwarten ist, liegen die Herkunftsgebiete der Messstellen FLS12, FLS13 und FLS18 eindeutig außerhalb der Verfüllung, da hier

eine Grundwasserbewegung auf die Verfüllung zu erfolgt. Das Herkunftsgebiet der Messstelle FLS8 befindet sich in etwa parallel zum Verfüllungsrand. Das Herkunftsgebiet der Messstelle FLS16 liegt am Rand, aber innerhalb der Verfüllung. Es ist hydraulisch möglich, dass das Wasser dieser Messstelle durch Sickerwasser beeinflusst ist. Zum Teil betragen die berechneten Fließzeiten vom Endpunkt der Spuren bis zum Erreichen der Messstellen dabei aber einige Jahrzehnte.

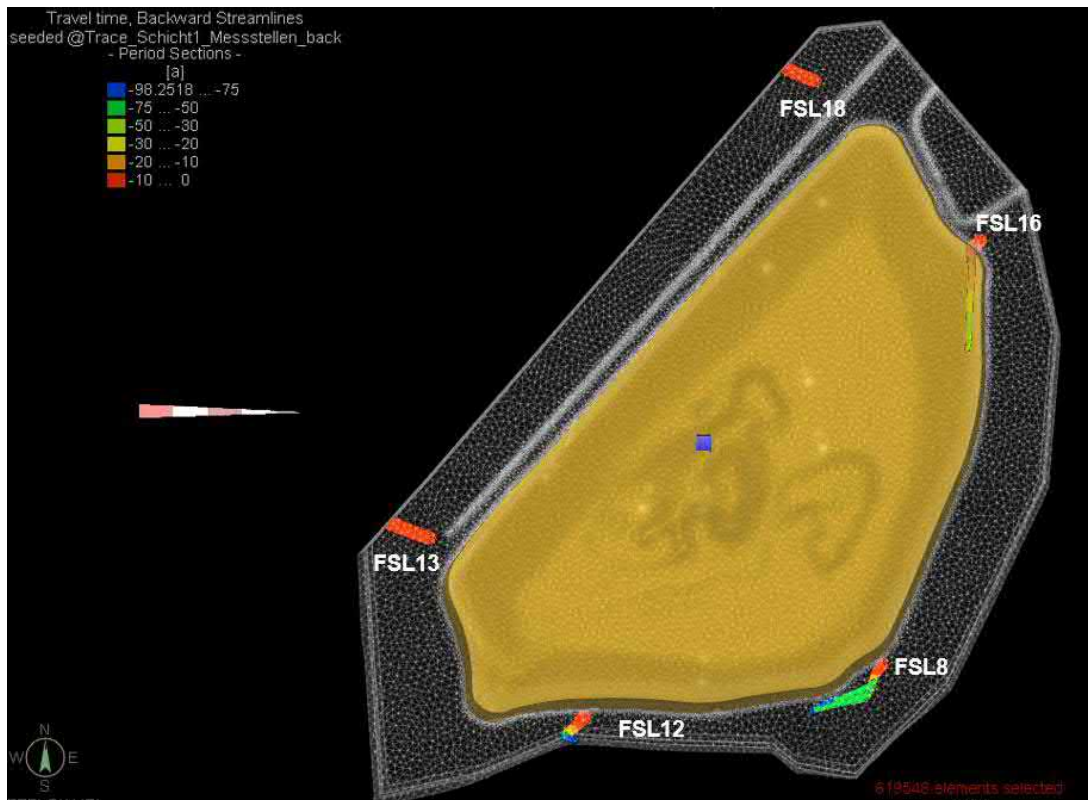


Abbildung 43 Herkunftsgebiete der FLS-Messstellen, Schicht 1

In der **Schicht 2** liegen die Herkunftsgebiete der Messstellen FLS3, FLS11 und FLS14 am Rand der Verfüllung (Abbildung 44). Lediglich das Herkunftsgebiet der Messstelle FLS20 liegt eindeutig im Bereich der Verfüllung. Ist nach diesen hydraulischen Berechnungen in den drei erstgenannten Messstellen eine Beeinflussung durch Sickerwasser aus der Verfüllung unwahrscheinlich, so ist in der Messstelle FLS 20 mit einer Sickerwasserbeeinflussung zu rechnen. Allerdings betragen die Fließzeiten vom Endpunkt der Spuren bis zum Erreichen der Messstelle z. T. viele Jahrzehnte.



Abbildung 44 Herkunftsgebiete der FLS-Messstellen, Schicht 2

6.15 Fließwege und -zeiten des Sickerwassers aus der Verfüllung

Im Folgenden soll dargestellt werden, welchen Weg das Verfüllungs-Sickerwasser bis zu einem Endpunkt (abgepumpter Schacht, Modellrand) nimmt und welche Fließzeiten für die Durchsickerung der Verfüllung bzw. des Anstehenden benötigt werden.

Dafür werden konservative (ohne Dispersion, Adsorption, Abbau etc.) Tracer an unterschiedlichen Punkten innerhalb der Verfüllung einerseits an der jeweiligen Oberfläche des Sickerwassers und andererseits an der Basis der Verfüllung gestartet und mit der Grundwasserbewegungsrichtung bis zum Erreichen eines Schachts bzw. dem Modellrand verfolgt. Der dreidimensional zurückgelegte Weg und die Fließzeiten, zurückgerechnet von der Messstelle aus, werden als farblich abgestufte und an die Oberfläche projizierte Spur sowie als dreidimensionaler Einblick in den Modellkörper dargestellt. Die vom Startpunkt ausgehenden benötigten Fließzeiten sind anhand der Farbgebung der Tracer-Spur unter Verwendung der eingeblendeten Legende an jeder Stelle ablesbar. Die Tracer-Berechnungen wurden für die Ausgangs-Situation und die Variante 2.2 durchgeführt.

Ausgangs-Situation, Oberfläche des Sickerwassers

Die Abbildung 45 zeigen die Tracer-Spuren (Startpunkte = gelbe Punkte), die von der Oberfläche des Sickerwassers gestartet wurden, als Aufsicht von oben. Die Abbildung 46 zeigt die gleichen Tracer-Spuren mit einem Blick von Süden in den Modellkörper.

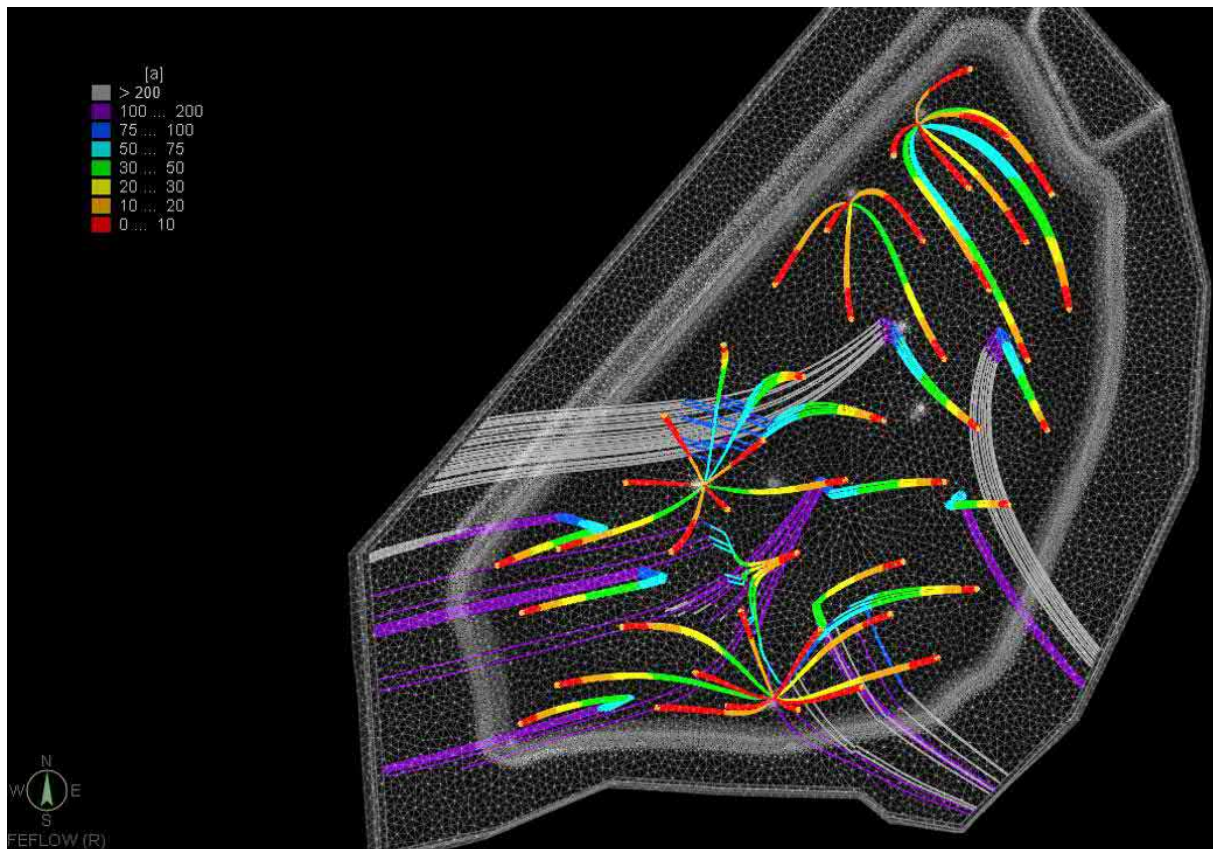


Abbildung 45 Tracer-Bewegung von der Sickerwasseroberfläche ausgehend - Ausgangs-Situation, Blick von oben

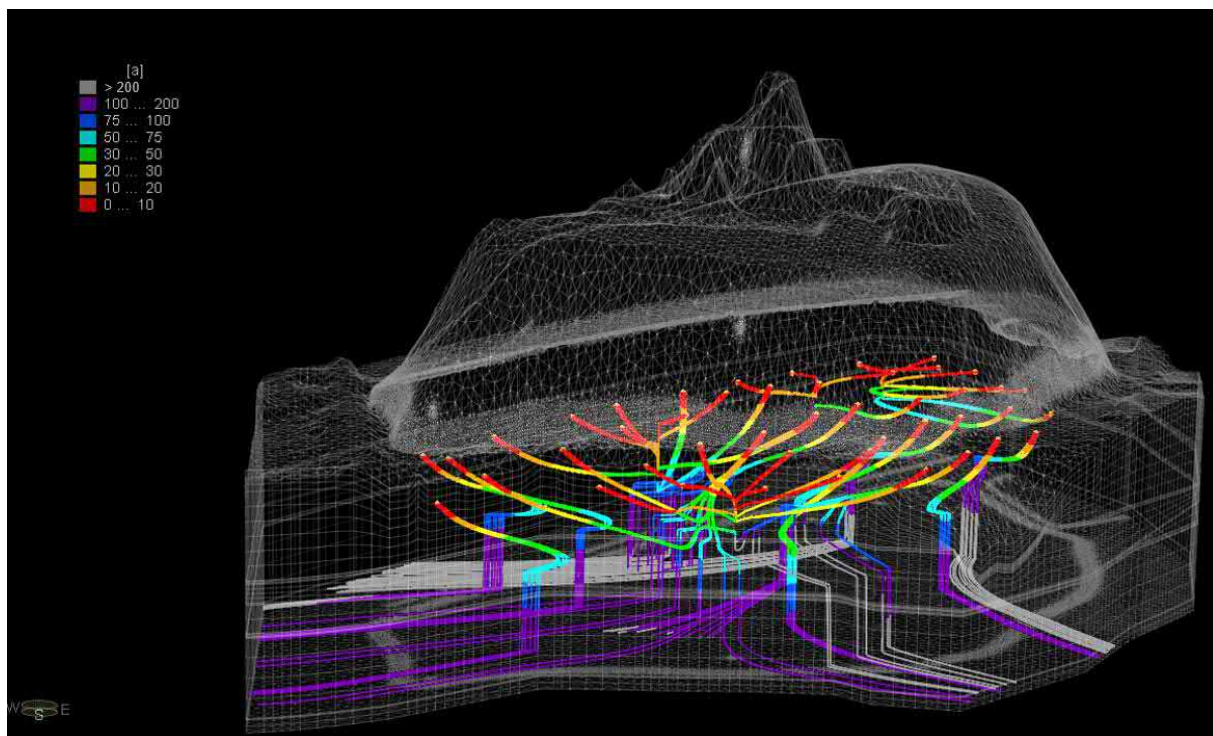


Abbildung 46 Tracer-Bewegung von der Sickerwasseroberfläche ausgehend - Ausgangs-Situation, 3D-Darstellung, Blick von Süden

Viele der von unterschiedlichen Stellen gestarteten Spuren vereinigen sich in Punkten, an denen aus den Schächten gepumpt wird. Andere Tracer-Spuren verlassen das Gebiet der Verfüllung und erreichen die Ränder des Boxmodells. Die Sicht in den Modellkörper zeigt, dass diejenigen Spuren, die nicht in den Schächten enden, im Anstehenden bis in die Basalen Schichten sickern und über diese das Modellgebiet verlassen.

Können für die Fließzeiten bis zum Erreichen der Schächte je nach Startpunkt Jahre bis Jahrzehnte vergehen, betragen die Sickerzeiten bis zum Erreichen der Basalen Schichten hundert Jahre und mehr.

Ausgangs-Situation, Basis der Verfüllung

Werden die Tracer an der Basis der Verfüllung gestartet, verlassen sie alle, unabhängig vom Startpunkt, den Bereich der Verfüllung (Abbildung 47). Das bedeutet, dass das Sickerwasser, was sich an der Basis der Verfüllung befindet, diese auch verlässt.

Aus Abbildung 48 wird ersichtlich, auf welchem Wege dies geschieht. Von der Basis der Verfüllung sickern die Tracer zunächst nach unten bis in die Schicht 2. Nach einer unterschiedlich langen, lateralen Fließstrecke in der Schicht 2 durchsickern die Tracer die liegende Schluff-Ton-Schicht, erreichen die Basalen Schichten und verlassen über diese das Modellgebiet. Lediglich von einem am westlichen Rand befindlichen Startpunkt verlassen die Tracer das Modellgebiet über die Schicht 2.

Die Sickerzeiten betragen von der Basis der Verfüllung bis zum Erreichen der Schicht 2 mehrere Jahre bis Jahrzehnte, bis zum Erreichen der Basalen Schichten vergehen überwiegend hundert Jahre und mehr.

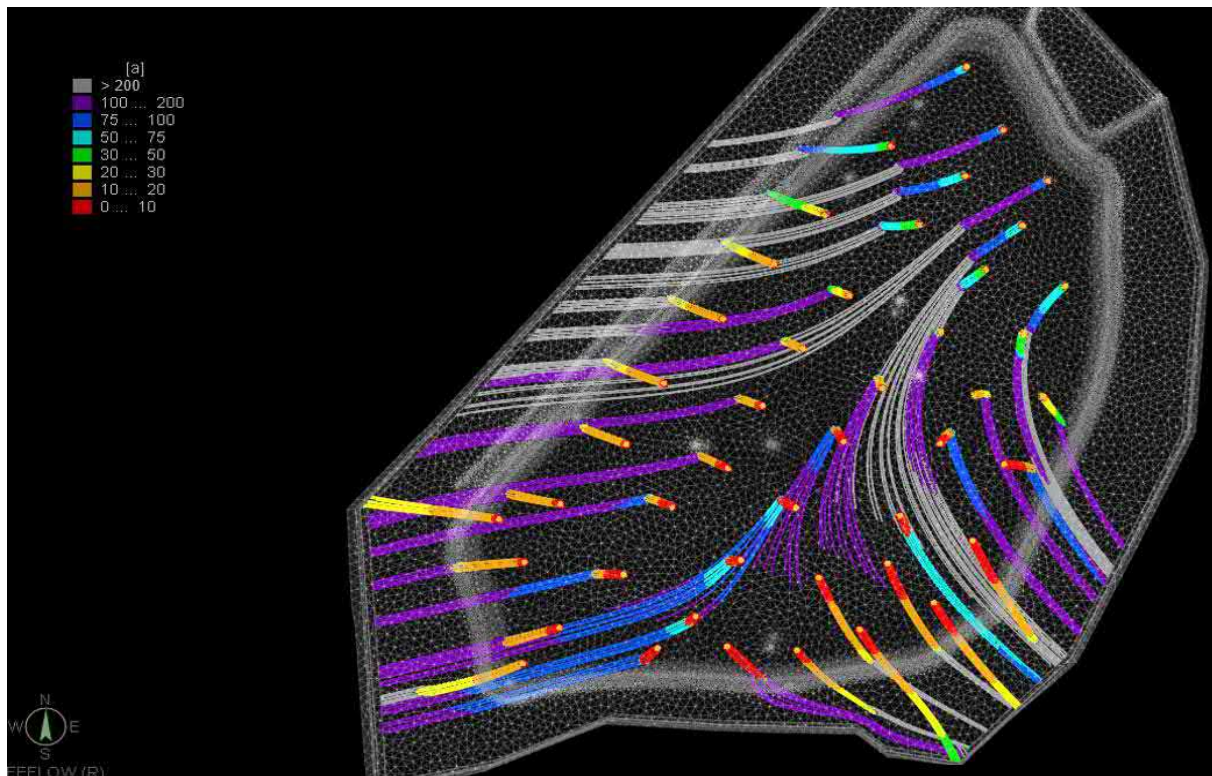


Abbildung 47 Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend - Ausgangs-Situation, Blick von oben

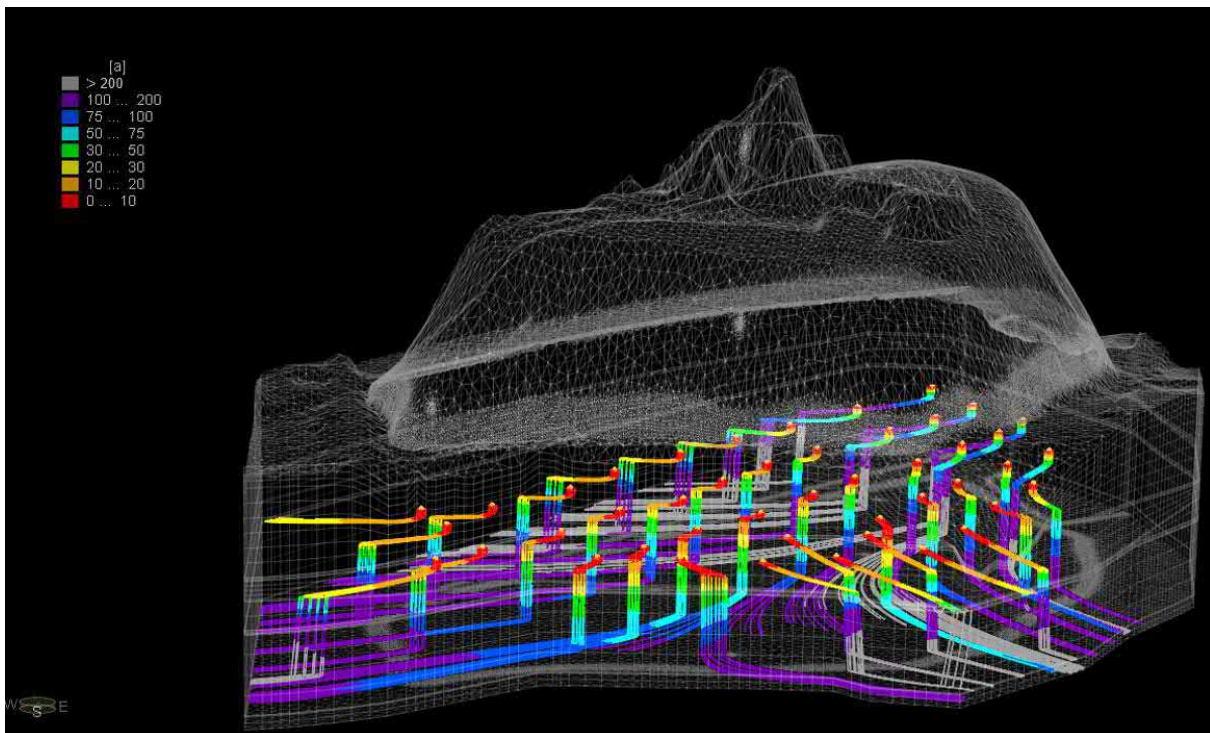


Abbildung 48 Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend - Ausgangs-Situation, 3D-Darstellung, Blick von Süden

Variante 2.2, Oberfläche des Sickerwassers

Werden in der Variante 2.2 die Tracer an der Oberfläche des Sickerwassers gestartet, vereinigen sich alle Tracer-Spuren in den Pumpstellen (Schächten und Standort B4), keine verlässt den Körper der Verfüllung (Abbildung 49). Das wird auch in der 3D-Ansicht von Süden (Abbildung 50) erkennbar. Das bedeutet, die simulierte Sickerwasserhaltung erfasst alles Sickerwasser aus dem Bereich der Sickerwasseroberfläche.

Bis zum Erreichen der Pumpstellen vergehen, je nach Startpunkt, Jahre bis Jahrzehnte.

Variante 2.2, Basis der Verfüllung

Werden die Tracer an der Basis der Verfüllung gestartet, enden die Tracer-Spuren mit Startpunkten im Norden und in der Mitte der Verfüllung in den Pumpstellen (Abbildung 51). Lediglich von den Startpunkten im Süden der Verfüllung aus verlassen die Tracer-Spuren die Verfüllung und verlassen das Modellgebiet über die Ränder.

Wie aus der 3D-Ansicht von Süden (Abbildung 52) erkennbar ist, sickern die Tracer von der Basis der Verfüllung zunächst nach unten bis in die Schicht 2. Nach einer unterschiedlich langen lateralen Fließstrecke in der Schicht 2 verlassen alle Tracer die Schicht 2, durchsickern die liegende Schluff-Ton-Schicht, erreichen die Basalen Schichten und verlassen über diese das Modellgebiet.

Bis zum Erreichen der Pumpstellen werden, je nach Startpunkt, Sickerzeiten von einigen bis mehreren Jahrzehnten benötigt.

Erfolgt eine Durchsickerung bis in die Basalen Schichten, werden hierfür auf Grund des sehr geringen vertikalen Druckgradienten (vgl. Abbildung 42) mehrere Jahrhunderte benötigt.

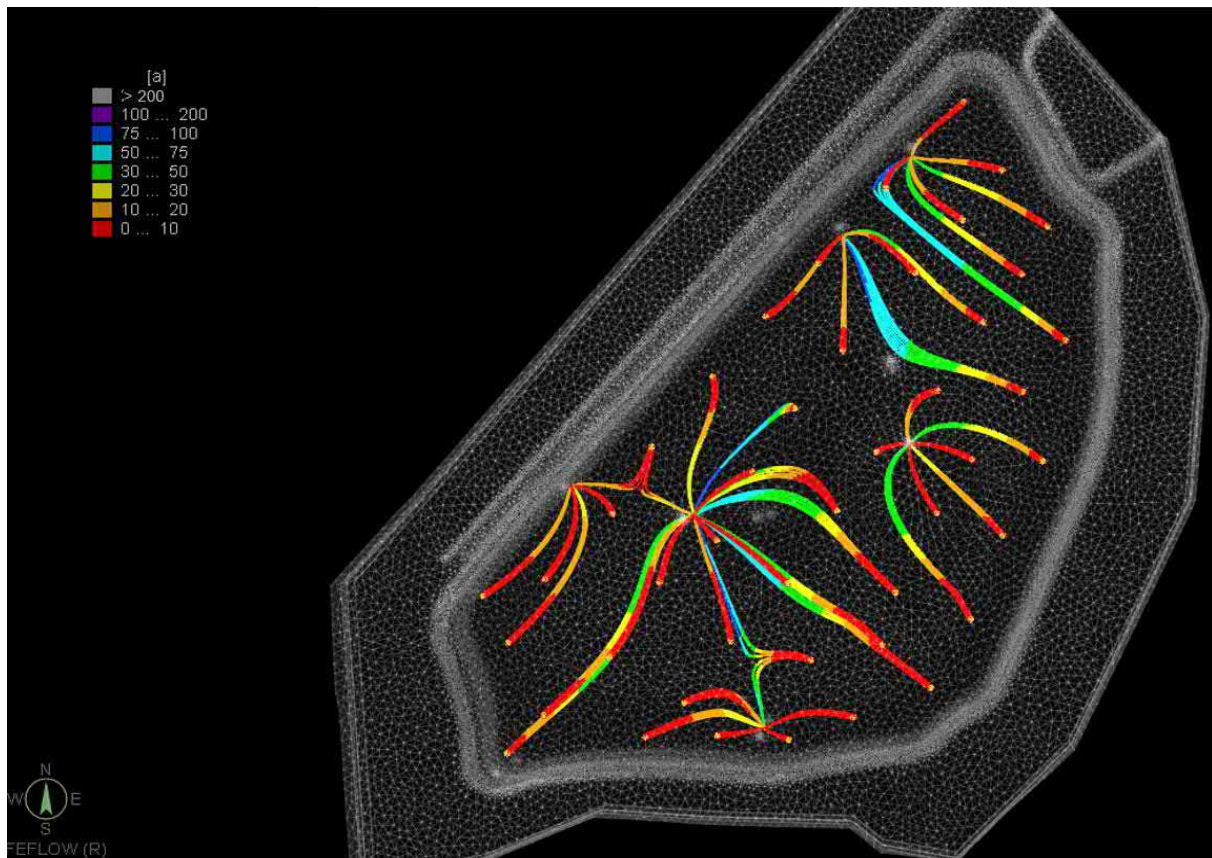


Abbildung 49 Tracer-Bewegung von der Sickerwasseroberfläche ausgehend – Variante 2.2, Blick von oben

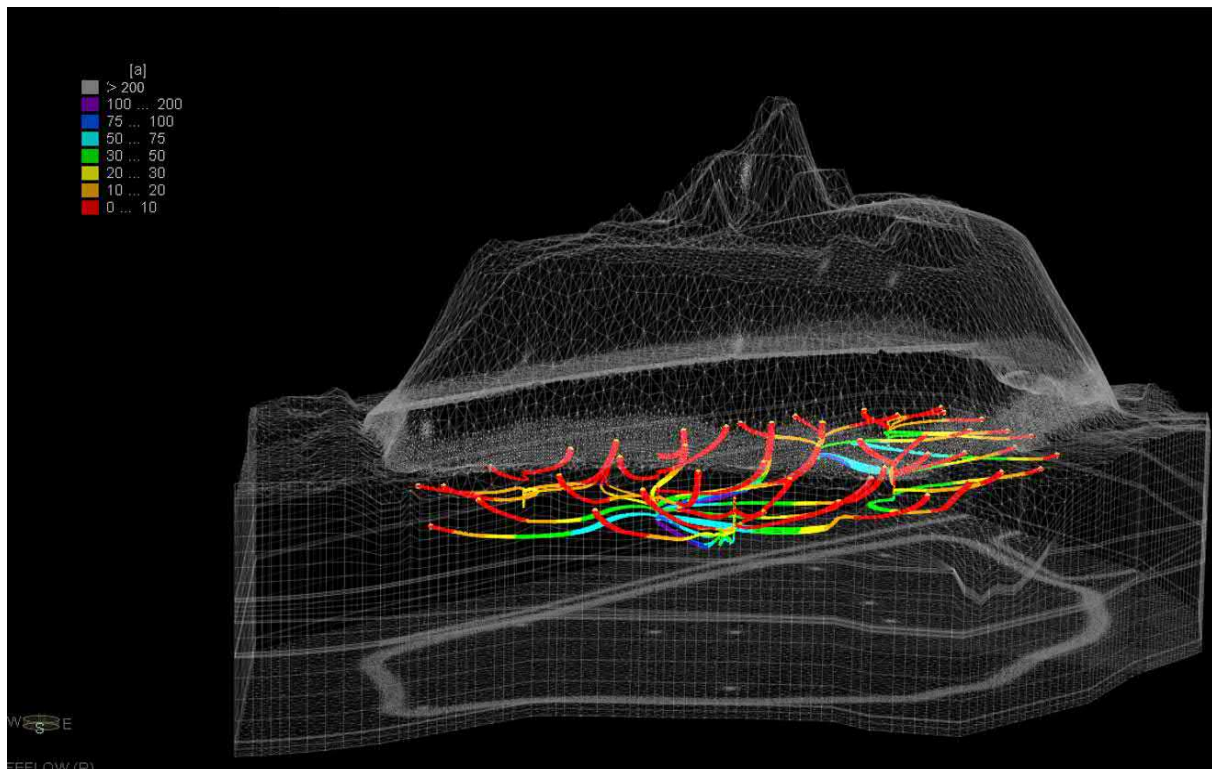


Abbildung 50 Tracer-Bewegung von der Sickerwasseroberfläche ausgehend – Variante 2.2, 3D-Darstellung, Blick von Süden

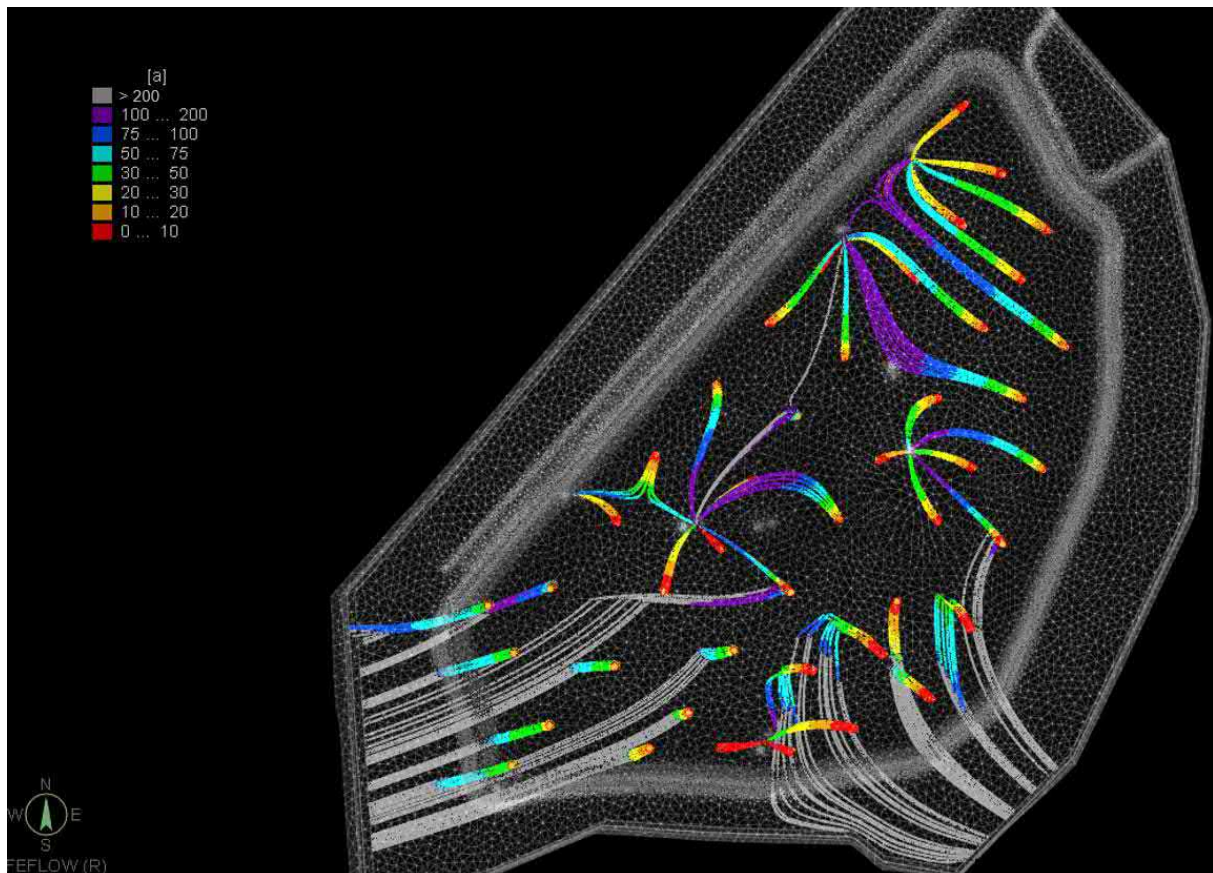


Abbildung 51 Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend – Variante 2.2, Blick von oben

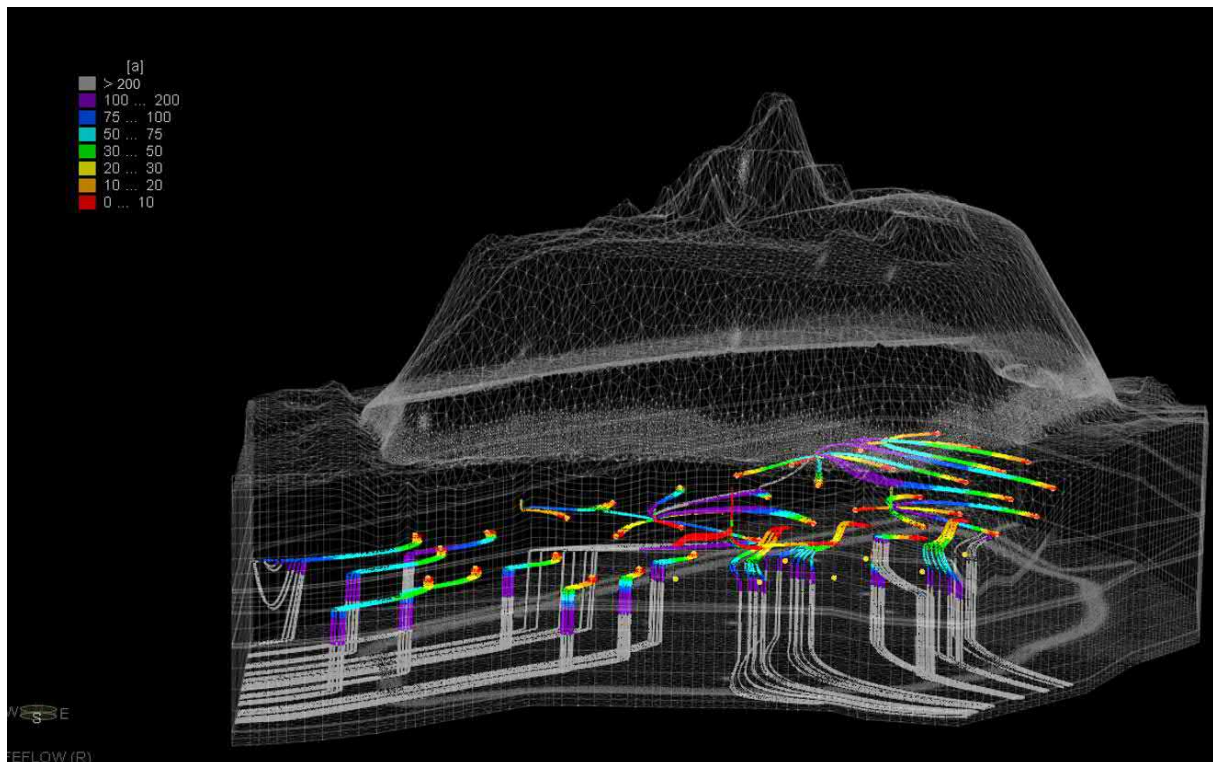


Abbildung 52 Tracer-Bewegung von der Basis der Verfüllung ausgehend – Variante 2.2, 3D-Darstellung, Blick von Süden

6.16 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse des Boxmodells

Die durch den Aufbau und die Anwendung des Boxmodells gewonnenen Erkenntnisse lassen sich folgendermaßen bewerten:

- Das Boxmodell wurde in Anwendung des DVGW Arbeitsblatts W107 ("Prinzipmodell") erstellt und setzt die bisherigen Daten über den Untergundaufbau und die Hydrodynamik in z. T. stark generalisierter Form modelltechnisch um. Es dient zur Prüfung und Plausibilisierung der bisher erarbeiteten Systemvorstellungen über Hydrogeologie, Hydraulik und Wirkzusammenhänge sowie zur überschlägigen Quantifizierung der Grundwasserströmungs- und Sickerwasserverhältnisse.
- Es wurde an den Messungen aus den Grundwassermessstellen im Umfeld des Mühlberg mit guter Übereinstimmung kalibriert und bildet die Realität mit guter Abbildungstreue ab.
- Der Verwendung einer Modellierung im stationären Modus ist zulässig, da es sich um sehr langsame Bewegungs- und Reaktionsprozesse handelt. Zudem geht es nicht darum, eine jahreszeitlich oder von kurzfristigen Effekten gesteuerte Dynamik im Grundwassersystem zu erkunden, sondern um die Darstellung der heutigen Situation, die sich über viele Jahre bis zum heutigen Zustand aufgebaut hat und um langfristige Wirkungen verschiedener Handlungsoptionen.
- Aus der Modellierung ergibt sich ein eindeutiges Bild des Wasserhaushalts der Verfüllung und der anstehenden geologischen Schichten. Quantitativ sind die sich bewegenden Wassermengen als klein zu bezeichnen. Bei der Ausgangs-Situation ergibt sich für den gegenwärtigen Zustand, dass dieser am besten durch eine aktuelle Sickerwasserneubildung und einen Wasserzutritt aus der Schicht 1 in der Größenordnung von ca. 9 000 m³/a erklärt werden kann¹⁴. Ca. 80 % dieses Wassers werden durch die Schächte abgepumpt. Ca. 20 % sickern aus der Verfüllung aus (Größenordnung unter 2 000 m³/a), davon ein kleiner Teil via Schicht 1 nach Norden, ein größerer Teil via Basis der Verfüllung nach unten bis in die Schicht 2 und weiter bis zu den Basalen Schichten.
- Die Sickerzeiten für den Austrag über die Basis liegen bis zum Erreichen der Schicht 2 in der Größenordnung von einigen Jahrzehnten, bis zu den Basalen Schichten in der Größenordnung von Jahrhunderten.
- Aus den durchgeführten Variantenrechnungen wird ersichtlich, dass sich durch eine Kombination von Oberflächenabdichtung und stärkerer Wasserabsenkung in den Schächten der Wasserumsatz in der Verfüllung deutlich reduzieren lässt sowie der Austrag aus der Verfüllung nach Norden unterbunden und der über die Basis um 90%

¹⁴ Hierbei handelt es sich um eine Momentaufnahme, die der modellierten Situation im März 2022 gerecht wird. In der „Realität“ handelt es sich bei der Sickerwasser-Neubildung innerhalb der Verfüllung um eine zeitlich stark schwankende Variable. Theorien zu den sehr komplexen Versickerungsabläufen und -mechanismen wurden u. a. in [U17] entwickelt und beschrieben. Letztendlich entspricht die Angabe aus den Boxmodell-Berechnungen derjenigen Neubildungsmenge, die bei der Kalibrierung der Messgrößen einen „Best-Fit“ ergibt.

gemindert werden kann. Die bereits fertiggestellte Oberflächenabdichtung bildet dabei die Haupt-Komponente. Die Möglichkeiten einer entsprechenden Absenkung der Wasserstände in den Schächten und die dafür notwendigen technischen Maßnahmen werden in einer nachgeschalteten Machbarkeitsstudie näher untersucht.

- Ein Austrag von Sickerwasser kann im Süden der Verfüllung (insgesamt nur noch 10 % oder weniger gegenüber der Ausgangs-Situation) mit der heutigen Anordnung der Schächte nicht ganz verhindert werden. Die Sickerzeiten nehmen aber deutlich zu und liegen jetzt bei mehreren Jahrzehnten bis zum Erreichen der Schicht 2 und bei mehreren bis vielen Jahrhunderten bis zum Erreichen der Basalen Schichten.
- Bei den angegebenen Mengen und Bewegungszeiten handelt es sich „Modellwerte“. Für die Schichten, in denen eine nennenswerte Grundwasserbewegung stattfinden kann (Schichten 1 und 2 sowie Basale Schichten), wurden innerhalb des gemessenen Spektrums Werte am oberen Ende der Skala (Berechnung auf der „sicheren Seite“) angesetzt.
- Für die Lintforter Schichten gehen je nach Richtung k_f -Werte im Bereich von 10^{-8} bis 10^{-10} m/s ein. Es ist fraglich, ob bei so kleinen Werten überhaupt noch eine Wasserbewegung im Sinne des Darcy-Gesetzes, das dem Modell zu Grunde liegt, erfolgt, oder ob die Bindungskräfte des Wassers an die Feinkornstruktur so groß sind, dass ein freies Fließen nicht mehr möglich ist. In jedem Fall ist davon auszugehen, dass die Bewegung des Sickerwassers mengenmäßig noch geringer und zugleich noch langsamer ist, als mit dem Modell berechnet. Das Modell überschätzt somit tendenziell die Wasserbewegung (Mengen) und unterschätzt die Fließzeiten.
- Die durchgeführten Variantenberechnungen liefern plausible Größenordnungen der durch unterschiedliche Maßnahmen erzielbaren Veränderungen im Grund- und Sickerwassersystem. Das Führen eines Nachweises der Prognosefähigkeit ist nicht Aufgabe eines Boxmodells (siehe DVGW Arbeitsblatt W107 [U11]), zumal hierfür ein geeigneter Parameter- und Messdatensatz fehlt, der auf Grund des kurzen Messzeitraums in den neuen Messstellen derzeit auch nicht generierbar ist.
- Hinsichtlich des Stofftransports des Sickerwassers und des hydrochemischen Rückhaltevermögens der Schichten unterhalb der Verfüllung liefert das Modell keine Informationen. Hierzu wurden separate Untersuchungen und hydrochemische Modellierungen durchgeführt, die in Kapitel 8 näher beschrieben werden.

7 Hydrochemische Grund- und Sickerwasseruntersuchungen

7.1 Probenahmekampagnen März 2022, Mai 2022 und August 2022

Das Grundwasser an den zehn neu errichteten FLS-Messstellen (vgl. Kapitel 5.3) wurde am 08.03.2022 bzw. 09.03.2022 sowie am 12.05.2022 bzw. 13.05.2022 beprobt. Die tabellarisch aufgelisteten Analyseergebnisse sind den **Anlagen 6.1 und 6.2** zu entnehmen. Ergänzend hierzu wurde in den Messstellen FLS13 und FLS16 sowie in den Sickerwasserschächten A, C und D am 12.08.2022 eine weitere Beprobung durchgeführt (tabellarische Analyseergebnisse siehe **Anlage 6.3**).

Nachfolgend werden die Analyseergebnisse der Hauptparameter, der organischen Inhaltsstoffe sowie der Schwermetallkonzentrationen vorgestellt und die Grundwasserbeschaffenheit der FLS-Messstellen in den lokalen Kontext eingeordnet. Dabei wird die Grundwasserbeschaffenheit in Bezug zu den Analyseergebnissen der Sickerwassermessstellen und -schächte (Mittelwerte/Mediane) gesetzt. Ziel ist es, eine mögliche Beeinflussung des umliegenden Grundwassers durch die Sickerwässer der Verfüllung Mühlenberg zu erkennen oder auszuschließen. Die detaillierten Ergebnisse der bisherigen Sickerwasseruntersuchungen (2015 – 2021) sind dem Bericht der ahu GmbH **[U22]** zu entnehmen.

Die Darstellung und Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgt separat für die Grundwassermessstellen der Schicht 1 der flachen Lintforter Schichten (FLS8, FLS12, FLS13, FLS15, FLS16, FLS18 – jeweils linkes Diagramm in den nachfolgenden Abbildungen) und der Grundwassermessstellen der Schicht 2 der flachen Lintforter Schichten (FLS3, FLS11, FLS14, FLS20 – jeweils rechtes Diagramm in den nachfolgenden Abbildungen). Zur Einordnung der Wertebereiche - insbesondere für organische Inhaltsstoffe und Schwermetalle - wurden diese den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS-Werte) der LAWA¹⁵ **[U26]** gegenübergestellt.

7.1.1 Hauptparameter

Die elektrischen Leitfähigkeiten (vor Ort) der Grundwässer liegen zwischen 522 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FLS8, März 2022) und 2.120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FLS16, Mai 2022) (Schicht 1) bzw. 539 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FLS3, März 2022) und 1.169 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (FLS11, Mai 2022) (Schicht 2). Generell liegen die meisten Werte im Mai 2022 oberhalb der Werte vom März 2022.

Während die elektrische Leitfähigkeit in der Messstelle FLS16 gegenüber den übrigen Grundwässern erhöht ist (1.626 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 2.120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 2.080 $\mu\text{S}/\text{cm}$), liegen die Leitfähigkeiten in allen weiteren Messstellen der Schichten 1 und 2 mit 522 – 1.281 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in einem ähnlichen Wertebereich.

Das Sickerwasser weist im Zeitraum 2015 – 2021 eine mittlere elektrische Leitfähigkeit von 17.489 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 6.678 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Sickerwasserschächte) auf.

¹⁵ **[U26]** LAWA (2017): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung. Stuttgart, Januar 2017.

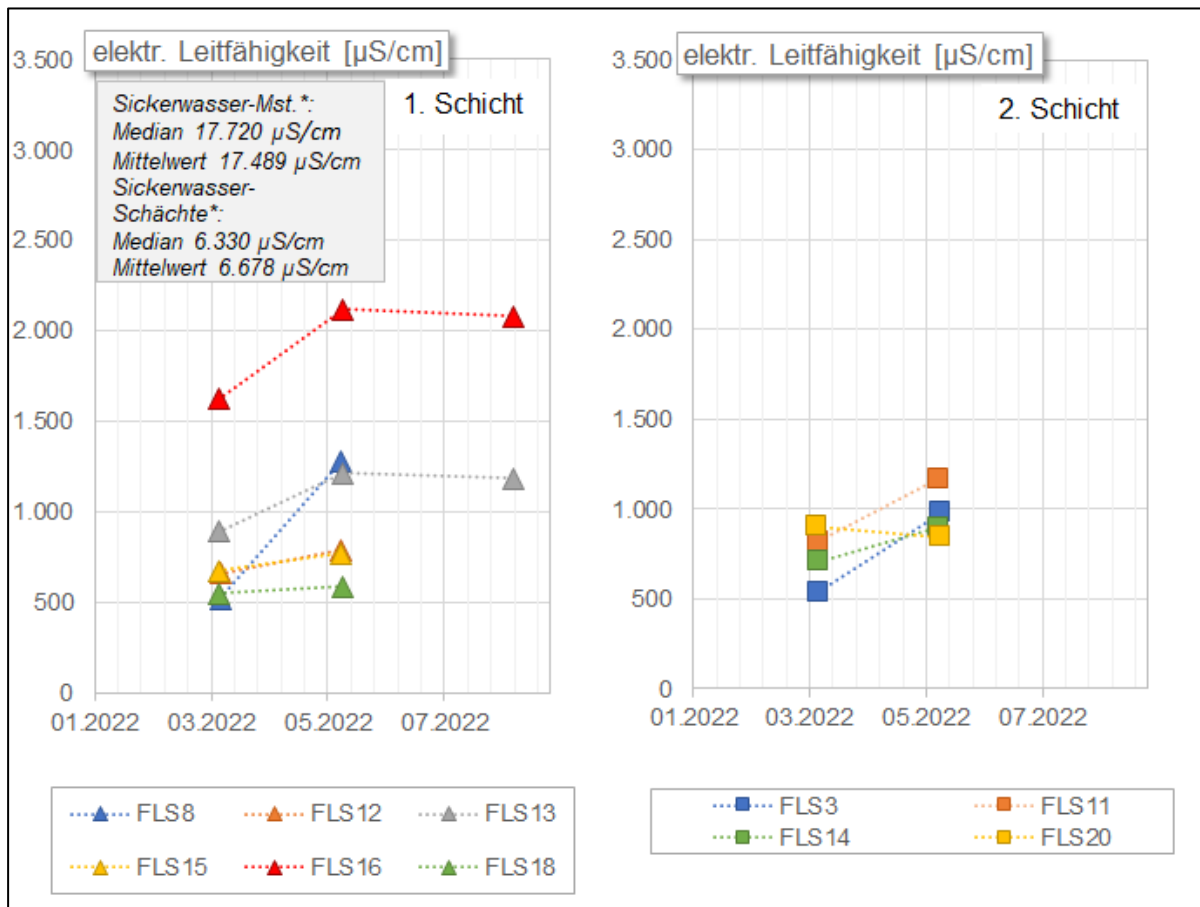


Abbildung 53 Elektr. Leitfähigkeiten (vor Ort) im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten (links: Schicht 1, rechts: Schicht 2). Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Die pH-Werte (vor Ort) der Grundwasserproben liegen überwiegend in einem neutralen bis schwach basischen Bereich mit pH-Werten zwischen 7,01 (FLS16, Mai 2022) und 7,92 (FLS18, März 2022) (Schicht 1) bzw. 7,46 (FLS11, Mai 2022) und 8,75 (FLS3, Mai 2022) (Schicht 2). Die geringsten pH-Werte treten mit 7,01 und 7,15 im Grundwasser der FLS16 auf. Die höchsten pH-Werte finden sich im März 2022 mit 8,75 im Grundwasser der FLS3 und werden als schwach basisch eingeordnet. Das Sickerwasser weist im Zeitraum 2015 – 2021 einen mittleren pH-Wert im basischen Bereich 8,82 (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 8,9 (Sickerwasserschächte) auf.

Die Chloridkonzentrationen liegen im Grundwasser der Messstellen der Schicht 1 zwischen 6,0 mg/l (FLS16, Aug. 2022) und 67 mg/l (FLS8, Mai 2022) und im Grundwasser der Schicht 2 zwischen 22 mg/l (FLS3 und FLS20, März 2022) und 32 mg/l (FLS3, Mai 2022) (vgl. Abbildung 54). Es fallen die Messstellen FLS8 und FLS13 aufgrund des vergleichsweise höheren Niveaus und sprunghaften Veränderungen vom März zum Mai 2022 auf. Generell liegt ein niedriges bis mittleres, grundwassertypisches Niveau der Chloridkonzentrationen vor.

Die Chloridkonzentrationen liegen in allen betrachteten Messstellen unterhalb des zur Orientierung herangezogenen GFS-Wertes der LAWA von 250 mg/l (entspricht den Grenzwerten der GrwV und der TrinkwV [U27]).

Die mittleren Chloridkonzentrationen des Sickerwassers im Zeitraum 2015 – 2021 liegen bei 4.961 mg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 1.215 mg/l (Sickerwasserschächte).

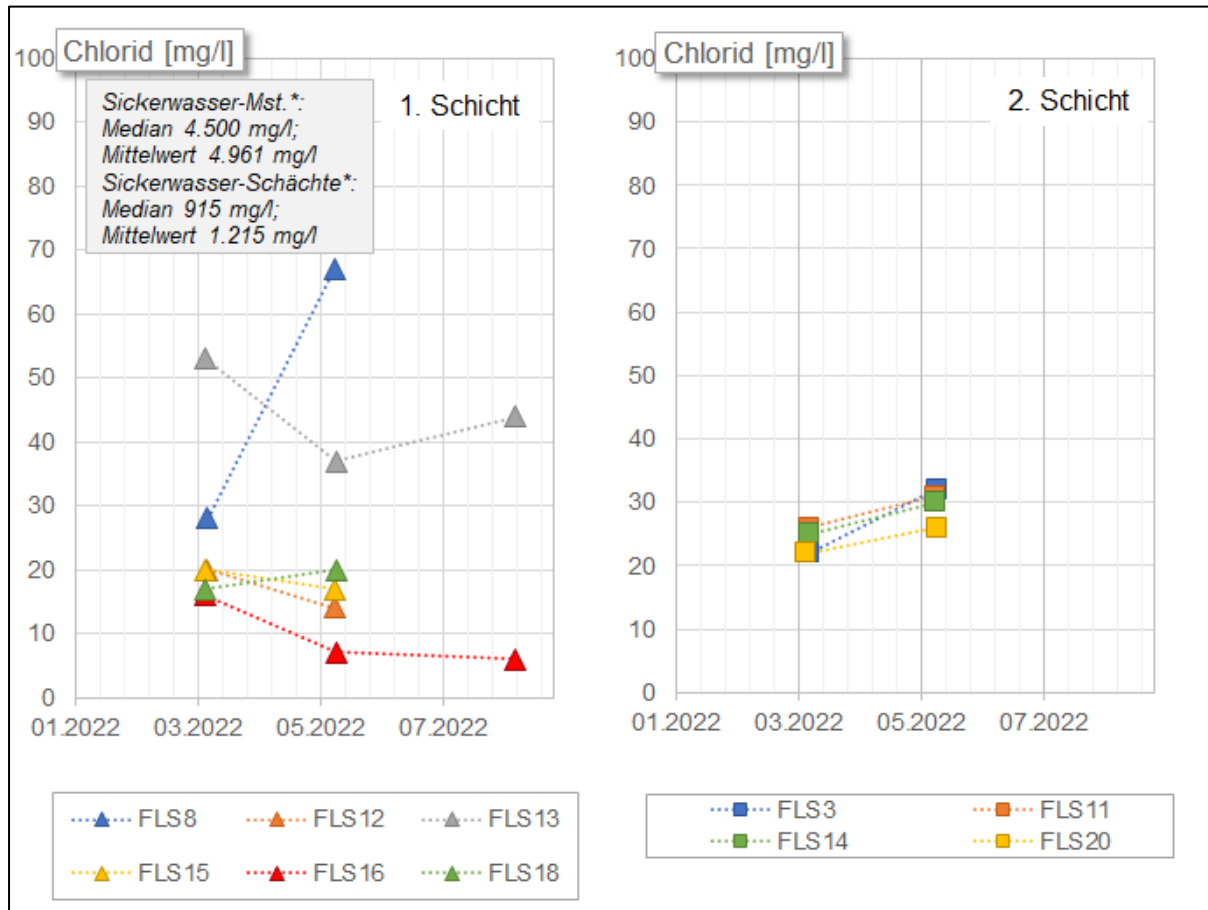


Abbildung 54 Chloridkonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Die in der Schicht 1 verfilterten FLS-Messstellen weisen Sulfatkonzentrationen zwischen 60 mg/l (FLS12, März 2022) und 900 mg/l (FLS16, Mai und Aug. 2022) auf. Dabei fallen die Ergebnisse der im Nordosten der Verfüllung gelegenen FLS16 (Schicht 1) auf: Zum einen liegen die Konzentrationen auf einem höheren Niveau als bei den übrigen Messstellen und zum anderen hat sich die Sulfatkonzentration von 450 mg/l im März 2022 auf 900 mg/l im Mai 2022 verdoppelt. Auch bei der FLS8 ist von März zum Mai 2022 ein sprunghafter Anstieg von 77 mg/l auf 410 mg/l zu verzeichnen (vgl. Abbildung 55).

Die Sulfatkonzentrationen im Grundwasser der Schicht 2 liegen zwischen 72 mg/l (FLS3, März 2022) und 380 mg/l (FLS11, Mai 2022). Alle vier Messstellen erfahren von März bis Mai 2022 einen Anstieg der Werte. Besonders stark ist die Steigerung an der südlich gelegenen FLS11 Messstelle von 200 mg/l auf 380 mg/l ausgeprägt.

Das Sickerwasser weist im Zeitraum 2015 – 2021 eine mittlere Sulfatkonzentration von 994 mg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 1.505 mg/l (Sickerwasserschächte) auf.

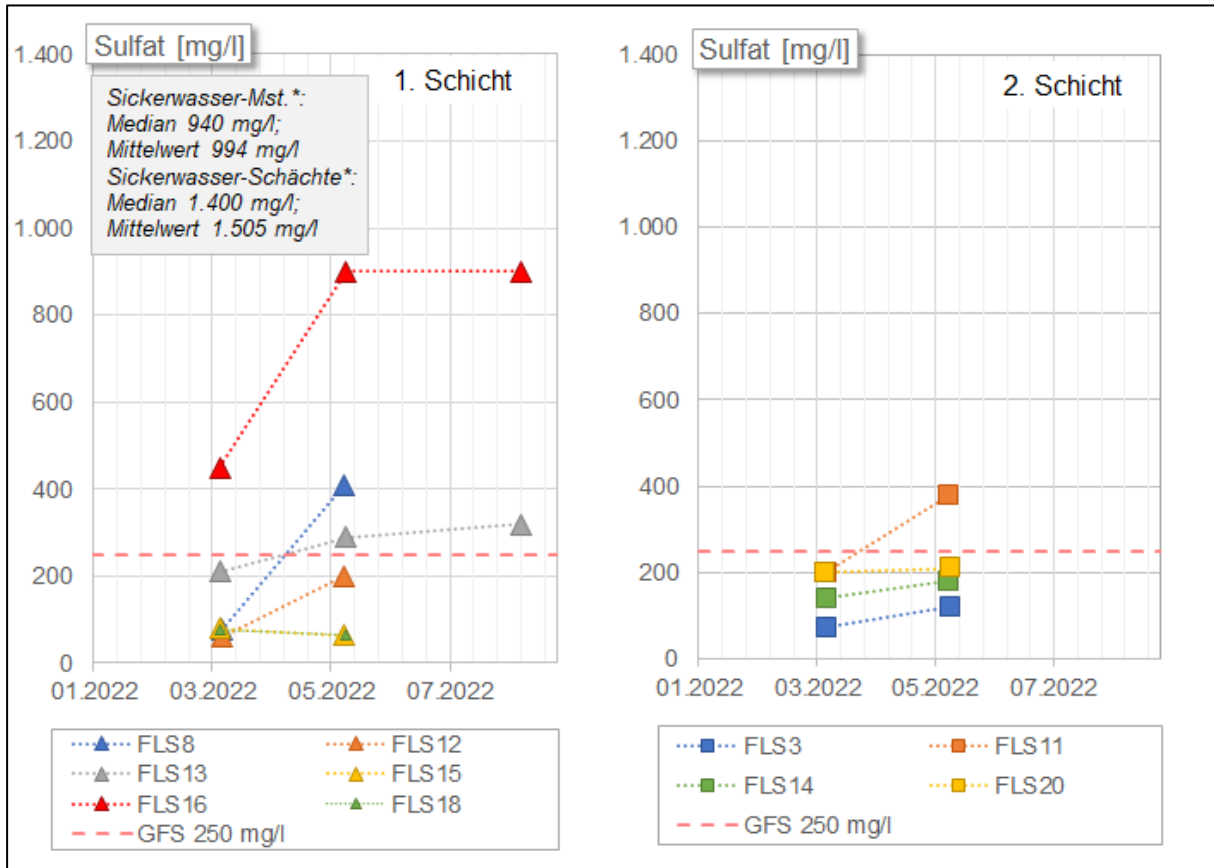


Abbildung 55 Sulfatkonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten und GFS-Wert der LAWA (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Der zur Orientierung herangezogene GFS-Wert der LAWA von 250 mg/l (entspricht dem Grenzwert der TrinkwV) wurde im März 2022 an der FLS16, im Mai 2022 an den Messstellen FLS8, FLS13 und FLS16 und im Aug. 2022 an der FLS16 (Schicht 1) sowie an der FLS11 (Schicht 2) überschritten.

Eine Darstellung der räumlichen Verbreitung der Sulfatkonzentrationen in der Schicht 1 und der Schicht 2 mit Gegenüberstellung der hydraulischen Potentialrichtungen der jeweiligen Schichten ist den Anlagen 6.4.1 und 6.4.2 zu entnehmen. Ausgehend vom hydraulischen Potential, welches in der Schicht 1 von Südwesten nach Nordosten besteht, sind die Messstellen FLS12 und FLS13 (südlich und südwestlich der Verfüllung gelegen) als Anstrommessstellen und die FLS16 (nordöstlich der Verfüllung gelegen) als Abstrommessstelle anzusehen. Demnach wäre eine mögliche Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung ggf. an der FLS16 ersichtlich.

In der Schicht 2 ist das Potentialgefälle entgegengesetzt der Schicht 1 von Nordosten in Richtung Südwesten ausgerichtet. Demnach ist die FLS3 als Abstrommessstelle der Schicht 2 anzusehen.

Anhand des Parameters Sulfat, welcher im Grundwasser der FLS16 mit 450 mg/l (März 2022) und 900 mg/l (Mai und Aug. 2022) gemessen wurde, kann die Möglichkeit einer Beeinflussung des Grundwassers der Schicht 1 durch das Sickerwasser der Verfüllung in diesem Bereich nicht ausgeschlossen werden (vgl. aber Kap. 7.2 mit den Ergebnissen weitergehender Untersuchungen zur Klärung der erhöhten Sulfatkonzentrationen in dieser Messstelle).

Innerhalb der Schicht 1 liegen die Sulfatkonzentrationen im Grundwasser der im Abstrom der Verfüllung lokalisierten Messstelle FLS16 sowohl im März als auch im Mai und Aug. 2022 auf einem deutlich höheren Niveau als bei den übrigen Messstellen.

In der Schicht 2 ist dagegen kein eindeutiger räumlicher Zusammenhang der Sulfatkonzentrationen abzuleiten.

Die Calciumkonzentrationen liegen im März 2022 an den Messstellen der Schicht 1 überwiegend unter 100 mg/l. Nur an der nordöstlich der Verfüllung gelegenen FLS16 wurde mit 270 mg/l ein deutlich höherer Wert gemessen. Im Mai 2022 sind an der südöstlich gelegenen FLS8 (190 mg/l), FLS12 und FLS13 (je 150 mg/l; südlich und westlich der Verfüllung gelegen) deutlich höhere Calciumkonzentrationen zu verzeichnen als im März 2022. Auch an der FLS16 ist der Wert mit 310 mg/l um rd. 15 % höher. Im Aug. 2022 werden im Grundwasser der FLS13 und FLS16 jeweils Konzentrationen in einer ähnlichen Größenordnung wie im Mai 2022 gemessen (146 mg/l bzw. 301 mg/l). In der Schicht 2 liegen die Calciumkonzentrationen im März und Mai 2022 zwischen 50 mg/l (FLS3, März 2022) und 190 mg/l (FLS11, März 2022). Das Konzentrationsniveau im März und im Mai 2022 ist ähnlich.

Vergleichswerte für die Calciumkonzentrationen im Sickerwasser liegen nicht vor, da Untersuchungen dieses Parameters im Rahmen des Sickerwassermonitorings nicht erfolgen.

Die Natriumkonzentrationen sind mit 15 mg/l (FLS8, März 22) bis 80 mg/l (FLS13, März 2022) (Schicht 1) bzw. 16 (FLS11, März 2022) bis 27 mg/l (FLS20, Mai 2022) (Schicht 2) bestimmt worden. Im Mai 2022 sind im Grundwasser beider Schichten sowohl Anstiege als auch Abnahmen in der Natriumkonzentration ersichtlich.

Das Sickerwasser weist im Zeitraum 2015 – 2021 eine mittlere Natriumkonzentration von 2.359 mg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 884 mg/l (Sickerwasserschächte) auf.

Die Magnesiumkonzentrationen liegen überwiegend zwischen 4,4 mg/l (FLS8, März 2022) und 28 mg/l (FLS13, Mai 2022) (Schicht 1), an der nordöstlich gelegenen FLS16 wurden mit 82 mg/l (März 2022) und 113 mg/l (Mai und Aug. 2022) jedoch deutlich höhere Werte erfasst. Im Grundwasser der Schicht 2 liegen die Werte zwischen 12 mg/l (FLS14, März 2022) und 39 mg/l (FLS11, Mai 2022). Im Mai 2022 wurde im Grundwasser aller Messstellen – mit Ausnahme der FLS20 – eine höhere Magnesiumkonzentration ermittelt.

Vergleichswerte für die Magnesiumkonzentrationen im Sickerwasser liegen nicht vor, da Untersuchungen dieses Parameters im Rahmen des Sickerwassermonitorings nicht erfolgen.

Die Kaliumkonzentrationen liegen zwischen 3,0 mg/l (FLS8, März 2022) und 34 mg/l (FLS16, Aug. 2022) (Schicht 1) bzw. 6,4 mg/l (FLS14, März 2022) und 27 mg/l (FLS3, Mai 2022) (Schicht 2). Auch bei diesem Parameter fällt die Messstelle FLS16 durch höhere Konzentrationen (26 mg/l, 31 mg/l und 34 mg/l) im Vergleich zu den übrigen Messstellen auf. Im Mai 2022

wurde im Grundwasser aller Messstellen – mit Ausnahme der FLS12 und FLS20 – eine höhere Kaliumkonzentration ermittelt. Im Aug. 2022 wurde im Grundwasser der FLS13 mit 17 mg/l die gleiche und im Grundwasser der FLS16 mit 34 mg/l eine um rd. 10 % höhere Kaliumkonzentration als im Mai 2022 gemessen.

Vergleichswerte für die Kaliumkonzentrationen im Sickerwasser liegen nicht vor, da Untersuchungen dieses Parameters im Rahmen des Sickerwassermonitorings nicht erfolgen.

Hydrogencarbonat liegt in der Schicht 1 überwiegend zwischen 116 mg/l (FLS13, März 2022) und 445 mg/l (FLS13, Mai 2022). An der Messstelle FLS16 sind mit 592 mg/l, 610 mg/l und 561 mg/l Werte auf einem höheren Niveau vorliegend. In der Schicht 2 liegen die Konzentrationen zwischen 208 mg/l (FLS14, März 2022) und 427 mg/l (FLS11, März 2022). Im Mai 2022 sind im Grundwasser beider Schichten sowohl Anstiege als auch Abnahmen in der Hydrogencarbonatkonzentration ersichtlich.

Vergleichswerte für die Hydrogenkarbonat-Konzentrationen im Sickerwasser liegen nicht vor, da Untersuchungen dieses Parameters im Rahmen des Sickerwassermonitorings nicht erfolgen.

Die Eisenkonzentrationen liegen überwiegend zwischen <0,005 mg/l und 1 mg/l (Schicht 1). Abweichend davon, stechen die im Grundwasser der südlich gelegenen FLS12 (Schicht 1) analysierten Eisenkonzentrationen aufgrund von deutlich höheren Werten und einem sprunghaften Anstieg hervor (März 2022: 3,6 mg/l; Mai 2022: 15 mg/l).

Die im Grundwasser der FLS3, FLS14 und FLS20 (Schicht 2) ermittelten Konzentrationen liegen mit 0,0086 – 0,4 mg/l ebenso wie der überwiegende Teil der Messstellen der Schicht 1 auf einem niedrigen Niveau. Die Eisenkonzentrationen im Grundwasser der südlich gelegenen FLS11 wurden hingegen mit Werten von 7 mg/l und 0,99 mg/l deutlich über dem Niveau der übrigen FLS-Messstellen der Schicht 2 analysiert.

Bei den Sickerwasseranalysen fand keine Untersuchung des Parameters Eisen statt.

Die Mangankonzentrationen liegen zwischen der Bestimmungsgrenze von <0,01 mg/l (FLS8, FLS13, März 2022) und 0,40 mg/l (FLS12, Mai 2022) (Schicht 1) bzw. 0,029 mg/l (FLS14, Mai 2022) und 0,17 mg/l (FLS11, März 2022) (Schicht 2). Im Mai 2022 sind im Grundwasser beider Schichten sowohl Anstiege als auch Abnahmen in der Mangankonzentration ersichtlich.

Bei den Sickerwasseranalysen fand keine Untersuchung des Parameters Mangan statt.

Die Ammoniumkonzentrationen liegen zwischen <0,05 mg/l (FLS8, FLS12, FLS15, FLS18, Mai 2022) und 0,46 mg/l (FLS16, März 2022) (Schicht 1). In der Schicht 2 wurden größtenteils Konzentrationen bis 0,30 mg/l (FLS11, März 2022) (Schicht 2) gemessen. Heraus sticht die südwestlich der Verfüllung gelegene Messstelle FLS3 (Schicht 2), an der wesentlich höhere Konzentrationen im Grundwasser erfasst wurden (März 2022: 1,6 mg/l; Mai 2022: 1,1 mg/l). Das Sickerwasser weist im Zeitraum 2015 – 2021 eine mittlere Ammoniumkonzentration von 411 mg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 29,2 mg/l (Sickerwasserschächte) auf.

Die Nitratkonzentrationen liegen bei maximal 8,85 mg/l (FLS8, März 2022, Schicht 1) bzw. 9,3 mg/l (FLS14, Mai 2022, Schicht 2). Bei den Sickerwasseranalysen erfolgte keine Untersuchung auf den Parameter Nitrat.

Nitrit wurde im Grundwasser der Messstellen der Schicht 1 im März 2022 zwischen 0,06 mg/l (FLS8, März 2022) und 0,91 mg/l (FLS13, März 2022) erfasst. Dahingegen lagen die Werte im Mai 2022 mit max. 0,05 mg/l deutlich darunter. In der Schicht 2 wurden überwiegend Nitritkonzentrationen unterhalb von 0,11 mg/l ermittelt. An der Messstelle FLS3 ist mit 1,7 mg/l im März 2022 ein vergleichsweise höherer Wert erfasst worden. Bei den Sickerwasseranalysen erfolgte keine Untersuchung auf den Parameter Nitrit.

Die Messwerte des Parameters TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) liegen zwischen 1,9 mg/l (FLS8, März 2022) und 33 mg/l (FLS12, Mai 2022) (Schicht 1) bzw. 1,4 mg/l (FLS14, März 2022) und 35 mg/l (FLS11, März 2022) (Schicht 2). Die höchsten Werte wurden dabei an den Messstellen FLS11 (Schicht 2, südlich der Verfüllung gelegen) im März 2022 mit 35 mg/l und bei der FLS12 (Schicht 1, südlich der Verfüllung gelegen) mit 21 mg/l und 33 mg/l gemessen. Im Mai 2022 sind im Grundwasser beider Schichten sowohl Anstiege als auch Abnahmen der TOC-Konzentration ermittelt worden.

Im Sickerwasser erfolgt keine Untersuchung auf TOC, sondern auf den DOC (gelöster organischer Kohlenstoff). In aller Regel liegen in (Grund-)Wässern die Konzentrationen an TOC und DOC sehr nah zusammen. Daher können hier zum Vergleich die DOC-Konzentrationen im Sickerwasser herangezogen werden. Das Sickerwasser weist im Zeitraum 2015 – 2021 eine mittlere DOC-Konzentration von 308 mg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 25 mg/l (Sickerwasserschächte) auf.

Fazit: Zwischen den Analyseergebnissen (Hauptparameter) des Grundwassers der Schicht 1 und der Schicht 2 gibt es keine deutlichen Unterschiede in der Grundwasserbeschaffenheit. Anhand der Ergebnisse der zwei vorliegenden Probenahmen im März und Mai 2022 sind aufgrund von teilweise sprunghaften Konzentrationsänderungen keine eindeutigen Entwicklungen oder Trends abzulesen. **Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zu den Hauptparametern ergeben sich keine eindeutigen Hinweise auf einen Einfluss durch das Sickerwasser der Verfüllung auf die Grundwasserbeschaffenheit.**

Im Grundwasser der Messstelle FLS16, welches ergänzend neben dem Grundwasser der FLS13 im Aug. 2022 nochmals beprobt wurde, fallen jedoch u.a. die hohen Sulfatkonzentrationen auf. Diese liegen rd. 115 % oberhalb des höchsten Wertes der übrigen Messstellen. Von März zum Mai ist ein sprunghafter Anstieg ersichtlich. Die Sulfatkonzentration von 900 mg/l wird im Aug. 2022 erneut gemessen. Das Grundwasser dieser Messstelle fällt auch bei Betrachtung der Parameter Calcium, Magnesium, Kalium und Hydrogencarbonat durch höhere Konzentrationen auf. Demzufolge liegt auch die elektrische Leitfähigkeit des Grundwassers der FLS16 oberhalb der übrigen Analyseergebnisse (rd. 75 -82 %).

Zur Überprüfung der vorgenannten Befunde in der Messstelle FLS16 im Hinblick auf die Frage, ob diese auf eine Sickerwasserbeeinflussung hindeuten könnten, wurden weitergehende Untersuchungen durchgeführt (vgl. Kap. 7.2).

7.1.2 Organische Inhaltsstoffe

Neben den Hauptparametern wurden organische Inhaltsstoffe untersucht und nachfolgend hinsichtlich einer möglichen Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung geprüft.

Die Summe der BTEX (aromatische Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole) wurde außer im Grundwasser der FLS20 im März 2022 (300 µg/l) nicht nachgewiesen (n.n.). Auch die Einzelparameter liegen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Im Sickerwasser beträgt dagegen die mittlere Summe der BTEX im Zeitraum 2015 – 2021 5,2 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 0,25 g/l (Sickerwasserschächte).

Die Einzelsubstanzen und die Summe der PAKs wurde im Grundwasser keiner Messstelle nachgewiesen. Im Sickerwasser liegt dagegen die mittlere Summe der PAKs im Zeitraum 2015 – 2021 bei 0,79 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 0,25 µg/l (Sickerwasserschächte).

Die Analysenwerte der Parameter Kohlenwasserstoffe und der Phenolindex lagen im Grundwasser unter der jeweiligen Bestimmungsgrenzen bzw. wurden nicht nachgewiesen.

Fazit: Die Analytik der organischen Inhaltsstoffe gibt keine Hinweise auf eine Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung.

7.1.3 Schwermetalle

In den Grundwässern im Umfeld der Verfüllung treten auch verschiedene Schwermetalle auf. Die im Zuge der oben beschriebenen Untersuchungen gemessenen Schwermetallkonzentrationen werden im Folgenden dargestellt und hinsichtlich einer möglichen Beeinflussung durch die Sickerwässer der Verfüllung Mühlenberg ausgewertet.

Eine Darstellung der räumlichen Verbreitung der betrachteten Schwermetallkonzentrationen in den Schichten 1 und 2 mit Gegenüberstellung der hydraulischen Potentialrichtungen der jeweiligen Schichten befindet sich in den **Anlagen 6.5.1 und 6.5.2**. Ausgehend vom hydraulischen Potential, welches in der Schicht 1 von Südwesten nach Nordosten besteht, sind die Messstellen FLS12 und FLS13 (südlich und südwestlich der Verfüllung gelegen) als Anstrommessstellen und die FLS16 (nordöstlich der Verfüllung gelegen) als Abstrommessstelle anzusehen. Demnach wäre eine mögliche Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung an der FLS16 ersichtlich. In der Schicht 2 ist das Potentialgefälle entgegengesetzt der Schicht 1 von Nordosten in Richtung Südwesten ausgerichtet. Demnach ist die FLS3 als Abstrommessstelle der Schicht 2 zu sehen.

Für Arsen (vgl. **Anlagen 6.5.1 und 6.5.2**) wurden maximale Konzentrationen von 9,9 µg/l (FLS13, März 2022) (Schicht 1) bzw. 6,3 µg/l (FLS11, März 2022) (Schicht 2) erfasst (vgl. Abbildung 56). Der zur Orientierung herangezogene GFS-Wert der LAWA (3,2 µg/l) wurde in der Schicht 1 im Grundwasser der FLS12 und FLS13 und in der Schicht 2 im Grundwasser der FLS11 (nur März 2022) überschritten. Die mittleren Arsenkonzentrationen des Sickerwassers im Zeitraum 2015 – 2021 liegen mit 46 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 25 µg/l (Sickerwasserschächte) deutlich oberhalb der im Grundwasser nachgewiesenen Konzentrationen.

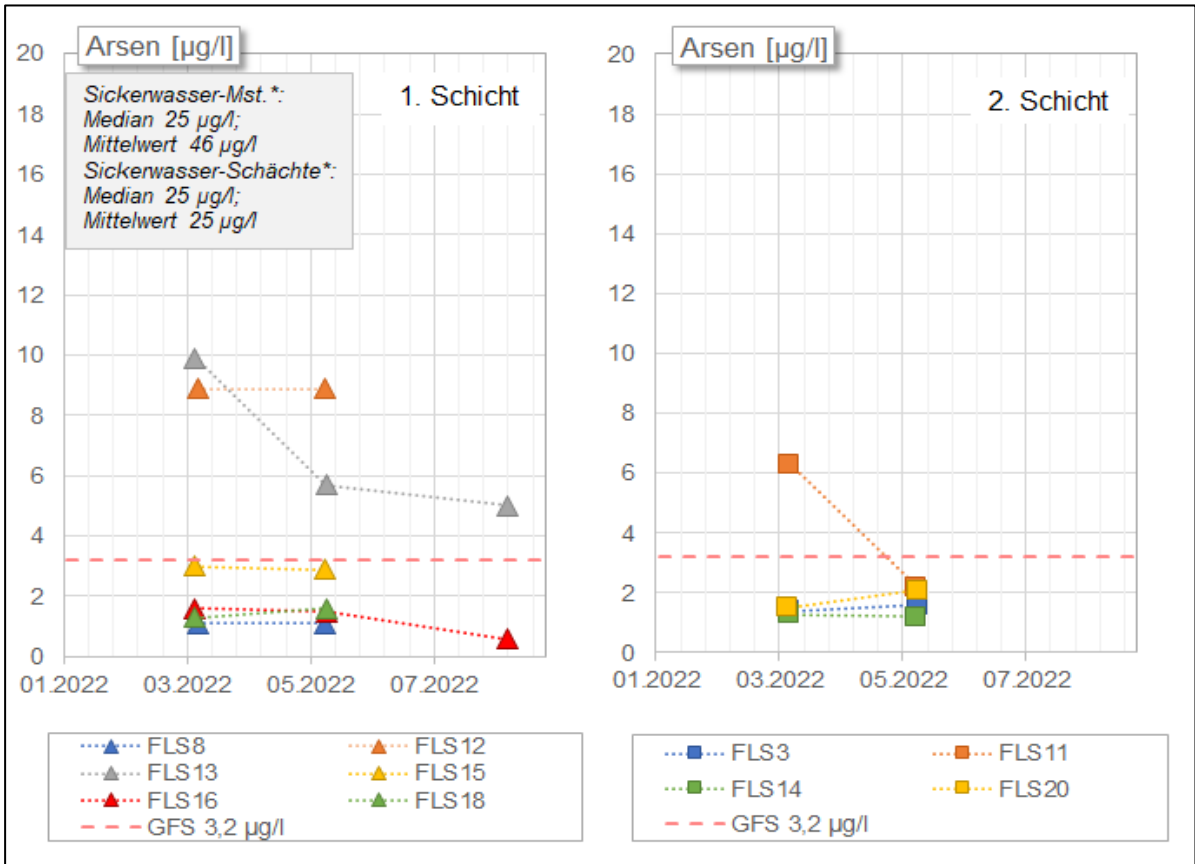


Abbildung 56 Arsenkonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten und GFS-Wert der LAWA (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Die Bleikonzentrationen (vgl. **Anlagen 6.5.1 und 6.5.2**) wurde an den Messstellen der Schicht 1 vermehrt unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze von <1,0 µg/l ermittelt. Maximal wurden im Grundwasser der Schicht 1 Werte von 19 µg/l (FLS12, März 2022) ermittelt. Im Mai 2022 ist eine Abnahme auf 3,4 µg/l ersichtlich. An den übrigen Messstellen der Schicht 1 ist im Mai 2022 im Grundwasser ein Anstieg der Konzentrationen gemessen worden. Im August 2022 lagen die Konzentrationen im Grundwasser der FLS13 und FLS16 Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze. An der FLS11 (Schicht 2) wurde im März 2022 eine maximale Konzentration von 32 µg/l ermittelt, welcher im Mai 2022 auf 4,4 µg/l gesunken ist. Die übrigen Konzentrationen im Grundwasser der Schicht 2 liegen unterhalb dieses Wertes.

Der zur Orientierung herangezogene GFS-Wert der LAWA von 1,2 µg/l wurde im März 2022 an der FLS12 (Schicht 1) bzw. der FLS11 und FLS14 (Schicht 2) und im Mai 2022 an der FLS12, FLS13, FLS15, FLS16 und FLS18 (Schicht 1) bzw. der FLS11 (Schicht 2) überschritten.

Die mittleren Bleikonzentrationen des Sickerwassers im Zeitraum 2015 – 2021 liegen bei 5,3 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 2,6 µg/l (Sickerwasserschächte) und damit im Bereich der meisten Konzentrationen, die im Grundwasser gemessen wurden.

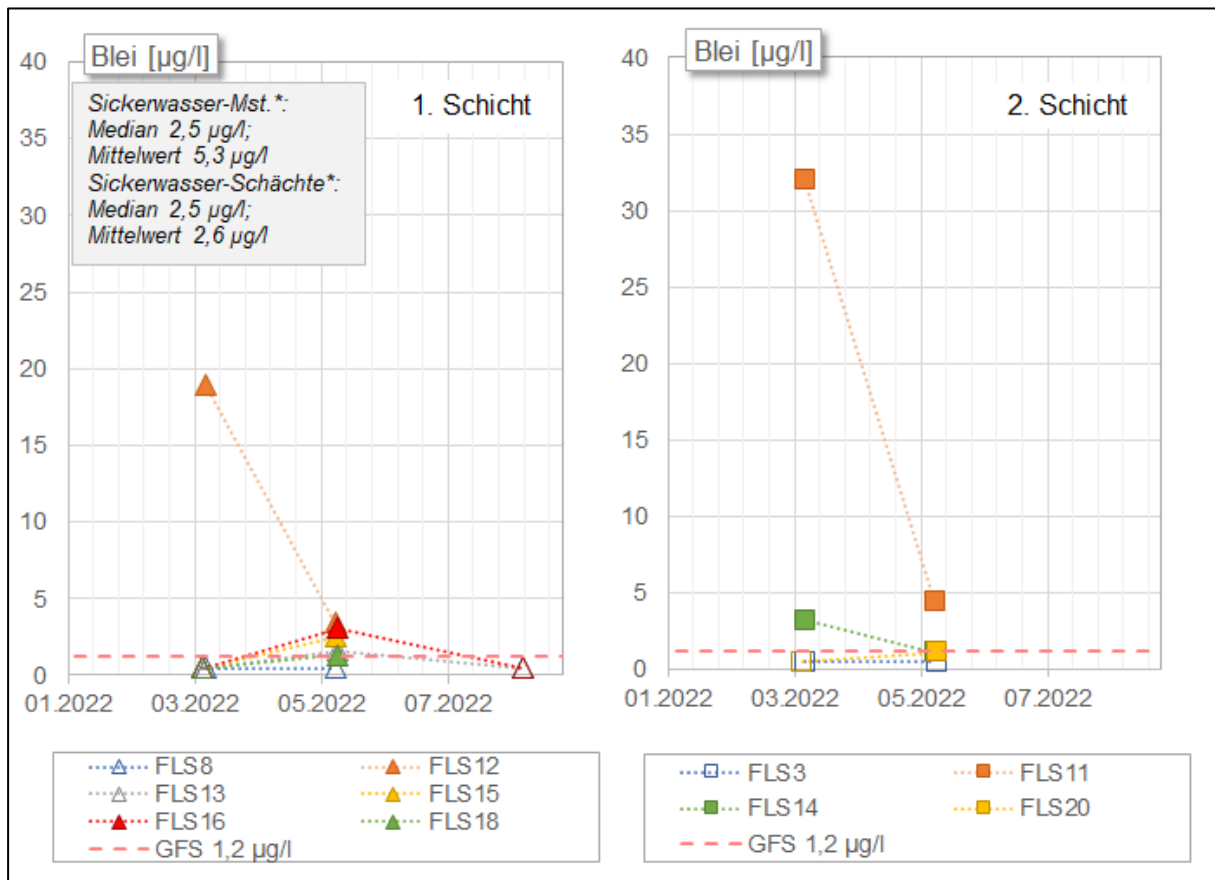


Abbildung 57 Bleikonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten und GFS-Wert der LAWA (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Bei Unterschreitung der Bestimmungsgrenze wurde der halbe Wert der Bestimmungsgrenze und eine transparente Füllung des Symbols dargestellt. Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Bei Gegenüberstellung der hohen Bleikonzentrationen, die im März 2022 im Grundwasser der FLS12 und FLS11 gemessen wurden, mit den mittleren Konzentrationen des Sickerwassers, die deutlich darunter liegen, ist eine Beeinflussung durch das Sickerwasser der Verfüllung als Ursache nicht erkennbar.

Die Cadmiumkonzentrationen (vgl. **Anlagen 6.5.1 und 6.5.2**) liegen überwiegend unterhalb der Bestimmungsgrenze von $<0,3 \mu\text{g/l}$. Im Grundwasser der südlich gelegenen Messstellen FLS12 (Schicht 1) wurden mit $0,59 \mu\text{g/l}$ und $0,83 \mu\text{g/l}$ deutlich höhere Konzentrationen gemessen. Im März 2022 ist im Grundwasser der auch südlich gelegenen Messstelle FLS11 (Schicht 2) ein Cadmiumwert von $0,65 \mu\text{g/l}$ erfasst worden. Der zur Orientierung herangezogene GFS-Wert der LAWA von $0,3 \mu\text{g/l}$ wird von denen im Grundwasser der FLS12 und FLS11 (nur März 2022) ermittelten Cadmiumkonzentrationen überschritten. Die mittleren Cadmiumkonzentrationen des Sickerwassers im Zeitraum 2015 – 2021 liegen bei $0,53 \mu\text{g/l}$ (Sickerwasser-Messstellen) bzw. $1,08 \mu\text{g/l}$ (Sickerwasserschächte).

Chrom (vgl. Anlagen 6.5.1 und 6.5.2) liegt maximal bei 59 µg/l (FLS12, März 2022, Schicht 1) bzw. 10 µg/l (FLS11 März 2022, Schicht 2). Eine Überschreitung des zur Orientierung herangezogenen GFS-Wertes der LAWA von 3,4 µg/l tritt im März 2022 bei der FLS12 (Schicht 1) und FLS11 (Schicht 2) auf (vgl. Abbildung 58).

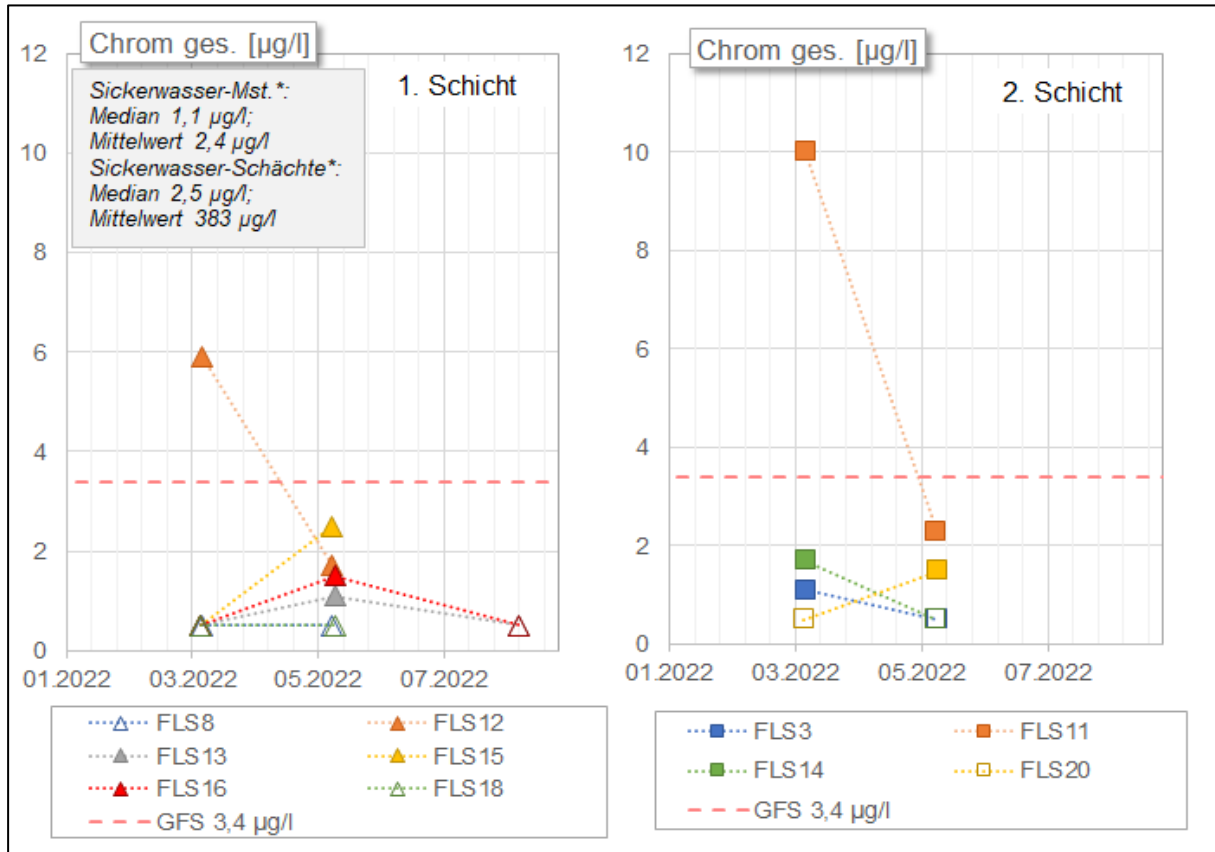


Abbildung 58 Chromkonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten und GFS-Wert der LAWA (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Bei Unterschreitung der Bestimmungsgrenze wurde der halbe Wert der Bestimmungsgrenze und eine transparente Füllung des Symbols dargestellt. Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Im Mai 2022 werden an beiden Messstellen deutlich geringere Konzentrationen nachgewiesen. Im Grundwasser der Schicht 1 werden im Mai im Vergleich zum März 2022 etwas höhere Konzentrationen nachgewiesen. Im Grundwasser der Schicht 2 nimmt die Konzentration ab. Die mittleren Cadmiumkonzentrationen des Sickerwassers im Zeitraum 2015 – 2021 liegen bei 0,53 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 1,08 µg/l (Sickerwasserschächte). Die mittleren Chromkonzentrationen des Sickerwassers im Zeitraum 2015 – 2021 liegen bei 2,4 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 383 µg/l (Sickerwasserschächte). Besonders das Sickerwasser des Schacht E sticht durch sehr hohe Cadmiumkonzentrationen hervor.

Die **Kupferkonzentrationen** (vgl. Anlagen 6.5.1 und 6.5.2) liegen im Grundwasser der Schicht 1 überwiegend zwischen <1,0 µg/l (FLS13, FLS16 und FLS18) und 9,2 µg/l (FLS15, Mai 2022) (vgl. Abbildung 59). An der südlich gelegenen FLS12 wurden höhere Konzentrationen von 25 µg/l und 30 µg/l gemessen. Von März zum Mai 2022 ist ein Anstieg der Kupferkonzentration im Grundwasser der Messstellen der Schicht 1 zu erkennen. Die Konzentrationen in der

Schicht 2 befinden sich größtenteils auf einem ähnlichen Niveau ($<1 - 9,7 \mu\text{g/l}$). Nur im März 2022 wurde im Grundwasser der südlich gelegenen FLS11 mit $29 \mu\text{g/l}$ ein höherer Wert ermittelt. Im Mai 2022 wurde die Konzentration mit $6,3 \mu\text{g/l}$ gemessen.

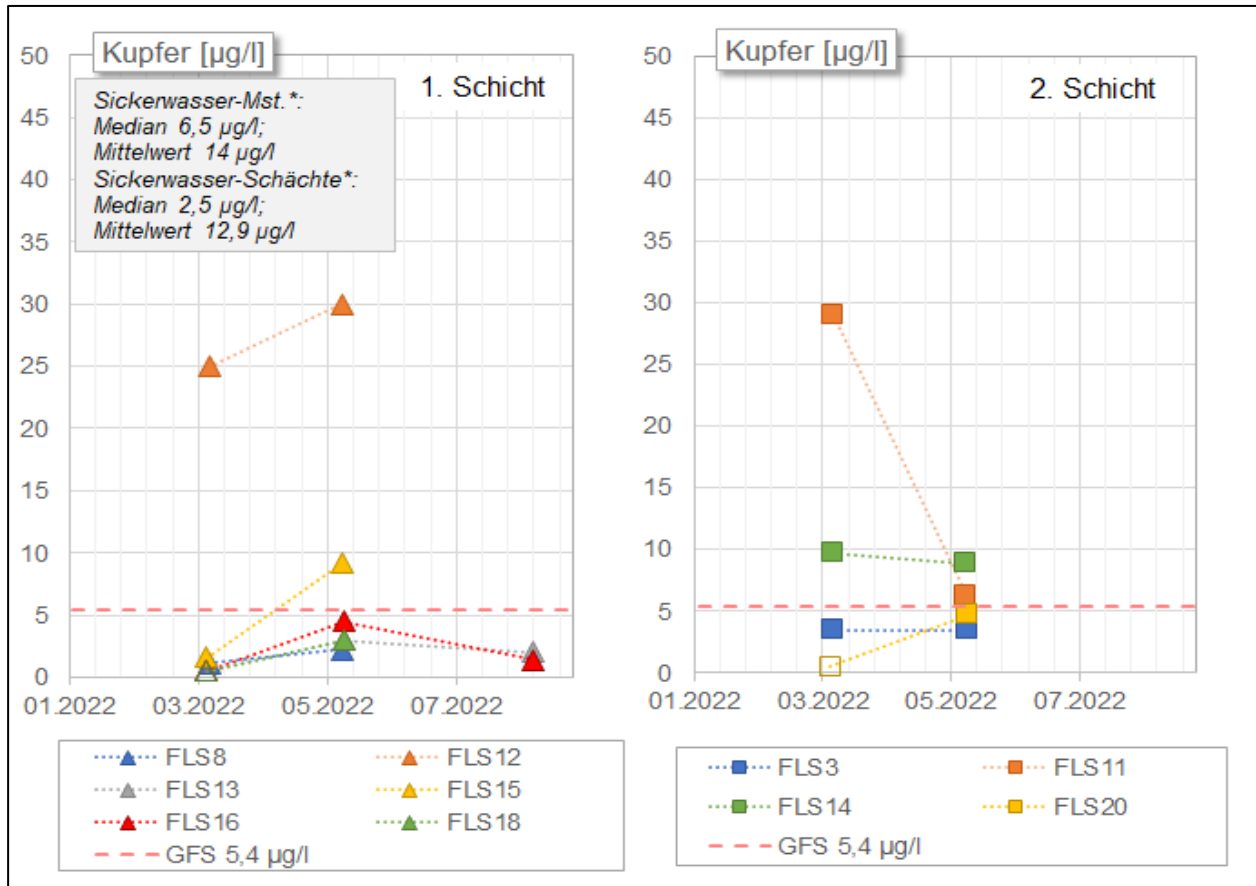


Abbildung 59 Kupferkonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten und GFS-Wert der LAWA (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Bei Unterschreitung der Bestimmungsgrenze wurde der halbe Wert der Bestimmungsgrenze und eine transparente Füllung des Symbols dargestellt. Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Die gemessenen Konzentrationen an den Messstellen FLS12 sowie FLS15 (nur im Mai 2022) (Schicht 1) bzw. der FLS11 und FLS14 (Schicht 2) überschreiten den zur Orientierung herangezogenen GFS-Wert der LAWA von $5,4 \mu\text{g/l}$.

Die mittleren Kupferkonzentrationen im Sickerwasser (Zeitraum 2015 – 2021) liegen bei $14 \mu\text{g/l}$ (Sickerwasser-Messstellen) bzw. $12,9 \mu\text{g/l}$ (Sickerwasserschächte). Anhand der mittleren Konzentrationen ist eine eindeutige Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung nicht ersichtlich.

Die Nickelkonzentrationen liegen zwischen $<1,0 \mu\text{g/l}$ (FLS13, März 2022) und $47 \mu\text{g/l}$ (FLS12, Mai 2022) (Schicht 1) bzw. zwischen $1,3 \mu\text{g/l}$ (FLS20, März 2022) und $32 \mu\text{g/l}$ (FLS11, März 2022) (Schicht 2) (vgl. Abbildung 60). Im Grundwasser der Schicht 1 fallen die höheren Konzentrationen der FLS12 auf, außerdem sind die Werte im Grundwasser der FLS16 etwas höher, als an den übrigen Messstellen, die in der Schicht 1 verfiltert sind. In der Schicht 2 ist die im März 2022 im Grundwasser der FLS11 erfasste Nickelkonzentration mit $32 \mu\text{g/l}$ rd. zehnmal

größer als die der übrigen Messtellen. Der zur Orientierung herangezogene GFS-Wert der LAWA von 5,4 µg/l wird überwiegend überschritten.

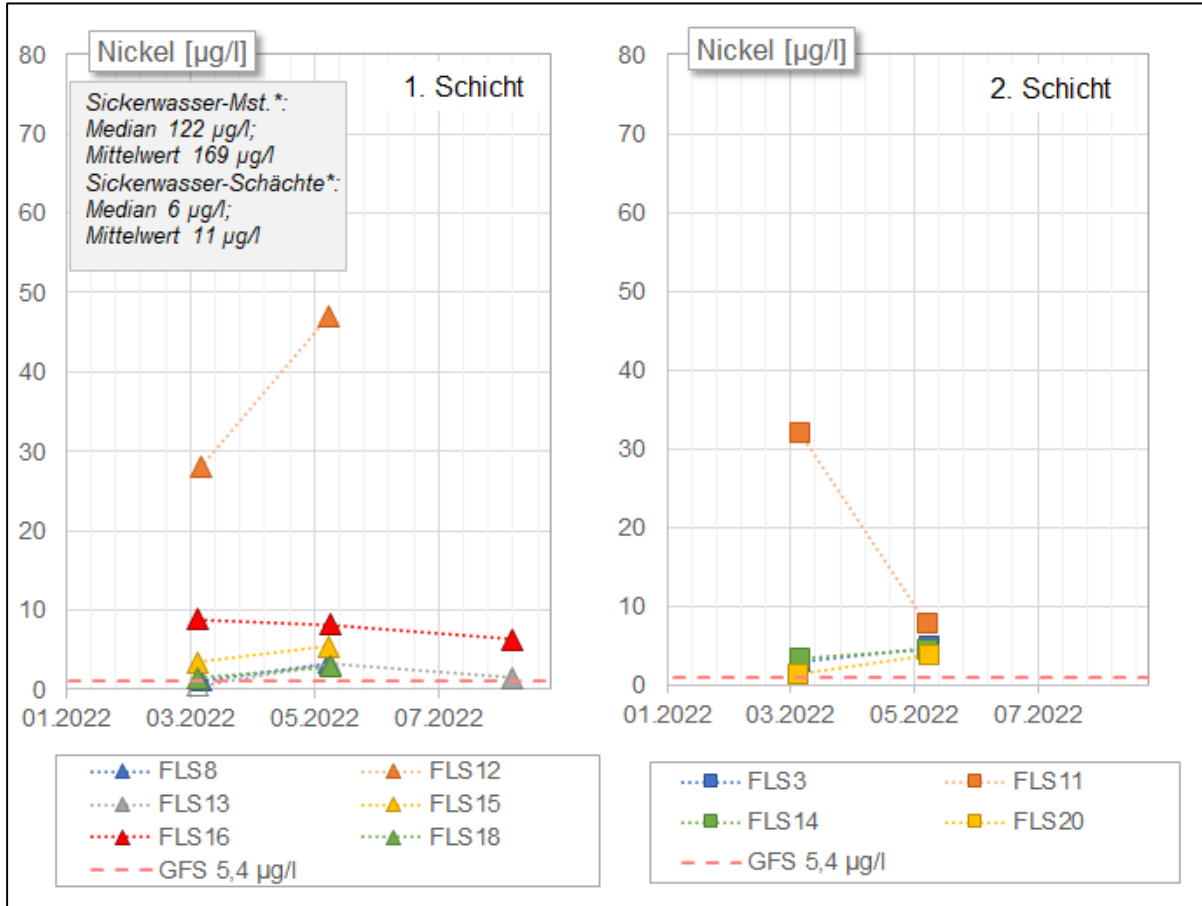


Abbildung 60 Nickelkonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten und GFS-Wert der LAWA (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Bei Unterschreitung der Bestimmungsgrenze wurde der halbe Wert der Bestimmungsgrenze und eine transparente Füllung des Symbols dargestellt. Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Die mittleren Nickelkonzentrationen im Sickerwasser des Zeitraums 2015 – 2020 liegen in den Sickerwasser-Messstellen mit 169 µg/l deutlich oberhalb der Konzentrationen, die im Grundwasser gemessen wurden. Die Konzentrationen in den Sickerwasserschächten liegt mit 11 µg/l auf einem ähnlichen Niveau wie im Grundwasser.

Für den Parameter Quecksilber lagen die Ergebnisse unter der Bestimmungsgrenzen von 0,2 µg/l (vgl. Anlagen 6.1 und 6.2 sowie Anlagen 6.5.1 und 6.5.2).

Im Grundwasser der Messstellen der Schicht 1 wurden Zinkkonzentrationen zwischen <5 µg/l (FLS13, März 2022) und 130 µg/l (FLS12, Mai 2022) gemessen (vgl. Abbildung 61). Im Grundwasser der meisten Messstellen der Schicht 2 liegen die Werte mit max. 110 µg/l (FLS11, März 2022) auf einem ähnlichen Niveau. Ausgenommen davon ist die östlich gelegene Messstelle FLS14. Im Grundwasser wurden mit 520 µg/l und 440 µg/l deutlich höhere Konzentrationen gemessen.

Der zur Orientierung herangezogene GFS-Wert der LAWA von 60 µg/l wird im März 2022 an den Messstellen FLS12 und FLS16 (Schicht 1) bzw. FLS11 und FLS14 (Schicht 2) und im Mai 2022 an den Messstellen FLS12 und FLS 16 (Schicht 1) bzw. FLS3 und FLS14 (Schicht 2) überschritten.

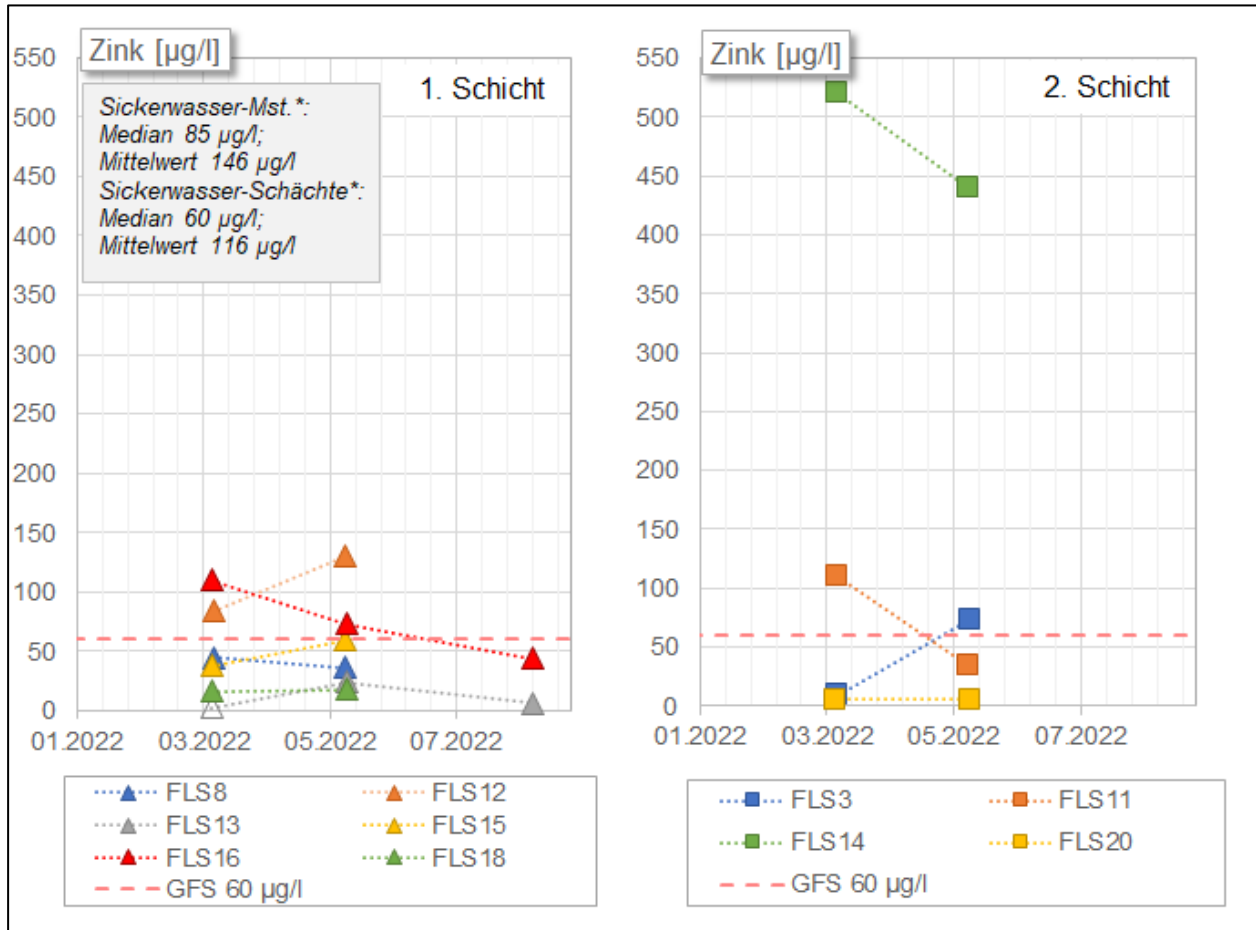


Abbildung 61 Zinkkonzentrationen im Grundwasser der flachen Lintforter Schichten und GFS-Wert der LAWA (links: Schicht 1; rechts: Schicht 2). Gegenübergestellt sind in der grauen Box die Ergebnisse der Sickerwasseruntersuchungen zwischen 2015 und 2021 (stat. Auswertung), *Zeitraum 2015 - 2021

Die mittleren Zinkkonzentrationen (Zeitraum 2015 – 2021) liegen bei 146 µg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 116 µg/l (Sickerwasserschächte). Anhand der mittleren Konzentrationen ist eine Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung nicht auszuschließen. Bei Gegenüberstellung der mittleren Konzentrationen des Sickerwassers mit den höchsten Konzentrationen des Grundwassers der Schicht 1, liegen diese auf einem ähnlichen Niveau.

Fazit: Nach der Betrachtung der Schwermetallkonzentrationen im Grundwasser der FLS-Messstellen bestätigt sich die oben getätigte Aussage im Zuge der Hauptparameterbetrachtung hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit. Die bei den Hauptparametern ersichtlichen sprunghaften Konzentrationsänderungen zwischen den beiden Probenahmen treten auch bei den Schwermetallkonzentrationen auf. Nach nur zwei Probenahmen sind erwartungsgemäß

keine eindeutigen Entwicklungen oder Trends abzulesen. Weiterhin sind anhand der Ergebnisse der Hauptparameter und Schwermetalle keine deutlichen Unterschiede in der Grundwasserbeschaffenheit zwischen der Schicht 1 und der Schicht 2 erkennbar.

Die jeweiligen GFS-Werte der LAWA der Parameter Arsen, Blei, Cadmium, Chrom ges., Kupfer, Nickel und Zink werden an einigen Messstellen überschritten.

Weiterhin fällt auf, dass am südlichen Rand der Verfüllung in der Schicht 1 (FLS12) und der Schicht 2 (FLS11) einige Schwermetalle höhere Konzentrationen aufweisen.

Im Grundwasser der FLS12 (Schicht 1) wurden höhere Konzentrationen der Parameter Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Nickel ermittelt. Eine Beeinflussung des Grundwassers durch das Sickerwasser der Verfüllung ist aufgrund der hydraulischen Situation an dieser Messstelle nicht zu erwarten (vgl. **Anlage 6.5.1**), da die FLS12 als Anstrommessstelle einzuordnen ist.

Auch die mittleren Schwermetallkonzentrationen des Zeitraums 2015 – 2021, die im Sickerwasser erfassten wurden, liegen vermehrt unterhalb der jeweiligen Werte, die im Grundwasser der FLS12 gemessen wurden und deuten nicht daraufhin, dass eine Beeinflussung durch die Verfüllung besteht.

Ein Einfluss des Sickerwassers auf das Grundwasser der Schicht 1 ist anhand der Ergebnisse der Schwermetallanalysen nicht abzuleiten.

In der Schicht 2 fällt das Grundwasser der FLS11 durch höhere Konzentrationen der Parameter Arsen, Blei, Cadmium und Kupfer auf.

Anhand der hydraulischen Verhältnisse in der 2. Schicht liegt die FLS11 im Abstrombereich (vgl. **Anlage 6.5.2**), was auf eine mögliche Beeinflussung hindeuten könnte.

Dagegen spricht, dass die Schwermetallkonzentrationen des Zeitraums 2015 – 2021 im Sickerwasser vermehrt unter den Schwermetallkonzentrationen in der Messstelle FLS11 liegen und sich zudem die z. T. sehr hohen Chloridgehalte des Sickerwassers (mittlere Chloridkonzentrationen von 4.961 mg/l (Sickerwasser-Messstellen) bzw. 1.215 mg/l (Sickerwasser-Schächte) nicht in der Messstelle FLS11 (26 – 31 mg/l) wiederfinden.

In der Schicht 2 wurden außerdem an der östlich der Verfüllung gelegenen FLS14 höhere Zinkkonzentrationen ermittelt. Die für die FLS11 getroffenen Aussagen hinsichtlich der Vergleiche der Schwermetall- und Chloridkonzentrationen zwischen Sickerwasser und Grundwasser treffen auch hier zu. Außerdem liegt die FLS14 im Anstrombereich. Eine Beeinflussung durch Sickerwasser aus der Verfüllung ist auch hier sehr unwahrscheinlich.

Eine durch das Sickerwasser der Verfüllung auftretende Beeinflussung ist anhand der Schwermetall- und Chloridgehalte in der Schicht 2 nicht abzuleiten.

Die höheren Schwermetall-Konzentrationen im Grundwasser der FLS12, FLS11 und FLS 14 wurden überwiegend bei der Probenahme im März 2022 nachgewiesen. Sie haben sich bei der Probenahme im Mai 2022 meist nicht bestätigt (außer FLS12 Arsen, Kupfer und Nickel; FLS14 Zink). Möglicherweise liegt die Ursache für erhöhte Konzentrationen bei den Schwermetallen an lokalen Effekten, ggf. in Zusammenhang mit dem Bohrvorgang. **Dies ist durch die Fortführung des hydrochemischen Monitorings zu prüfen.**

7.1.4 Tritium

Die Analyse des Isotops Tritium (H^3) (Einheit: Bq/l bzw. TU (= Tritium Unit); 1 TU = 0,119 Bq/l) dient der Bestimmung des Grundwasseralters. Tritium kommt in der Umwelt natürlich, aber auch aufgrund von anthropogenen Aktivitäten vor. Natürliches Tritium bildet sich in der Stratosphäre durch Kernreaktionen, die durch die kosmische Höhenstrahlung ausgelöst werden; und gelangt über eine Reaktionskette in die Atmosphäre.

Die natürliche, in der Atmosphäre vorkommende Tritiumverteilung wurde insbesondere durch die in den 50er und 60er Jahre durchgeführten Kernwaffen- und Wasserstoffbombentests, bei denen erhebliche Mengen von Tritium freigesetzt wurden, stark gestört. Dadurch wird es ermöglicht, Grundwasser zu unterscheiden, welches vor bzw. nach 1953 gebildet wurde [U28, U29]. Die Halbwertszeit von Tritium beträgt 12,32 Jahre.

Um 1963 wurden im Oberflächenwasser Werte von rd. 150 Bq/l nachgewiesen, im Niederschlag bis zu 500 Bq/l. Aufgrund von Austauschaktivitäten (Sickerwasser, Grundwasserneubildung) wird auch im Grundwasser Tritium nachgewiesen. Tiefe abgetrennte Aquifere sind nahezu tritiumfrei ($< 0,1$ Bq/l).

Nach [U30] ist inzwischen das technogene Tritium zu mehr als 90 % zerfallen und durch Einmischen in die Ozeane weitgehend aus dem Wasserkreislauf entfernt. Die jahreszeitliche Schwankungsbreite im Niederschlag liegt derzeit zwischen 0,5 und 1,5 Bq/l.

Die Auswertung bundesweit durchgeführter Tritiumanalysen hat ergeben, dass in Deponiesickerwässern generell mit Werten, die deutlich über dem natürlichen Konzentrationsniveau liegen, zu rechnen ist [U30].

In den durchgeführten Sickerwasseranalysen der Verfüllung Mühlenberg wurden bis zu 9,3 Bq/l festgestellt [U30]. Tritium verhält sich im Wassermolekül „wie Wasser“ und stellt somit einen idealen Tracer für den Nachweis von Sickerwasseraustritten in das Grundwasser dar.

Im Grundwasser der FLS-Messstellen an der Verfüllung Mühlenberg wurden bei der Probenahme im März 2022 überwiegend Tritium-Gehalte von $< 0,89$ Bq/l ($\hat{=} < 7,31$ TU) ermittelt¹⁶. Im Grundwasser der FLS18 (Schicht 1) wurde ein Tritium-Gehalt von 1,2 Bq/l ($\hat{=} 10,08$ TU) und im Grundwasser der FLS14 (Schicht 2) ein Wert von 1,6 Bq/l ($\hat{=} 13,45$ TU) gemessen (vgl. Anlage 6.1).

Im Mai 2022 liegen die Tritium-Gehalte überwiegend bei $< 1,4$ Bq/l ($\hat{=} < 11,76$ TU) bzw. im Grundwasser der FLS18 bei $< 1,3$ Bq/l ($\hat{=} < 10,92$ TU) (vgl. Anlage 6.2). Die im März 2022 gemessenen Tritiumwerte im Grundwasser der FLS18 (Schicht 1) und FLS14 (Schicht 2) werden nicht bestätigt.

¹⁶ Für die Bestimmung von Tritium wurde die Flüssigszintillationsmessung (LSC) mit Destillation genutzt, die für die hier vorliegende Fragestellung als ausreichend erachtet wurde. Für niedrigere Nachweisgrenzen wären sehr viel aufwendigere Analyseverfahren notwendig, z.B. die zusätzliche elektrolytische Anreicherung der Proben (Nachweisgrenze in der Größenordnung bis 0,1 Bq/l), für noch geringere Gehalte mit Nachweisgrenzen bis zu 0,6 mBq/l ist die sog. Helium-3/Tritium-Methode erforderlich [U29]. Hiervon werden aber keine wesentlichen zusätzlichen Informationen für die Bewertung des Sickerwasseraustrags erwartet.

Fazit der Tritiumanalysen:

Im Grundwasser der Schichten 1 und 2 wurden, wenn überhaupt, nur sehr geringe Tritiumkonzentrationen festgestellt. Die Sickerwasserkonzentrationen liegen deutlich höher. Somit ist **kein Sickerwassereinfluss im Grundwasser nachweisbar**. Zudem handelt es sich in den Messstellen um „altes“ Wasser (aus der Zeit vor den Kernwaffenversuchen), was entsprechend den Fließzeit-Ergebnissen des Boxmodells auch zu erwarten war. Und letztlich ist auch eine Differenzierung des Grundwassers zwischen Schicht 1 und Schicht 2 anhand des Parameters Tritium nicht möglich.

7.2 Zusätzliche Isotopenuntersuchungen

7.2.1 Hintergrund

Das Grundwasser in der Messstelle FLS16 weist im Vergleich zu den übrigen Grundwassermessstellen der Schicht 1 deutlich erhöhte Konzentrationen an Sulfat sowie Calcium, Magnesium und Hydrogencarbonat auf (vgl. Kapitel 7.1.1). Als mögliche Ursachen kommen an diesem Standort maßgeblich die folgenden Prozesse in Frage:

- a) Eine natürliche Oxidation von Eisendisulfiden (Pyrit, Markasit) im Grundwasserleiter durch Nitrat oder organische Substanz, welche aufgrund einer heterogenen Verteilung in den marinen Sedimenten lokal variieren kann. Diese kann durch Säurefreisetzung zu einer zusätzlichen Lösung von Carbonatmineralen führen.
- b) Eine Beeinflussung des Grundwassers durch höherkonzentrierte Sickerwässer aus dem Bereich der Verfüllung Mühlenberg.

Um die genetische Herkunft des Sulfats zu klären und daraus Rückschlüsse auf die zugrundeliegende Ursache der erhöhten Stoffkonzentrationen in der Grundwassermessstelle FLS16 ziehen zu können, wurden auf Anregung des Gutachters des Landkreises Wesel an den Grundwassermessstellen FLS13 und FLS16 sowie in Sickerschächten innerhalb der Verfüllung (Schächte A, C und D) Wasserproben genommen und auf Ihre Schwefel- und Sauerstoffisotopensignaturen untersucht. Dabei ist die im Nordosten der Verfüllung gelegene FLS16 hinsichtlich der generellen Grundwasserbewegung in der Schicht 1 als „Abstrommessstelle“ und die im Südwesten gelegene FLS13 als „Anstrommessstelle“ einzustufen.

Bei den Untersuchungen der stabilen Schwefelisotope wird das Verhältnis des häufigsten Isotops (^{32}S) zum schwereren Isotop ^{34}S ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) bestimmt; die Isotopensignatur von Sauerstoff ergibt sich aus dem Verhältnis $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$. Diese Isotopenverhältnisse werden auf einen Standard (VCDT – „Vienna Canyon Diablo Troilit“) bezogen und als relative Abweichung hiervon in der sogenannten δ -Notation angegeben.

Mit Hilfe der Isotopensignaturen kann zwischen verschiedenen Herkunftsbereichen wie Infiltration rezenter Niederschläge, sedimentär-evaporitisches Aquifermaterial (geogen) oder Baustoffe (anthropogen), Oxidation sedimentärer Sulfide (z. B. Pyrit) oder mehrfach ablaufenden Redoxprozessen unterschieden werden. So weisen organisch gebundener Schwefel und sulfidische Schwefelverbindungen wie Eisendisulfid (FeS_2) beispielsweise relativ niedrige $\delta^{34}\text{S}$ -

Werte auf. Anorganische Sulfatverbindungen wie Gips ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) oder aus der SO_2 -Deposition stammende Schwefelverbindungen weisen dagegen positivere Werte auf.

Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise, die Prüfberichte sowie eine erste Auswertung der Untersuchungsergebnisse sind im Gutachten des ausführenden Labors Hydroisotop (**Anlage 6.6**) zu finden. Im Folgenden werden die dort beschriebenen Schlussfolgerungen zusammengefasst.

7.2.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen sind in der folgenden Tabelle 8 zusammengefasst und in der Abbildung 62 einander gegenübergestellt.

Messstelle	$\delta^{34}\text{S-SO}_4$ (‰VSMOW)	$\delta^{18}\text{O-SO}_4$ (‰VSMOW)
FLS 13	-33,4	2,5
FLS 16	-35,4	5,1
Schacht A	14,1	14,2
Schacht C	2,8	19,2
Schacht D	20,8	14,6

Tabelle 8 Isotopensignaturen von Schwefel- und Sauerstoff in den untersuchten Grund- und Sickerwässern (vgl. Anlage 6.6)

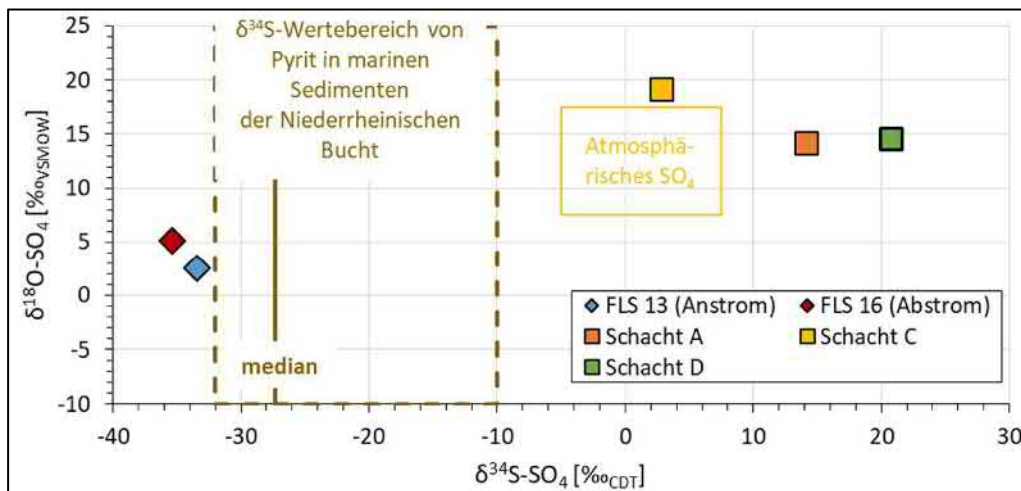


Abbildung 62 Gegenüberstellung der Isotopensignaturen der untersuchten Grund- und Sickerwässer. Zusätzlich dargestellt sind typische Wertebereiche für $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ und $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ von atmosphärischen Sulfatquellen sowie von Pyritmineralen in der Niederrheinischen Bucht (vgl. Anlage 6.6).

Die deutlich abgereicherten $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ -Isotopensignaturen der beiden Grundwasserproben liegen gemäß Bericht Hydroisotop (**Anlage 6.6**) in einem typischen Wertebereich für Pyrite in (marinen) tertiären Sedimenten in der Niederrheinischen Bucht und können eindeutig auf eine

Herkunft aus Sekundärsulfat zurückgeführt werden, welches aus der Oxidation von Sulfiden (Sulfidminerale oder H_2S) entsteht.

Die Sickerwasserproben aus den Schächten A, C und D weisen demgegenüber deutlich abweichende Isotopensignaturen auf. Die $\delta^{34}S-SO_4$ -Signaturen sind, wie auch die $\delta^{18}O-SO_4$ -Signaturen, stark angereichert und typisch für Sulfat aus der Gipslösung z. B. von Evaporiten (geogen) oder Baustoffen (anthropogen).

Die Gegenüberstellung der $\delta^{34}S-SO_4$ -Signaturen mit den jeweiligen Sulfatkonzentrationen (Abbildung 63) zeigt, dass trotz der deutlich höheren Sulfatkonzentrationen in der Messstelle FLS16 in beiden untersuchten Grundwässern vergleichbare $\delta^{34}S-SO_4$ -Signaturen vorliegen. Dies deutet klar darauf hin, dass das gelöste Sulfat in den Grundwasserproben der Messstellen FLS13 und FLS16, unabhängig von der vorliegenden Konzentration, sehr wahrscheinlich eine vergleichbare Quelle besitzt, z. B. Oxidation der in den Sedimenten enthaltenen Pyrite und Markasite im Zuge des Abbaus von Nitrat oder organischer Substanz.

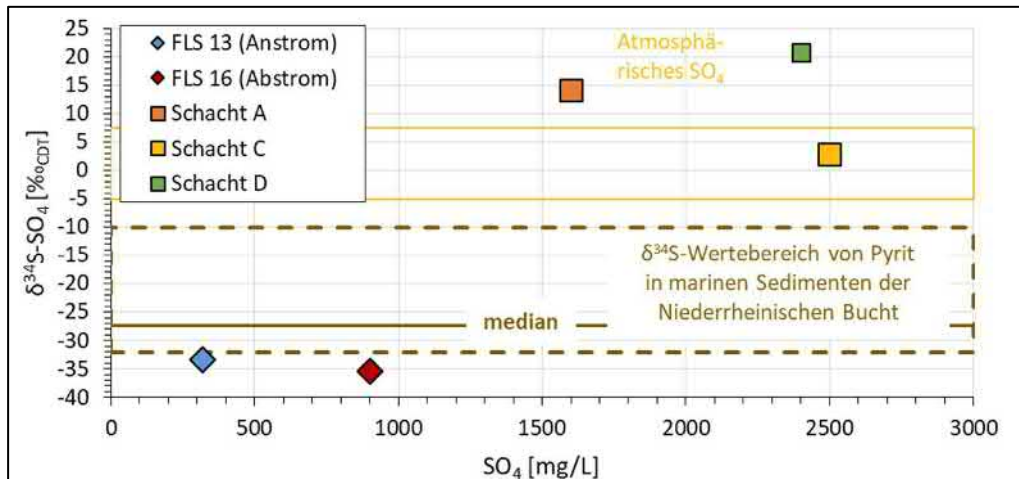


Abbildung 63 Gegenüberstellung der $\delta^{34}S-SO_4$ -Isotopensignaturen der untersuchten Grund- und Sickerwässer mit den jeweiligen Sulfatkonzentrationen. Zusätzlich dargestellt sind typische Wertebereiche von $\delta^{34}S-SO_4$ von atmosphärischen Sulfatquellen sowie von Pyrit in marinen Sedimenten der Niederrheinischen Bucht (vgl. Anlage 6.6)

Die deutlich höheren Sulfatkonzentrationen in der Abstrommessstelle FLS16 sind somit auf verstärkte Abbauprozesse von Nitrat oder organischer Substanz im Grundwasserleiter zurückzuführen. Eine eindeutige Ursache hierfür lässt sich anhand der beschriebenen Untersuchungen nicht ableiten.

Fazit: Das Sickerwasser, wie es in den Schächten A, C und D analysiert wurde, kann auf Grundlage der hier beschriebenen Ergebnisse als Ursache für die erhöhten Sulfatkonzentrationen im Grundwasser der Messstelle FLS16 ausgeschlossen werden.

8 Untersuchungen zum Stofftransport in den Lintforter Schichten

8.1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Die genaue Zusammensetzung der Inhaltstoffe in der Verfüllung Mühlenberg ist nicht bekannt. Weitgehend bekannt ist aber die Beschaffenheit der Sickerwässer. Neben erhöhten Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und ggf. auch monoaromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX) sind die Sickerwässer durch hohe Konzentrationen an Schwermetallen und Spurenelementen gekennzeichnet. So treten neben Arsen, Blei und Cadmium vor allem Chrom (hier auch in seiner sechswertigen Form als Chromat), Nickel, Molybdän, Vanadium sowie Kupfer und Zink teils in deutlich erhöhten Konzentrationen auf.

Die Verlagerung der im Sickerwasser gelösten Stoffe erfolgt nicht ideal mit dem Sickerwasser, sondern wird durch chemisch-physikalische Wechselwirkungen zwischen Sickerwasser, immobilem Haftwasser und dem Feststoffgerüst der durchsickerten Schichten stark verzögert. Diese Verzögerung ist stoffspezifisch und hängt von der Beschaffenheit des Sickerwassers und von den Eigenschaften der durchsickerten Schichten ab. Während organische Stoffe entsprechend des Gehalts an organischem Kohlenstoff im Feststoffgerüst sorbiert sowie teilweise abgebaut werden, erfolgt der Rückhalt von Schwermetallen und Spurenelementen auch durch die Anlagerung an Tonminerale sowie durch Fällungsprozesse.

Die Mobilität der im Sickerwasser gelösten Wasserinhaltsstoffe wurde unter Berücksichtigung des stoffspezifischen Rückhaltevermögens der durchströmten Lintforter Schichten und der langen Fließzeiten bis zur Basalen Schicht oberhalb des Ratinger Tons mit einem reaktiven Stofftransportmodell berechnet und im Sinne einer Gefährdungsabschätzung für den unterliegenden, wasserwirtschaftlich genutzten Grundwasserleiter (Walsumer Meeressande) bewertet.

8.2 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise zur Bewertung der Mobilität der im Sickerwasser gelösten Wasserinhaltsstoffe unter Berücksichtigung des stoffspezifischen Rückhaltevermögens der durchströmten Tonsteine und der langen Fließzeiten wird im Folgenden beschrieben.

1. Ableitung der Sickerwasserbeschaffenheit

Aus vorliegenden Analysen wurde ein typisches Sickerwasser abgeleitet, das dieses hinsichtlich der physikochemischen Parameter (pH-Wert, Temperatur, Redoxpotenzial), der anorganischen Hauptinhaltsstoffe sowie der Neben- und Spurenstoffe (insbesondere Schwermetalle und Arsen) und den organischen Inhaltsstoffen widerspiegelt. Dieses Wasser wurde für die Berechnung der Stofftransportprozesse und des Rückhalts ausgewählter (Schad-)Stoffe entlang eines Strömungspfades in einem reaktiven Stofftransportmodell verwendet. Da die vorliegenden Analysen nicht alle für die Modellberechnungen relevanten Hauptinhaltsstoffe beinhalten, wurden zur Vervollständigung des erforderlichen Parameterumfangs ergänzende Analysen an Proben aus drei Sickerwasserschächten durchgeführt.

2. Datenrecherche

Für einzelne Inhaltsstoffe der Sickerwässer (u.a. Chrom, Molybdän, Vanadium) war im Vorfeld der Modellberechnungen eine Recherche zu stoffspezifischen thermodynamischen Daten erforderlich. Zudem erfolgte eine Abschätzung der Reaktivität für verschiedene organische Komponenten anhand von Literaturangaben.

3. Ableitung der schadstofftransportrelevanten Eigenschaften des Feststoffgerüsts

Um die stoffspezifische Ausbreitung der Wasserinhaltsstoffe durch die Tonsteinserien berechnen zu können, müssen die hierfür relevanten Feststoffbestandteile bekannt sein. Hierzu gehören die Gehalte an organischem Kohlenstoff (TOC), an anorganischem Kohlenstoff (TIC), die Kationenaustauschkapazität sowie die tonmineralogische Zusammensetzung. Diese wurden an Proben aus vier ausgewählten Bohrkernen bestimmt. Die Ergebnisse dienen der Parametrisierung des Stofftransportmodells.

4. Aufbau und Parametrisierung eines reaktiven Schadstofftransportmodells

Auf Grundlage der hydrogeologischen Situation und der durchgeführten Berechnungen mit dem bestehenden Grundwasserströmungsmodell wurde ein reaktives Stofftransportmodell aufgebaut. Dieses Modell bildet in Form einer Modellstromröhre den potenziellen Strömungspfad standorttypischer Sickerwässer von der Basis des Mühlenbergs bis zu den Basalen Schichten ab. Mit dem Modell werden neben dem advektiven Transport und unter Berücksichtigung der diffusiven Mischung mit dem Haftwasseranteil alle relevanten Wechselwirkungen zwischen Wasserinhaltsstoffen und dem Feststoffgerüst (z. B. Sorption, Fällung) abgebildet.

5. Berechnung der stoffspezifischen Verlagerungen und der damit verbundenen Konzentrationsentwicklungen

Mit dem parametrisierten Stofftransportmodell wurde die stoffspezifische Verlagerung der im Sickerwasser gelösten Inhaltsstoffe über die genannte Sickerstrecke berechnet und die Konzentrationsentwicklung prognostiziert. Anhand dieser Konzentrationsentwicklungen ist eine fundierte Gefährdungsbeurteilung für das Grundwasser der Basalen Schicht möglich.

8.3 Standortbedingungen und ergänzende Untersuchungen

8.3.1 Lage und Messnetz

Die Lage und Geometrie der Verfüllung Mühlenberg sowie das Grund- und Sickerwassermessnetz zeigt der in Abbildung 64 dargestellte Übersichts-Lageplan.

Maßgeblich für eine fundierte Bewertung möglicher Stoffausträge aus der Verfüllung in die unterliegenden Gesteinsschichten sind neben den hydraulischen Verhältnissen (Kapitel 6) vor allem die hydrochemischen Beschaffenheiten der Sickerwässer aus der Verfüllung, die Beschaffenheit der unterliegenden Grundwässer in den Lintforter Schichten sowie die hydrogeochemischen Eigenschaften der durchströmten Gesteinsschichten.

Innerhalb der Verfüllung Mühlenberg existieren fünf Sickerwasserschächte (A – E), über die eine Sickerwasserhaltung erfolgt. Zudem gibt es sechs Sickerwassermessstellen (B2 - B6). Die Stammdaten der Sickerwassermessstellen und –schächte sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

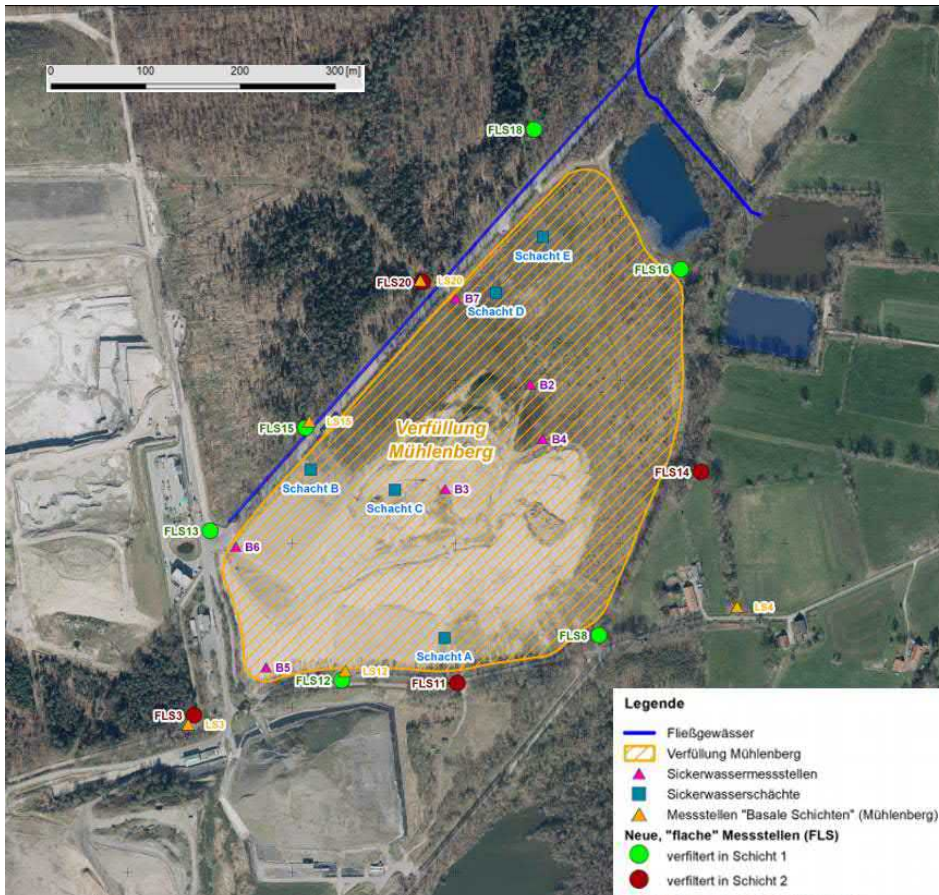


Abbildung 64 Lageplan der Verfüllung Mühlenberg, der dazugehörigen Sickerwasserschächte (A – E), der Sickerwassermessstellen B2 – B6 und der Grundwassermessstellen

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	MPH	Ausbautiefe ¹	Filterbereich	Ausbautiefe = Sohle Verfüllung ²	Ausbau-durchmesser
			mNN	m u. GOK	m u. GOK	mNN	mm
B2	351090,9	5725393,9	77,82	45,4	41,4-45,4	32,42	DN80
B3	350986,8	5725266,8	77,327	42,0	37,5-42,0	35,94	DN80
B4	351105,8	5725327,6	77,94	42,3	38,3-42,3	35,027	DN150
B5	350768,6	5725049,3	52,592	7,5	46,6-48,8	46,60	DN125
B6	350731,6	5725196,5	52,334	6,5	1-6,5	45,5	DN125
B7	350999,7	5725499,1	53,26	9	7-9	45,7	DN125
Schacht A	350986,3	5725085,4	65,59	ca. 36	unbekannt	ca. 35	>DN1.000
Schacht B	350823,2	5725290,4	55,46	ca. 25	unbekannt	ca. 30	>DN1.000
Schacht C	350925,7	5725265,7	77,24	ca. 47	unbekannt	ca. 30	>DN1.000
Schacht D	351048,8	5725506,0	63,3	ca. 31	unbekannt	ca. 32,5	>DN1.000
Schacht E	351106,1	5725573,8	58,1	ca. 26	unbekannt	ca. 32,5	>DN1.000

Tabelle 9 Stammdaten der Sickerwassererfassungselemente (Schächte) und Sickerwassermessstellen am Mühlenberg [U22]

8.3.2 Sickerwasserbeschaffenheit

Chemische Untersuchungen der Sickerwässer aus den Schächten und Sickerwassermessstellen sind in verschiedenen Gutachten beschrieben [U26, U31]. Die Beprobung des Sickerwassers erfolgt seit Februar 2017 vierteljährlich. Der behördlich festgelegte Parameterumfang umfasst die Parameter(gruppen) CSB, DOC, Chlorid, Natrium, Sulfat, Ammonium, MKW, PAK, BTEX, LHKW, Arsen sowie Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom gesamt, Chrom VI, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Titan, Vanadium, Zink), Cyanide (gesamt, leicht freisetzbar) und Molybdän.

Die zur Verfügung gestellten Beschaffenheitsdaten wurden getrennt nach Sickerwassermessstellen und -schächten statistisch ausgewertet, um eine mittlere Beschaffenheit der Sickerwässer für die Modellrechnungen abzuleiten. Statistische Kenngrößen zu den Konzentrationen der Hauptinhaltsstoffe und der vor-Ort-Parametern können der Tabelle 10 (Sickerwässer aus den Messstellen) und Tabelle 11 (Sickerwässer aus den Schächten) entnommen werden.

Hinsichtlich der abzuleitenden mittleren Beschaffenheit sind die Wässer aus den Schächten als repräsentativ anzusehen. Über die Schächte erfolgt eine aktive Wasserhaltung, so dass jeweils ein größerer Bereich der Auffüllung entwässert wird. Die Schachtsickerwässer entsprechen damit dem durchschnittlichen Sickerwasser aus der Auffüllung. Demgegenüber erfassen die Messstellen nur isolierte Sickerwasserbahnen, die weitaus stärker durch lokale Besonderheiten im Stoffbestand der Auffüllung geprägt sein können. Dementsprechend ist auch die Variabilität in den Beschaffenheiten dieser Sickerwässer deutlich höher.

Die Sickerwässer zeichnen sich insgesamt durch hohe elektrische Leitfähigkeiten von bis zu 39,9 mS/cm aus, wobei in den Sickerwassermessstellen im Mittel (Median: 17,5 mS/cm) weit- aus höhere Werte als in den Schächten angetroffen werden (Median: 8,9 mS/cm).

Substanz/ Verbin- dung	Anzahl	Min	Mittel- wert	Median	75% Perzentil	Max
mg/l						
Vor Ort Parameter						
pH-Wert [-]	43	7,30	8,82	8,40	9,10	12,90
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	58	3120	17489	17720	21450	39900
Redoxpotenzial [mV]	14	-560	-391	-370	-328	-190
Temperatur [°C]	56	13,7	24,0	25,0	28,1	31,6
Sauerstoff [mg/l]	15	0,1	0,16	0,10	0,25	0,40
Kationen						
Ammonium	58	2,0	411	260	743	1100
Natrium	58	832	2359	2870	3483	3980
Anionen						
Chlorid	58	580	4961	4500	8925	13000
Sulfat	58	14	2359	2870	3483	3980
Weitere Parameter						
gelöster org. Koh- lenstoff (DOC)	58	17	308	200	570	740

Tabelle 10 Mittelwerte und Spannweiten der hydrochemischen Hauptparameter in den Sickerwassermessstellen B1, B2, B3 und B4 von Oktober 2015 bis Juni 2022

Substanz/ Verbindung	Anzahl	Min	Mittelwert	Median	75% Perzentil	Max
mg/l						
Vor Ort Parameter						
pH-Wert [-]	80	7,00	8,90	8,90	9,70	11,10
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	106	638	6678	6330	7778	15540
Redoxpotenzial [mV]	-	-	-	-	-	-
Temperatur [°C]	92	1,1	15,7	15,6	18,1	31,1
Sauerstoff [mg/l]	-	-	-	-	-	-
Kationen						
Ammonium	92	< 0,5	32,5	20,0	32,3	180
Natrium	106	12	884	833	1020	2480
Anionen						
Chlorid	106	11	1215	915	1700	4190
Sulfat	106	150	1505	1400	2000	2900
Weitere Parameter						
gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	92	1,4	24,7	17,0	26,3	95,0

Tabelle 11 Mittelwerte und Spannbreiten der hydrochemischen Hauptparameter in den Sickerwasserschächten A, B, C, D und E von Oktober 2015 bis Juni 2022.

Die hohen Leitfähigkeiten sind insbesondere auf die hohen Konzentrationen an Chlorid (bis zu 13 g/l) und Sulfat (bis zu 3,9 g/l) sowie die Konzentrationen der komplementären Kationen Natrium und Calcium zurückzuführen. Niedrige Redoxpotenziale und hohe Ammoniumkonzentrationen von mehreren 10er mg/l in den Schachtwässern bzw. mehreren 100er mg/l in den Wässern aus den Sickerwassermessstellen zeigen zusammen mit den ebenfalls hohen DOC-Konzentrationen an, dass es sich im Wesentlichen um stark reduzierte oder stark reduzierend wirkende Wässer handelt. Auffallend sind die teils hohen Temperaturen der erfassten Sickerwässer in den Messstellen und in den Sickerschächten. Temperaturen von bis zu 31°C deuten auf exotherme Stoffumsetzungen innerhalb des durchsickerten Haldenkörpers hin. Dies könnte beispielsweise ein Abbau organischer Stoffe aber auch ein Abbinden mineralischer Reststoffe sein.

Die Tabelle 12 fasst Mittelwerte und Spannbreiten für organische Schadstoffe/Schadstoffgruppen sowie für Spurenelemente und Schwermetalle für die Beschaffenheitsdaten aus den Sickerwassermessstellen zusammen und stellt diese den Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser (GFS-Werte [3]) gegenüber. Die Tabelle 13 zeigt die gleiche Zusammenstellung für die Daten aus den Sickerwasserschächten.

Substanz/ Verbindung	Anzahl	Übliche BG*	Min	Mittelwert	Median	75% Perzentil	Max	GFS-Wert
µg/l								
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe								
PAK nach EPA	26	0,01	0,005	0,79	0,58	1,32	2,42	-
Summe PAK (ohne Naphth.)	26	0,01	0,005	0,51	0,22	0,98	1,9	0,2
Naphthalin	26	0,5	0,1	0,3	0,3	0,4	0,7	2,0
Σ BTEX	58	1	0,5	5,2	4,0	6,1	30,9	20
Cy. gesamt	41	k.A.	3	78	70	130	220	50
Cy. leicht freis.	38	50	25	25	25	25	25	10
Σ LHKW	38	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	20
Schwermetalle und Spurenelemente								
Arsen	58	50	10	46	25	25	150	3,2
Blei	55	5,0	0,5	5,3	2,5	2,5	55	1,2
Cadmium	58	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,3
Chrom gesamt	58	5	2,0	23,9	11	17,8	126	3,4
Chrom VI	58	100	4,0	53,2	50	50	150	-
Kupfer	58	5	0,5	14,3	6,5	9,8	198	5,4
Molybdän	38	k.A.	10	256,7	170	370	730	35
Nickel	58	k.A.	38	168,9	122,5	292,8	388	7
Quecksilber	58	0,5	0,1	0,6	0,3	0,3	5,0	0,1
Titan	55	50	5,0	45,8	25	25	550	-
Vanadium	58	10	5	112,5	20	110	600	4
Zink	58	1	0,5	145,8	85	205	960	60

Tabelle 12 Mittelwerte und Spannweiten der für die Gefährdungsabschätzung relevanten Einzelsubstanzen und Summenparameter in den Sickerwassermessstellen B1, B2, B3 und B4 von Okt. 2015 bis Juni 2022 sowie deren analytische Bestimmungsgrenzen (BG) und GFS-Werte. n.n.: nicht nachgewiesen, k.A.: keine Angabe (* Werte stark durch die Verwendung der ½ BG bei der statistischen Auswertung geprägt)

Substanz/ Verbindung	Ver-	Anzahl	Übliche BG	Min	Mittelwert	Median	75% Perzentil	Max	GFS-Wert
µg/l									
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe									
PAK nach EPA		46	0,01	0,005	0,202	0,02	0,13	3,91	-
Summe PAK (ohne Naphth.)		46	0,01	0,005	0,144	0,008	0,058	2,920	0,2
Naphthalin		46	0,05	0,025	0,082	0,025	0,025	0,99	2,0
Σ BTEX		106	1	0,5	0,7	0,5	0,5	11,6	20
Cy. gesamt		68	50	5	95	25	180	370	50
Cy. leicht freis.		64	50	3	23	25	25	25	10
Σ LHKW		66	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	20
Schwermetalle und Spurenelemente									
Arsen		106	50	4,0	25,4	25	25	80	3,2
Blei		101	5	0,5	2,6	2,5	2,5	11	1,2
Cadmium		106	1	0,3	1,07	0,5	0,9	12	0,3
Chrom gesamt		106	5	0,5	379	2,5	23,75	4070	3,4
Chrom VI		106	100	4	324	50	50	4100	-
Kupfer		106	5	0,5	12,84	2,5	7	163	5,4
Molybdän		66	k.A.	40	3289	1050	4668	11900	35
Nickel		106	5	0,5	10,12	6	12	80	7
Quecksilber		106	0,5	0,05	0,31	0,25	0,25	3,4	0,1
Titan		101	50	5	25,5	25	25	90	-
Vanadium		106	10	1	69,56	40	110	260	4
Zink		106	1	0,5	115,92	60	118,5	810	60

Tabelle 13 Mittelwerte und Spannweiten der für die Gefährdungsabschätzung relevanten Einzelsubstanzen und Summenparameter in den Sickerwasserschächten A, B, C, D, E von Okt. 2015 bis Juni 2022 sowie deren analytische Bestimmungsgrenzen (BG) und GFS-Werte. n.n.: nicht nachgewiesen, k.A.: keine Angabe (* Werte stark durch die Verwendung der ½ BG bei der statistischen Auswertung geprägt)

Ein 2019 durchgeführtes GC-MS-Screening der mittel- und schwerflüchtigen organischen Verbindungen (z.B. alkylierte Aromate, PAK, heterosubstituierte PAK, Kohlenwasserstoffe ab C9, PCB, PCB-Ersatzstoffe, Chlorparafine, Organochlorpestizide und höher chlorierte Aromaten und Phthalate) erbrachte keine Hinweise auf das Vorhandensein solcher Verbindungen in den Sickerwässern. Diese Substanzen sind dementsprechend nicht aufgeführt. Relevante Überschreitungen der GFS-Werte liegen vor allem bei den Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) einschließlich Naphthalin sowie bei allen untersuchten Schwermetallen vor.

Für Arsen wird in nahezu allen Analysen eine Bestimmungsgrenze von 50 µg/l angegeben. Dieser Wert liegt deutlich oberhalb des Geringfügigkeitsschwellenwerts (3,2 µg/l). In 60 von 72 Analysen wird die angegebene Bestimmungsgrenze unterschritten. Erhöhte Arsenkonzentrationen finden sich im Wesentlichen in der B2. In einzelnen Analysen sind Werte von unter 50 µg/l angegeben. Hier wird davon ausgegangen, dass ein sensitiveres Analyseverfahren angewendet wurde. Wird für alle Analysen mit Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze die halbe Bestimmungsgrenze angesetzt, so liegen Mittelwert, Medianwert und 75%Perzentil noch unterhalb von 50 µg/l.

Auch bei dem Parameter Blei liegt die überwiegende Anzahl der angegebenen Werte unterhalb der angegebenen Bestimmungsgrenze von 5 µg/l. Einzelne Analysen weisen eine niedrigere Bestimmungsgrenze von 1,0 µg/l auf. In 39 von 55 Analysen wird die übliche Bestimmungsgrenze von 5 µg/l unterschritten. In einzelnen Analysen wird eine niedrigere Bestimmungsgrenze von 1,0 µg/l angegeben.

Die aus bisherigen Sickerwasseruntersuchungen vorliegenden Analyseergebnisse beinhalten nicht alle für die Berechnungen mit dem Stofftransportmodell relevanten Hauptinhaltsstoffe. Zudem lagen die aus den Analysemethoden resultierenden Bestimmungsgrenzen der untersuchten Schwermetalle häufig deutlich oberhalb der parameterspezifischen GFS-Werte, so dass eine Bewertung auf dieser Grundlage nicht möglich ist. Im Hinblick auf die hydrochemische Stofftransportmodellierung zum Austrag potenzieller Schadstoffe aus der Verfüllung Mühlenberg in das Grundwasser der Basalen Schicht, wurden daher an den Sickerwassererschächten A, C und D ergänzende Untersuchungen der Hauptparameter und Schwermetalle durchgeführt, welche im folgenden Kapitel beschrieben und ausgewertet werden.

8.3.3 Sickerwasserbeschaffenheit – ergänzende Untersuchungen

Am 12. und 18.08.2022 wurden die Sickerwässer in den Schächten A, C und D erneut beprobt und hydrochemisch analysiert (Anlage 7.2.1). Untersucht wurden die Vor-Ort-Parameter und Hauptinhaltsstoffe sowie die folgenden Schwermetalle: Arsen, Blei, Cadmium, Chrom gesamt, Chrom VI, Kupfer, Molybdän, Nickel Quecksilber, Titan, Vanadium und Zink. Die Probenahme wurde dabei unter Membranfiltration mit 0,45 µm durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 14 (Vor-Ort- und Hauptparameter) und Tabelle 15 (Schwermetalle und Spurenelemente) zusammengefasst.

Parameter	Einheit	Schacht A	Schacht C	Schacht D
Temperatur	° C	19,5	22,4	21,4
pH-Wert (vor Ort)	-	8,41	8,83	9,96
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	7200	7120	15050
Sauerstoff (O ₂)		9,06	5,30	0,98
DOC		32	18	124
Calcium		328	537	756
Magnesium		10	3,6	14
Natrium	mg/l	1110	750	2170
Kalium		145	267	476
Nitrat		< 1	3,1	< 1
Sulfat		1600	2500	2400
Chlorid		1500	1200	5100
Säurekapazität KS 4,3	mmol/l	2,3	1,9	9,4

Tabelle 14 Hydrochemische Beschaffenheit der Sickerwässer der Schächte A, C und D im August 2022 (Hauptparameter)

Parameter	Einheit	Schacht A	Schacht C	Schacht D
Arsen		11	17	7,2
Blei		< 1	< 1	< 1
Cadmium		< 0,3	< 0,3	< 0,3
Chrom gesamt		< 1	4,8	20
Chrom VI		< 50	< 50	< 50
Kupfer	µg/l	1,1	3,9	< 1
Molybdän		950	4300	12
Nickel		1,8	5,7	20
Quecksilber		< 0,2	< 0,2	< 0,2
Titan		< 0,5	< 0,5	< 0,5
Vanadium		6,3	81	83
Zink		17	110	< 5

Tabelle 15 Konzentrationen von Arsen und Schwermetallen in den Sickerwässern der Schächte A, C und D im August 2022

8.3.4 Grundwasserbeschaffenheit

Hydrochemische Untersuchungen der Grundwasserbeschaffenheit der Lintforter Schichten im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg liegen für insgesamt 14 Grundwassermessstellen vor, von denen sechs in der Schicht 1 verfiltert sind (FLS 8, 12, 13, 15, 16, 18), vier in der Schicht 2 (FLS 3, 11, 14, 20) und vier in der basalen Schicht (LS 3, 12, 15, 20). Die Ortslagen der Messstellen sind in Abbildung 64 dargestellt. Die Grundwässer an den Messstellen der Schicht 1 und Schicht 2 wurden im März und Mai 2022 hydrochemisch untersucht; Untersuchungen der Grundwässer der Basalen Schicht fanden im Januar, April und Juli 2022 statt. Zusätzlich wurden die Grundwässer der Messstellen FLS 13 und 16 (Schicht 1) im Zuge der im Kapitel 7.2 beschriebenen ergänzenden Untersuchung analysiert.

In Tabelle 16 sind die Spannbreiten der Analyseergebnisse der Hauptparameter für die Messstellen der jeweiligen Schichten zusammengefasst. Ausgenommen ist dabei die Grundwassermessstelle FLS16 (Schicht 1), deren Grundwasser durch deutlich erhöhte Konzentrationen von Sulfat, Hydrogencarbonat (ausgedrückt durch Säurekapazität KS 4,3), Calcium und Magnesium auffällt und damit nicht als repräsentativ gewertet werden kann. Eine detaillierte Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit an den einzelnen Messstellen ist in Kapitel 7.1 zu finden; ergänzende Untersuchungen und Auswertungen zu den hydrochemischen Auffälligkeiten in der Messstelle FLS16 sind in Kapitel 7.2 beschrieben. Insgesamt zeigt sich ein typisches, eher gering mineralisiertes und überwiegend leicht basisches Grundwasser. Die Untersuchung im Mai ergab gegenüber dem März teilweise erhöhte elektrische Leitfähigkeiten und Gesamtmineralisierungen (vgl. Kapitel 7.1).

Für die Ableitung einer umfassenden, für die Lintforter Schichten repräsentativen Grundwasserzusammensetzung wurden auch hier die vorliegenden Analysen einer statistischen Auswertung unterzogen. Mit dem Ziel, eine für alle Modellschichten einheitliche Grundwasserbeschaffenheit festzulegen, wurden für die Konzentrationen der Hauptparameter aus der Schicht 1, Schicht 2 und Basalen Schicht in der Auswertung zusammengefasst. Das Ergebnis zeigt Tabelle 17.

Parameter	Einheit	Schicht 1*	Schicht 2	Basale Schicht	
Temperatur	° C	9,9 – 13,7	10,8 – 18,5	9,8 – 12,7	
pH-Wert	-	7,11 – 7,92	7,46 – 8,75	6,9 – 7,3	
el. Leitfähigkeit	µS/cm	522 - 1281	539 - 1169	1300 – 1780	
Sauerstoff (O ₂)	mg/l	0,53 – 8,07	0,33 – 8,52	0,13 – 1,28	
TOC		1,9 - 33	1,4- 35	3,2 – 7,7	
Calcium		74 - 190	50 – 190	160 – 320	
Magnesium		3,5 - 28	12 – 39	50 – 103	
Natrium		15 - 80	16 – 27	15 – 40	
Kalium		3,0 - 20	6,4 – 27	19 – 35	
Nitrat		0,22 – 8,86	0,31 – 9,3	0,04 – 2,75	
Sulfat		60 - 410	72 – 380	410 – 785	
Chlorid		14 - 67	22 – 32	11 – 45	
KS 4,3		mmol/l	1,9 – 7,3	3,4 – 7,0	6,6 – 8,8

*) ohne FLS16

Tabelle 16 Aus den bisherigen Untersuchungen hervorgehende Spannbreiten der Grundwasserbeschaffenheit (Hauptparameter) in den Grundwassermessstellen der Schicht 1, Schicht 2 und Basalen Schicht der Lintforter Schichten

Substanz/ Verbindung	Einheit	Min	Mittelwert	Median	75% Perzentil	Max
Temperatur	°C	9,8	12,3	12,0	12,5	18,5
pH-Wert	-	6,90	7,49	7,57	7,73	8,75
el. Leitfähigkeit	µS/cm	522	1131	1169	1540	1780
Sauerstoff (O ₂)		0,13	1,94	0,92	2,85	8,52
TOC						
Calcium		50	154	150	205	320
Magnesium		3,5	41,1	28	69,5	103
Natrium	mg/l	15	31	23	36	80
Kalium		3,0	19,4	19	28	35
Nitrat		0,04	2,1	1,7	2,6	9,3
Sulfat		60	326	290	500	785
Chlorid		11	26	22	31	67
KS 4,3	mmol/l	1,9	5,9	6,2	7,2	8,8

Tabelle 17 Mittelwerte und Spannweiten der Hauptparameter im Grundwasser der Lintforter Schichten

Eine detaillierte Beschreibung der Schwermetallkonzentrationen in den Grundwassermessstellen der 1. und 2. Schicht ist in Kapitel 7.1.3 zu finden. Die Tabelle 18 fasst die Spannweiten der in den Grundwassermessstellen der einzelnen Schichten gemessenen Konzentrationen von Arsen und den Schwermetallen zusammen und stellt diese den jeweiligen GFS-Werten gegenüber. Insbesondere in den Schichten 1 und 2 werden die GFS-Werte für Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Chrom gesamt, Nickel und Zink stets oder teilweise überschritten. Für Chrom VI und Quecksilber wurden keine Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Bei diesen Parametern wird dementsprechend davon ausgegangen, dass sie im Grundwasser nicht vorkommen. Die Tabelle 19 zeigt das Ergebnis der schichtenübergreifenden statistischen Auswertung der gemessenen Arsen- und Schwermetallkonzentrationen in den Grundwässern. Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden dabei für Schwermetalle, die grundsätzlich im Grundwasser der Lintforter Schichten vorzufinden waren, mit dem Wert der halben Bestimmungsgrenze berücksichtigt.

Parameter	übliche BG	Schicht 1*	Schicht 2	Basale Schicht	GFS-Wert
			µg/l		
Arsen	k.A.	1,1 – 9,9	1,2 – 6,3	0,5- 1,8	3,2
Blei	1,0	< BG – 34	< BG – 32	< BG	1,2
Cadmium	0,3	< BG – 0,83	< BG – 0,65	< BG	0,3
Kupfer	1,0	< BG – 30	< BG – 29	< BG	5,4
Chrom gesamt	1,0	< BG – 17	< BG – 10	< BG – 5,4	3,4
Chrom VI	50	< BG	< BG	< BG	-
Molybdän**	1,0	13	k.A.	k.A.	35
Nickel	1,0	< BG - 47	1,3 – 32	< BG – 13	7
Quecksilber	0,2	< BG	< BG	< BG	0,1
Titan**	5,0	< BG	k.A.	k.A.	-
Vanadium**	1,0	15	k.A.	k.A.	4
Zink	5,0	< BG – 6,2	5,5 - 520	< BG – 26	60

*) ohne FLS 16, **) nur in FLS 13 am 12.08.2022

Tabelle 18 Spannweiten der Schwermetallkonzentrationen in den Grundwassermessstellen der Schicht 1, Schicht 2 und Basalen Schicht der Lintforter Schichten, gegenübergestellt mit dem jeweiligen GFS-Wert. BG: Bestimmungsgrenze

Substanz/ Ver- bindung	Übliche BG	Min	Mittelwert	Median	75% Perzentil	Max	GFS-Wert
µg/l							
Arsen	0,5	0,25	2,52	1,40	2,55	9,90	3,2
Blei	1,0	0,50	3,67	0,05	1,25	34	1,2
Cadmium	0,3	0,15	0,20	0,15	0,15	0,83	0,3
Chrom gesamt	1,0	0,50	2,10	0,50	2,00	17,0	3,4
Chrom VI	50			< BG			-
Kupfer	1,0	0,50	4,89	0,80	4,40	30	5,4
Molybdän*	1,0			-			35
Nickel	1,0	0,50	6,43	2,90	5,15	47	7
Quecksilber	0,2			< BG			0,1
Titan*	5,0			-			-
Vanadium*	1,0			-			4
Zink	5,0	2,50	58,52	16,0	50	520	60

*) nur Einzelwerte FLS 13 und 16 (diese nicht gewertet), daher keine stat. Auswertung möglich

Tabelle 19 Mittelwerte und Spannweiten der Schwermetalle im Grundwasser der Lintforter Schichten. BG: Bestimmungsgrenze

8.3.5 Feststoffuntersuchungen der Lintforter Schichten

Maßgeblich für den Transport und Rückhalt der mit dem Sickerwasser ausgetragenen Stoffe sind die folgenden Eigenschaften der Lintforter Schichten:

- Gehalt an organischem Kohlenstoff (TOC);
- Gehalt an anorganischem Kohlenstoff (TIC);
- Kationenaustauschkapazität sowie
- Feststoffdichte.

Sowohl die Gehalte an organischem und anorganischem Kohlenstoff im Sediment, als auch dessen Kationenaustauschkapazität (KAK) bestimmen im Wesentlichen dessen Rückhaltevermögen für organische (z.B. PAK) und anorganische Schadstoffe (z.B. Schwermetalle). Die Bestimmung der Feststoffdichte einer Sedimentprobe bildet die Grundlage für die Umrechnung der gemessenen Größen auf ein Einheitsvolumen im Grundwasserleiter.

Diese Eigenschaften wurden an den in der Tabelle 20 aufgelisteten Kernabschnitten der Bohrungen FLS3, FLS11, FLS14 und FLS20 untersucht. Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen sind in den Anlagen 7.1.ff zu finden. Die zu untersuchenden Teufenabschnitte wurden so gewählt, dass die verschiedenen Lithologien der Lintforter Schichten erfasst und durch die Analytik abgebildet werden. So ergibt sich ein umfassendes Bild über die zu erwartende Spannweite der untersuchten Stoffeigenschaften entlang der betrachteten Fließstrecke zwischen der Basis der Verfüllung und der Basalen Schichten.

Bohrung	Kernabschnitt (Bohrmeter u. GOK)	Lithologie gemäß Schichtenverzeichnis
FLS3	20,2 – 21,6	Schluff; stark tonig, sehr schwach feinsandig, steif, sehr stark kalkig, trocken // graubraun /
	21,6 – 22,6	Schluff; feinsandig, locker gelagert, kalkfrei // dunkelgrau-braun / erdfeucht
	22,6 – 23,0	Schluff; schwach feinsandig, schwach tonig, steif, kalkfrei // dunkelgraubraun / erdfeucht (schwach) /
FLS11	14,0 – 15,0	Schluff; tonig, steif, fest, kalkig, trocken // graubraun / Muschelreste
	18,0 – 19,0	Schluff; feinsandig, sehr schwach tonig, weich, steif, schwach kalkig // dunkelbraun / erdfeucht sowie Schluff; tonig, schwach feinsandig, steif, schwach kalkig // braun / erdfeucht, Muschelreste
	19,2 – 19,65	Schluff; feinsandig, weich, kalkfrei // braun / erdfeucht-feucht
	20,2 – 21,55 (ohne Konkretionen)	Schluff; feinsandig, weich, schwach kalkig, feucht /
	21,55 – 22,0	Schluff; tonig, schwach feinsandig, steif, kalkig // braun / erdfeucht
FLS14	12,0 – 13,0	Schluff, stark tonig, schwach feinsandig // erdfeucht-trocken, Muschelschalen / / steif, fest / dunkelbraun sowie Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig // feucht-nass / / weich / dunkelgraubraun
	16,0 – 17,0	Schluff, tonig, schwach feinsandig // erdfeucht, Muschelreste // steif / graubraungrün
	21,05 – 21,55	Schluff; tonig, sehr schwach feinsandig, steif, sehr stark kalkig / braungrau / erdfeucht- trocken
	21,55 – 22,0	Schluff; feinsandig, schwach tonig, steif, kalkig // dunkelgraubraun / erdfeucht
FLS20	17,9 – 19,15	Schluff; tonig, schwach feinsandig, steif, halbfest, kalkig // graubraun-braun / erdfeucht- trocken
	19,8 – 20,5	Schluff; feinsandig, schwach tonig, steif, schwach kalkig // dunkelgraubraun / erdfeucht

Tabelle 20 Bohrungen (Lageplan siehe Abbildung 64) und deren für die Feststoffanalytik ausgewählte Kernabschnitte

Die Beschreibung der Untersuchungsmethoden ist im zugehörigen Gutachten in Anlage 7.2.2 zu finden. Die im Zuge der o.g. Untersuchungen bestimmten Gehalte an organisch gebundenem (TOC) und Gesamt-Kohlenstoff (TC) sowie die daraus berechneten Gehalte an anorganisch gebundenem Kohlenstoff (TIC) sind in Tabelle 21 zusammengefasst. Die Angaben beziehen sich jeweils auf den prozentualen Anteil an der Trockenmasse (%TS) des Sediments.

Bohrung	Abschnitt	TOC	TC	TIC*
	(m u. GOK)	%TS		
FLS3	20,2 – 21,6	0,90	3,03	2,13
	21,6 – 22,6	0,62	0,70	0,08
	22,6 – 23,0	0,63	0,72	0,09
FLS11	14,0 – 15,0	0,60	n.b.	n.b.
	18,0 – 19,0	0,89	n.b.	n.b.
	19,2 – 19,65	0,57	0,61	0,04
	20,2 – 21,55	0,61	0,84	0,23
	21,55 – 22,0	1,01	1,69	0,68
FLS14	12,0 – 13,0	0,71	n.b.	n.b.
	16,0 – 17,0	0,88	n.b.	n.b.
	21,05 – 21,55	0,78	2,90	2,12
	21,55 – 22,0	0,60	1,33	0,73
FLS20	17,9 – 19,15	0,89	2,82	1,93
	19,8 – 20,5	0,64	0,71	0,07
Mittel		0,74	1,54	0,81
Median		0,68	1,09	0,46

*) berechnet

Tabelle 21 Ergebnisse der Untersuchungen der Kohlenstoffgehalte (TOC und TC) sowie daraus berechnete TIC-Gehalte an repräsentativen Einzelproben der Lintforter Schichten, August/September 2022

Die Gehalte an organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC) liegen zwischen 0,57 und 1,01 %TS, im Mittel liegt der Gehalt bei 0,74 %TS. Ein direkter Zusammenhang mit der lithologischen Beschreibung lässt sich anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht ableiten; Abbildung 65 zeigt aber eine Tendenz zu höheren TOC-Gehalten in den Sedimenten mit höherem Tongehalt.

Die Gehalte an TC und die aus der Differenz von TC und TOC berechneten TIC-Gehalte sind im Mittel deutlich höher, als die TOC-Gehalte. So liegt TC mit 0,61 – 3,03 %TS vor; für TIC ergeben sich Gehalte zwischen 0,04 und 2,13 %TS. Die Mittelwerte liegen bei 1,54 %TS (TC) und 0,81 %TS (TIC); die Mediane sind mit 1,09 %TS und 0,46 %TS geringer.

Die Verteilung der TIC-Gehalte in den Sedimenten ist heterogen; ein Zusammenhang mit der jeweiligen Ortslage der Bohrung oder der Teufenlage der einzelnen Probe ist nicht erkennbar. Die Abbildung 66 stellt die berechneten TIC-Gehalte mit der Beschreibung des relativen Kalkgehaltes der Sedimentproben aus der lithologischen Aufnahme gegenüber. Die ermittelten Kalkgehalte bestätigen die Ergebnisse der Vor-Ort-Untersuchungen im Zuge der Bohrgutaufnahme.

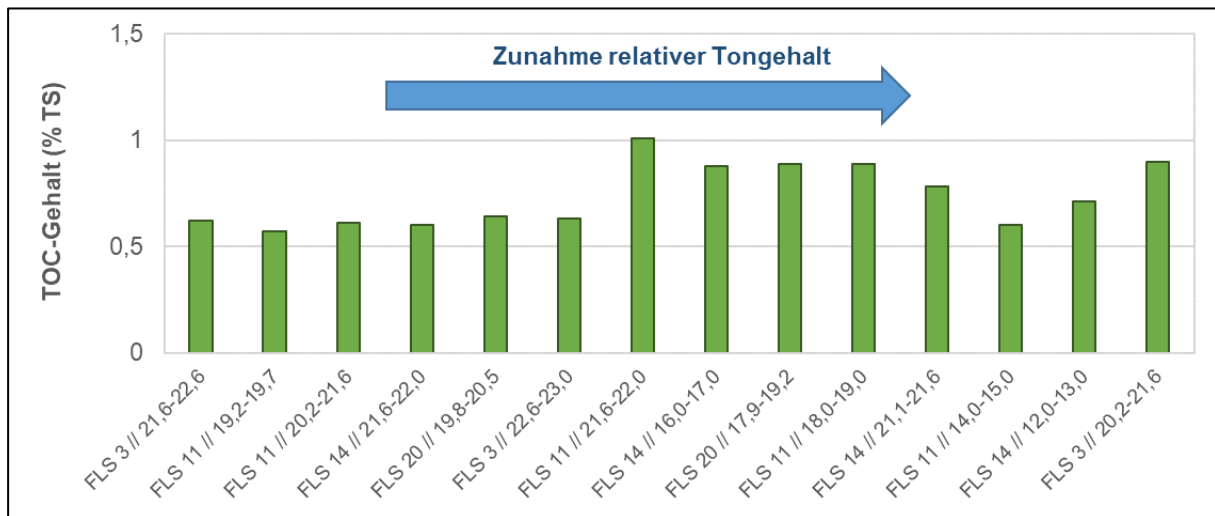


Abbildung 65 Gehalte an organischen Kohlenstoffverbindungen im Feststoff der untersuchten Proben, gegenübergestellt mit dem relativen Tongehalt (abgeleitet aus lithologischer Beschreibung)

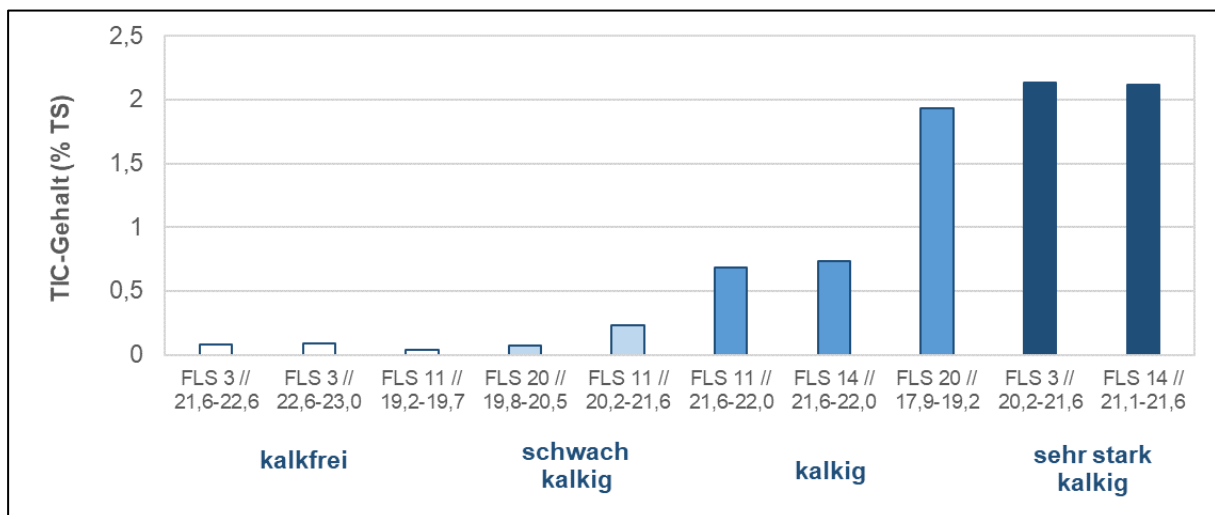


Abbildung 66 Gehalte an anorganischen Kohlenstoffverbindungen im Feststoff der untersuchten Proben, gegenübergestellt mit dem relativen Kalkgehalt (abgeleitet aus lithologischer Beschreibung)

Die Kationenaustauschkapazität wird maßgeblich durch Gehalt an Tonmineralen gebildet und bestimmt die Art und Größenordnung der Ionenaustauschprozesse, welche zur Festlegung und/oder Freisetzung einzelner Kationen – auch der Schwermetalle - führen. Die Tabelle 22 führt die gemessenen Feststoffdichten und effektiven Kationenaustauschkapazitäten (KAK) sowie die daraus berechneten potenziellen KAK auf.

Die Gegenüberstellung der effektiven KAK mit den relativen Tongehalten der einzelnen Proben (abgeleitet aus der lithologischen Aufnahme) in Abbildung 67 zeigt den grundlegenden Zusammenhang der KAK mit dem Tongehalt des Sediments. Die effektiven KAK der untersuchten Proben liegen zwischen 97 mmol/l und 241 mmol/l in den eher feinsandigen Sedimenten, während die tonigeren Sedimente KAK zwischen rd. 300 mmol/l und 464 mmol/l aufweisen. Im Mittel liegt die effektive KAK der untersuchten Sedimente bei 276 mmol/l; der Median beträgt 278 mmol/l.

Bohrung	Abschnitt (m u. GOK)	Feststoffdichte g/cm ³	effektive KAK	potenzielle KAK*
			mmol/kg	
FLS3	20,2 – 21,6	2,64	250	312
	21,6 – 22,6	2,65	130	162
	22,6 – 23,0	2,67	52	65
FLS11	14,0 – 15,0		240	300
	18,0 – 19,0		170	212
	19,2 – 19,65	2,65	92	115
	20,2 – 21,55	2,63	95	119
	21,55 – 22,0	2,61	170	212
FLS14	12,0 – 13,0		180	225
	16,0 – 17,0		140	175
	21,05 – 21,55	2,63	210	262
	21,55 – 22,0	2,61	90	112
FLS20	17,9 – 19,15	2,64	160	200
	19,8 – 20,5	2,63	100	125
Mittel		2,64	149	186
Median		2,64	150	188

*) entspricht 125 % der effektiven KAK

Tabelle 22 Ergebnisse der Untersuchungen der Feststoffdichte und effektiven Kationenaustauschkapazität sowie die daraus berechnete potenzielle Kationenaustauschkapazität an repräsentativen Einzelproben der Lintforter Schichten, August/September 2022

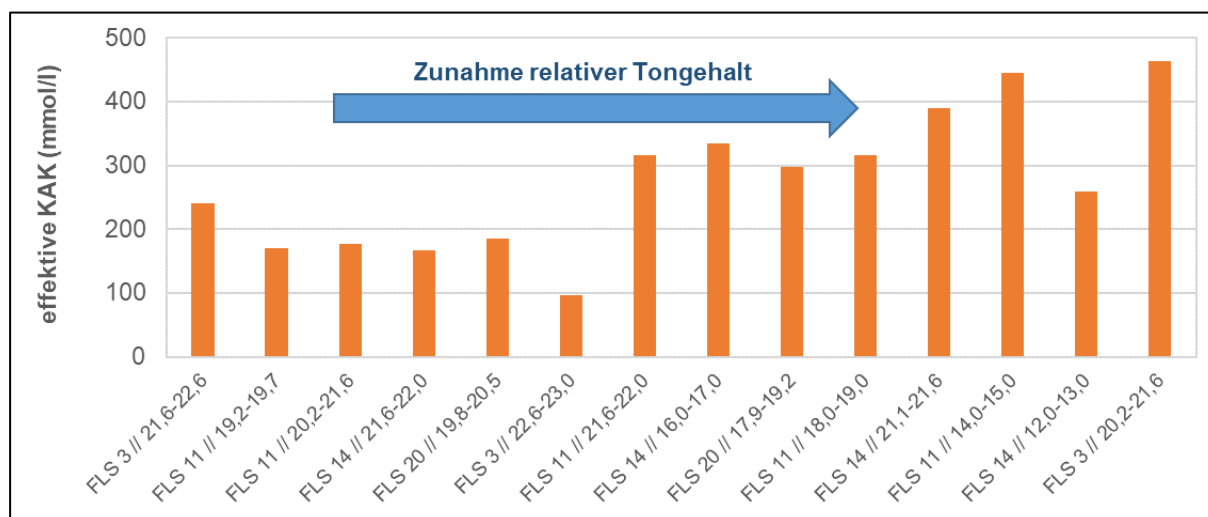


Abbildung 67 Effektive Kationenaustauschkapazitäten der untersuchten Proben, gegenübergestellt mit dem relativen Tongehalt (abgeleitet aus lithologischer Beschreibung)

Die Tabelle 23 fasst die mineralogischen Bestandteile der untersuchten Kernabschnitte aus den Bohrungen FLS11 und FLS14 zusammen.

Bohrung / Kernab- schnitt	Σ TM/ Phyllos.	Il./Gl.	Il.-Sm.	Smek- tit	Kaol.- D	Chlorit	Quarz	Albit	Kali- fsp.	Calcit	Gips	Goethit	org. Subst.
FLS 11 14 - 15 m	52	24	5	7	11	5	33	< 1	< 1	11	< 1	1	1
FLS 11 18 - 19 m	49	25	3	7	10	4	30	< 1	1	14	2	1	2
FLS 14 12 - 13 m	40	20	3	5	8	4	52	1	2	< 1	2	1	1
FLS 14 16 - 17 m	49	24	3	5	13	4	41	< 1	< 1	5	1	1	2

Tabelle 23 Ergebnisse der Feststoffuntersuchungen zur Mineralogie repräsentativer Einzelproben der Lintforter Schichten, August/September 2022¹⁷

Insgesamt liegen für die für den Stofftransport relevanten Feststoffeigenschaften – Kationenaustauschkapazität und Gehalte an organisch und anorganisch gebundenem Kohlenstoff – deutliche Spannbreiten vor. Diese lassen sich überwiegend auf die sedimentologische Zusammensetzung der Lintforter Schichten beziehen, welche gemäß den lithologischen Aufnahmen (siehe Anlagen 7.1.ff) zwischen feinsandigem und stark tonigem Schluff liegen.

8.4 Hydrochemische Stofftransportmodellierung

8.4.1 Modellkonzept und -aufbau

Für die hydrochemische Stofftransportmodellierung wurde das Programm PHREEQC (Version 3.5) des U.S. Geological Survey verwendet [U32]. PHREEQC hat sich als Industriestandard für die hydrochemische Modellierung etabliert. Als chemisch-thermodynamischer Datensatz wurde der in der Standardkonfiguration enthaltene Datensatz MINTEQ.V4 verwendet.

¹⁷ Gips und Goethit sind vermutlich sekundäre Mineralneubildungen in Folge des Sauerstoffzutritts vor der Untersuchung der Bohrkerne. Hierfür spricht u. a. auch die im Gutachten Feststoffuntersuchung (Anlage 7.2.2, S. 8) beschriebene Braunfärbung des untersuchten Materials. Frisch sind die Bohrkerne grau bis dunkelgrau. Eine Oxidation insbesondere von feinkörnigem Pyrit/Markasit ausschließlich unter Luftzutritt in Verbindung mit der vorhandenen Luftfeuchtigkeit ist ein generell oft auftretendes Phänomen bei Sulfid-haltigen Sedimenten. Aller Wahrscheinlichkeit nach gibt es keinen primären Gips im Tertiärsediment.

Mit dem hydrochemischen Stofftransportmodell wird die Verlagerung der Sickerwässer durch die Lintforter Schichten berechnet, von der Basis der Verfüllung bis zur Oberkante der basalen Schicht (Abbildung 68). Hierbei werden alle konzentrationsbeeinflussenden Wechselwirkungen zwischen den im Sickerwasser gelösten Stoffen, dem Grundwasser und dem Feststoffgerüst des Grundwasserleiters berücksichtigt. Unterhalb der basalen Schicht folgt der ca. acht Meter mächtige Ratinger Ton, der als weitere Barriere den ersten wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasserleiter (Walsumer Meeressande) abdeckt.

Die mit dem Modell abgebildete Fließstrecke beträgt 13 m, von der Basis der Auffüllung (30 m NHN) bis zur Oberkante der basalen Schicht (17 m NHN). Die Durchströmung der Lintforter Schichten erfolgt ausschließlich vertikal, mögliche laterale Grundwasserbewegungen in einer eingeschalteten feinsandigen Schicht werden nicht berücksichtigt. Da sich die Basis der Verfüllung deutlich unterhalb des auf rd. 45 m NHN liegenden Grundwasserspiegels befindet, wird von einem durchgehend wassergesättigten Transportweg ausgegangen.

Das Stofftransportmodell bildet die Fließstrecke durch die Lintforter Schichten in Form einer eindimensionalen (1D) Modellstromröhre ab. Die Modellstromröhre besteht aus 130 Zellen mit einer Zelllänge von 0,2 m. Das durchflusswirksame Volumen der einzelnen Zellen besteht jeweils aus einem Liter.

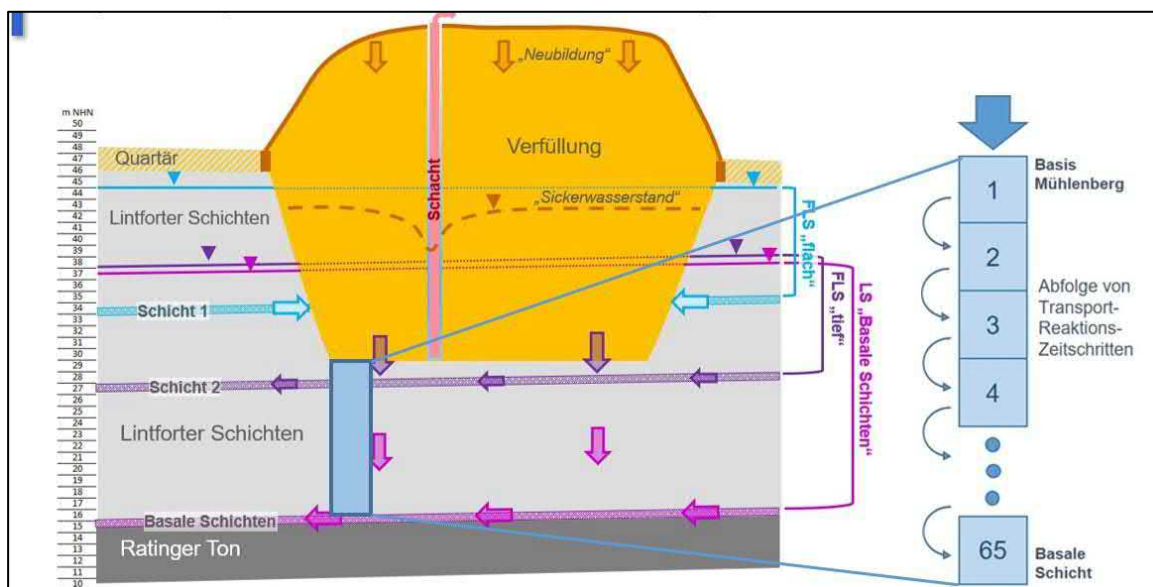


Abbildung 68 Schematische Darstellung der aus einzelnen Zellen zusammengesetzten Modellstromröhre zur rechnerischen Abbildung des Sickerpfades

Entsprechend der geringen Durchlässigkeit der Lintforter Schichten wurden für die ca. 13 m lange Fließstrecke mit dem Grundwassermodell Fließzeiten von > 200 Jahren berechnet (siehe Kapitel 6.15). Vereinfachend wird für das hydrochemische Stofftransportmodell eine Fließzeit von 130 Jahren angesetzt. Dies entspricht einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,1 m/Jahr.

Mit dem Modell wird die Verlagerung eines in die Stromröhre einströmenden Wassers („Modellsickerwasser aus der Auffüllung“) für eine festgelegte Anzahl an Zeitschritten berechnet. In jedem Zeitschritt strömt ein Liter des Modellsickerwassers in die Stromröhre ein und verdrängt das dort befindliche Wasser in die nachfolgende Zelle. Nach diesem rein advektiven Verlagerungsschritt und unter Berücksichtigung von Dispersion und Diffusion wird für jede Zelle der Modellstromröhre die Mischung des zugeströmten Wassers (mobiles Grundwasser) mit dem im Sediment stationär vorliegenden immobilen Haftwasser (Tabelle 24) berechnet. Im Anschluss werden die hydrochemischen Reaktionen und Wechselwirkungen zwischen zuströmendem Sickerwasser und Grundwasser und dem Feststoffgerüst berechnet.

Die Zeitschrittlänge beträgt 2 Jahre, d.h. das Wasser benötigt 2 Jahre um von einer Zelle in die nächste zu gelangen. Bei der vorgegebenen Zelllänge von 0,2 m entspricht dies der entsprechend der Strömungsmodellierung angesetzten Fließgeschwindigkeit von 0,1 m/Jahr. Insgesamt werden 100 Reaktions-Zeitschritte berechnet. Damit wird die Stoffverlagerung und die resultierenden Stoffausträge aus der Stromröhre über einen Zeitraum von 200 Jahren abgebildet.

Mit dem Modell wird das Zusammenwirken hydraulischer und hydrogeochemischer Prozesse abgebildet. Bei der verwendeten Modelliersoftware PHREEQC handelt es sich um ein chemisch-thermodynamisches Rechenmodell auf Grundlage der chemischen Gleichgewichtsthermodynamik [U32]. PHREEQC erlaubt die Berechnung komplexer chemischer Reaktionsprozesse unter Berücksichtigung der gesamten Wasserbeschaffenheit für eine Vielzahl von Wasserinhaltsstoffen. Hierbei kann das gesamte Reaktionssystem von wechselseitig miteinander reagierenden aquatischen Spezies (Elemente, chemische Verbindungen und ihrer aquatischen Komplexe), Mineralphasen und Ionenaustauschern sowie irreversiblen Abbauprozessen einschließlich der resultierenden Änderungen in den Konzentrationen und Mineralphasenvorräten abgebildet werden. Über die Transportfunktion kann damit die räumliche und zeitliche Entwicklung der Konzentrationen und Mineralphasenvorräte einschließlich der Mobilisierung und Demobilisierung von Stoffen entlang einer Fließstrecke berechnet werden. Die im Modell berücksichtigten Prozesse für den Stofftransport aus der Auffüllung sind in Tabelle 24 zusammengefasst und bezüglich ihrer Parametrisierung im Modell beschrieben.

Um die Wechselwirkungen zwischen dem mobilen und immobilen Grundwasser sowie dem Feststoffgerüst abzubilden, muss ein repräsentatives Einheitsvolumen definiert werden. Dieses setzt die Volumina an Grundwasser und Feststoffen in dem porösen Medium ins Verhältnis zueinander. Bei den Lintforter Schichten handelt es sich um schwach feinsandige Schluffe. Solche Sedimente weisen typischerweise Porositäten von 40% auf [U35, U36]. Dementsprechend steht ein Volumen von 1 Liter Grundwasser im Kontakt mit einem Gesteinsvolumen von 2,5 Litern. Entsprechend der ermittelten Feststoffdichte der Lintforter Schichten (2,64 kg/l; siehe Tabelle 22) steht ein Liter Grundwasser also im Kontakt mit 3,95 kg Feststoff.

Tabelle 24 Berücksichtigte hydraulische und hydrogeochemische Prozesse bei der reaktiven Stofftransportmodellierung

Prozess	Erläuterung und Parametrisierung
Geohydraulische Prozesse	
Advektion	Verlagerung des Wassers mit der Grundwasserströmung entlang der Modellstromröhre. Abgebildet wird eine advective Strömung mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,1 m/Jahr.
Dispersion	<p>Kleinstskalige Unterschiede in den Strömungsgeschwindigkeiten (u.a. unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten in Porenkanälen, unterschiedliche Strombahnen in einem porösen Medium, heterogene Durchlässigkeitsbeiwerte) führen zu einem Abflachen scharfer Konzentrationsgradienten.</p> <p>Für den advectiven Transportprozess entlang der 1D-Modellstromröhre wurde ein einheitlicher Wert für die Dispersivität von 0,01 m vorgegeben. Der vorgegebene Wert entspricht einer üblichen Dispersivität bei kleinräumigen Betrachtungsmaßstäben (= Transportstrecken von wenigen 10er Metern); Gelhar et al. 1992, Zech et al 2015 [U33, U34].</p>
Diffusion	Austausch von Stoffen zwischen den einzelnen Zellen des Modells sowie zwischen dem mobilen, advektiv verlagerten Wasser und dem immobilen Haftwasser basierend auf der molekularen Diffusion. Es wurde ein einheitlicher Diffusionskoeffizient von 1E-9 m/s angesetzt.
Mischung zwischen mobilem, advektiv strömendem Wasser und immobilem Haftwasser	<p>Bei den Lintforter Schichten handelt es sich um schwach feinsandige, tonig schluffige Sedimente (siehe Tabelle 20).</p> <p>Insbesondere bei sehr feinkörnigen Sedimenten muss zwischen der durchflusswirksamen Porosität und der nicht durchflusswirksamen Porosität unterschieden werden (Abbildung 69).</p> <p>Schluffige, schwach feinsandige Sedimente weisen typischerweise eine Gesamtporosität von 40% auf, von der ein großer Teil aber nicht durchflusswirksam ist. Aufgrund der feinen Körnung und der damit verbundenen hohen Oberfläche der Sedimentpartikel wird ein großer Teil des wassererfüllten Gesamtporenraums durch fest gebundenes Haftwasser eingenommen. Der durchflusswirksame Porenraum weist nur ein Volumen von 5% auf, während der immobile Porenraum 35% ausmacht. Angaben aus Busch, Luckner & Tiemer 2001: Tab.1.11 sowie Hölting 1989: Abb. 32. [U35, U36].</p> <p>Aufgrund der sehr geringen Fließgeschwindigkeiten findet diffusiv eine Durchmischung zwischen den mobilen und den immobilen Anteilen des Grundwassers statt.</p>

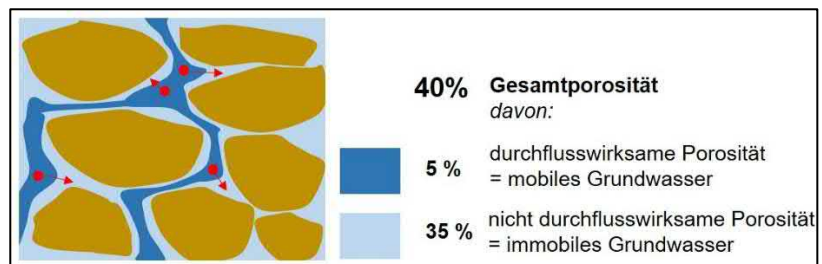


Abbildung 69: Skizzierter Querschnitt durch den gesättigten Bereich eines sehr feinkörnigen Sediments. Alle Partikel sind von einem im Verhältnis zur Korngröße (hier Schluff) breiten Haftwassersaum umgeben. Durchflusswirksame Poren Hohlräume finden sich nur zwischen den größeren Poren

Prozess	Erläuterung und Parametrisierung
Hydrochemische Prozesse	
Speziesverteilung	<p>Berechnung der Verteilung der im Wasser gelösten aquatischen Spezies unter Berücksichtigung des sich einstellenden pH-Werts und des Redoxpotenzials für alle Wasserinhaltsstoffe. Je nach Redoxmilieu werden redoxsensitive Elemente auf die jeweiligen Redoxstufen verteilt.</p> <p>Als Datensatz wurde der im Standard-Installationsumfang enthaltene Datensatz minteq.v4 verwendet. Dieser Datensatz weist neben den Hauptinhaltsstoffen chemisch-thermodynamische Daten für eine Vielzahl von Schwermetallen und Spurenelementen auf. Lediglich für Titan wurden Daten aus dem ebenfalls im Installationsumfang enthaltenen Datensatz LLLN.dat ergänzt.</p>
Gleichgewichtsreaktionen und Mineralneubildungen	<p>Auf Grundlage des verwendeten chemisch-thermodynamischen Datensatzes werden die Sättigungszustände für eine Vielzahl von Mineralphasen berechnet. Mineralphasen können bei Übersättigung ausfallen und damit zu einer Konzentrationsänderung in der wässrigen Phase führen. Für Pyrit und Calcit wurde allen Zellen der Modellstromröhre zu Beginn der Modellierung ein Phasenvorrat zugewiesen. Die Mineralphasenzusammensetzung wird nach jedem Transport-Reaktionsschritt gespeichert und steht dann für weitere Berechnungen zur Verfügung.</p> <p><u>Mineralphasen mit Phasenvorrat</u></p> <p>Calcit [CaCO₃] 2,5 mol/l Pyrit [FeS₂] 0,65 mmol/l</p> <p>Die vorgegebenen Gehalte an Calcit wurden aus den analytisch an Sedimentproben der Lintforter Schichten bestimmten Gehalten (Tabelle 21) abgeleitet.¹⁸ Angaben zu den Gehalten an Pyrit liegen nicht vor. Pyrit als reaktive Mineralphase ist aber in den Lintforter Schichten enthalten [U37]. Für die Modellierung wurde ein geringer Gehalt von 10 mg/kg vorgegeben.</p> <p><u>Mineralphasen ohne Phasenvorrat</u></p> <p>Für Schwermetalle und Spurenelemente wurden die im folgenden aufgelisteten Mineralphasen im Modell berücksichtigt. Diese Phasen können bei Übersättigung ausfallen. Eine Ausfällung ist nur möglich, wenn im Verlauf der Modellberechnung lokal und/oder zeitweise ihre Löslichkeit (Sättigungsindex > 0= überschritten wird. Alle Mineralphasen stehen in konkurrierenden Gleichgewichten, d.h. es werden nur die thermodynamisch bevorzugten Phasen gebildet. Alle diese Phasen weisen vor Beginn der Modellierung keinen eigenen Phasenvorrat auf. Im Wesentlichen wurden Hydroxide, Karbonate sowie Sulfate und Sulfide vorgesehen, für die entsprechend der langsamen Fließzeiten eine Mineralneubildung angenommen werden kann. Für Vanadium und Molybdän wurden auch die Vanadate und Molybdate berücksichtigt. Mit Ausnahme der Titanphasen sind alle thermodynamischen Daten im verwendeten Datensatz (minteq.4v) enthalten. Titanphasen wurden aus dem Datensatz LLLN.dat übernommen.</p>

¹⁸ Medianwert anorganischer Kohlenstoff: 0,81 Gew.-% = 8,1 g/kg Trockenmasse Gesteinsmatrix = 0,675 mol/kg. In einem Einheitsvolumen der durchströmten Gesteinsmatrix mit 1 Liter Wasser und 3,95 kg Feststoff stehen damit 2,6 mol CaCO₃ je Liter Grundwasser als reaktiver Phasenvorrat zur Verfügung.

Haupt- und Nebeneinhaltsstoffe:

Gips, FeS(ppt), Greigite, Mackinawit, Pyrolusit, Birnessit, Pyrochroit, Manganit, Siderite, Rhodochrosite, Ferrihydrit (Fe(OH)₃)

Schwermetalle und Spurenelemente (Mineralphasen):

Zinkphasen: ZnS(am), Sphalerite, Zn(OH)₂(am), Zn(OH)₂, Smitsonite, ZnCO₃·1H₂O

Bleiphasen: Galena, Pb(OH)₂, Pb₂O(OH)₂, Cerussite, Hydrocerussite

Quecksilberphasen: Hg₂S, Cinnabar, Metacinnabar, Hg₂(OH)₂

Kupferphasen: Chalcocite, Covellite, Chalcopyrite, Malachite, Azurite

Nickelphasen: NiS(alpha), NiS(beta), NiS(gamma), Ni(OH)₂, NiCO₃

Titanphasen: Anatase, Rutile, Ilmenite

Molybdänphasen: MoS₂, MoO₃, H₂MoO₄, PbMoO₄, Al₂(MoO₄)₃, Ti₂MoO₄, ZnMoO₄, CdMoO₄, CuMoO₄, NiMoO₄, CoMoO₄, FeMoO₄, MgMoO₄, CaMoO₄, Na₂MoO₄, Na₂MoO₄·2H₂O, Na₂Mo₂O₇, K₂MoO₄

Vanadiumphasen: VO, V₂O₅, V(OH)₃, VO(OH)₂, V₂O₅, VOSO₄, (VO)₃(PO₄)₂, Pb₂V₂O₇, Pb₃(VO₄)₂, Fe(VO₃)₂, Mn(VO₃)₂, Mg₂V₂O₇, Mg(VO₃)₂, Ca(VO₃)₂, Ca₃(VO₄)₂, Ca₂V₂O₇, Ca₃(VO₄)₂·4H₂O, Ca₂V₂O₇·2H₂O, NaVO₃, Na₃VO₄, Na₄V₂O₇

Arsenphasen: Orpiment, Realgar, Arsenolite, As₂O₅, Pb₃(AsO₄)₂, AlAsO₄·2H₂O, Zn₃(AsO₄)₂·2.5H₂O, Cu₃(AsO₄)₂·2H₂O, Ni₃(AsO₄)₂·8H₂O, FeAsO₄·2H₂O, Mn₃(AsO₄)₂·8H₂O, Ca₃(AsO₄)₂·4H₂O

Chromphasen: Cr(OH)₂, Cr(OH)₃(am), CrO₃, Cr₂O₃, FeCr₂O₄, MgCr₂O₄, (NH₄)₂CrO₄, PbCrO₄, Hg₂CrO₄, CuCrO₄, MgCrO₄, CaCrO₄, SrCrO₄, Na₂CrO₄, Na₂Cr₂O₇

Kationenaustausch (KAK)

Bei den Lintforter Schichten handelt es sich um schwach feinsandige, tonige Schluffe. Röntgendiffraktometrische Mineralbestandsanalysen haben für Proben aus den Lintforter Schichten Gehalte von rd. 50% Tonmineralen und Phyllosilikaten nachgewiesen (siehe Tabelle 23). Entsprechend des hohen Anteils an Tonmineralen weisen die Sedimente auch hohe Kationenaustauschkapazitäten auf. Aufgrund der nachgewiesenen hohen Tonmineralgehalte wird das Schadstoffrückhaltevermögen der Lintforter Schichten in der überwiegenden Mehrzahl der Proben als günstig eingestuft [U38].

Das Rückhaltevermögen kann anhand der Kationenaustauschkapazität ermittelt werden. Insbesondere Tonminerale sind aufgrund ihrer Oberflächenladung in der Lage, Kationen und hierbei insbesondere Schwermetallkationen anzulagern. Auch bei den Ionenaustauschprozessen handelt es sich um konkurrierende Gleichgewichte zwischen den einzelnen Kationen in der wässrigen Lösung und den zur Verfügung stehenden Austauschplätzen.

An Bohrkernproben aus den Lintforter Schichten wurden die Kationenaustauschkapazität bestimmt (Tabelle 22). Im Mittel liegt die effektive KAK bei 150 mmol/kg. Umgerechnet auf das Einheitsvolumen entspricht dies einer Austauschermenge von rd. 600 mmol/Liter Grundwasser.

Zu Beginn der Stofftransportmodellierung befinden sich die Austauscher-Belegung im Gleichgewicht mit dem Grundwasser (Beschaffenheit siehe Tabelle 25). Durch das einströmende Sickerwasser stellen sich dann – entsprechend den Konzentrationen im Grundwasser – neue Belegungen ein.

**Abbau organischer Substanz /
Sulfatreduktion**

Die Lintforter Schichten weisen im Mittel Gehalte von 0,75 Gew.-% organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC) auf. Umgerechnet auf das Einheitsvolumen entspricht dies einem Vorrat von ca. 1 mol je Liter Grundwasser.

Das einströmende Sickerwasser ist durch hohe Sulfatkonzentrationen geprägt (siehe Tabelle 25). Sulfat kann durch den Umsatz von organischem Kohlenstoff zu Sulfid reduziert werden und damit zu einer Schwermetall-Demobilisation in Form von Schwermetallsulfiden beitragen.

Der Umsatz von feststoffgebundenem organischem Kohlenstoff ist reaktionskinetisch gehemmt, so dass weniger der Gesamtgehalt als die Umsatzrate für das hydrochemische Modell relevant ist. Die Umsatzrate ist nicht bekannt. Da es sich bei den Lintforter Schichten um ca. 35 Mio. Jahre alte Sedimente aus dem Tertiär (Eozän) handelt, wird die Umsatzrate als gering eingeschätzt. Da keine Messungen vorliegen, wurde die Rate auf 1/1000tel einer Umsatzrate wie sie typisch für quartäre Grundwasserleiter ist festgelegt.

Der Umsatz an Corg wird als Monod-Kinetik in Abhängigkeit von der Sulfatkonzentration mit einer Ratenkonstante von $5E-16$ mol/s in das Modell integriert. Bei einer Sulfatkonzentration von 1.000 mg/l entspricht dies einer jährlichen Sulfatreduktionsrate von 0,00003 mmol/l.¹⁹ Da die aus der Sulfatreduktion resultierende Sulfidfällung ein Demobilisationsprozess ist, wurde die Sulfatreduktion bewusst niedrig angesetzt. Auch der mit dem Sickerwasser zutretende gelöste organische Kohlenstoff (DOC) wird nicht berücksichtigt. Tendenziell ist gerade bei höheren DOC-Konzentrationen eine schnellere Sulfatreduktion zu erwarten. In diesem Sinne ist der hier gewählte Ansatz als konservativ anzusehen.

Zu Beginn der modellberechneten Stoffausbreitung ist die Modellstromröhre vollständig mit einem durch Sickerwässer unbeeinflussten Grundwasser erfüllt. Eine repräsentative mittlere Beschaffenheit des unbeeinflussten Grundwassers in den Lintforter Schichten (Medianwerte) wurden anhand der statistischen Auswertung der verfügbaren Analysen abgeleitet (Kapitel 8.3.4).

Um eine Analyse mit realer und bezüglich der Ionenbilanz ausgeglichener Zusammensetzung zu verwenden, wurde für die Hauptinhaltsstoffe die Grundwasserbeschaffenheit aus der Messstelle FLS3 (Schicht 2) vom 13.05.2022 angesetzt.

Für die Schwermetall- und Spurenelementkonzentrationen wurden die Medianwerte aus allen vorliegenden Grundwasseranalysen verwendet – für diese Stoffe ist eine statistisch hergeleitete, repräsentative Größe entscheidend. Für die nicht im Standard-Analytikumfang enthaltenen Parameter Molybdän, Titan und Vanadium wurden die Werte aus der ergänzenden Beprobung der Messstelle FLS13 vom 12.08.2022 verwendet. Die im Modell für das Grundwasser der Lintforter Schichten angesetzten Stoffkonzentrationen sind in Tabelle 25 zusammengefasst.

¹⁹ Sulfatreduktionsraten in quartären Grundwasserleitern liegen typischerweise zwischen 0,01 – 0,05 mmol/l/a. Anhand des geologischen Alters der Sedimente kann größenordnungsmäßig auf Minderung der Sulfatreduktionsraten geschlossen werden [10 - 18].

Parameter	Einheit	Modell-Sickerwässer „Auffüllung“		Modell-Grundwasser Lintforter Schichten
		„repräsentativ“ Schacht C 12.08.2022	Hohe Konzentrationen MST B2 25.02.2019	
Hauptparameter				
Temperatur	° C	22,4	25,8	12,5
pH-Wert (vor Ort)	-	8,83	8,8	7,7
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	7120	17840	
Redoxpotenzial E _H	mV	346		
Calcium		537	750 (+)	84
Magnesium		3,6	15 (+)	35
Natrium		750	2820	21
Kalium		267	500 (+)	2,7
Eisen	mg/l	0,04	0,3 (+)	0,2
Mangan		0,12	0,04 (+)	0,07
Nitrat		3,1	0,0	2,5
Sulfat		2500*** (1469)	2100	120*** (100)
Chlorid		1200	4600	32*** (30,1)
Ammonium		34	170	
Säurekapazität K _{s 4,3}	mmol/l	1,9	9,5 (+)	5,7
Schwermetalle und Spurenelemente				
Arsen		17	140	1,40
Blei		0,5*	2,5	0,50
Cadmium		0,15*	0,5*	0,15
Chrom gesamt		4,8	63	0,5
Kupfer		3,9	13	0,80
Molybdän	µg/l	4300	110	13 ****
Nickel		5,7	92	2,90
Quecksilber		0,1*	1,4	0,0 (x)
Titan		2,5*	25*, **	0,0 (x)
Vanadium		81	300	15 ****
Zink		110	30	16,0

*) Messwert unter BG, Ansatz halbe BG; **) keine Angabe in Einzelanalyse, Wert rekonstruiert

) unausgeglichene Ionenbilanz der Analyse, für Modellberechnung wurde die Sulfatkonzentration angepasst, um eine ausgeglichene Ladungsbilanz zu erreichen; *) Einzelanalyse FLS 13 am 12.08.2022; (x): kein Nachweis im Grundwasser, (+) keine Angabe in der Analytik, Wert abgeschätzt

Tabelle 25 Hydrochemische Beschaffenheit der für die Stofftransportmodellierung verwenden Modellgrundwässer: Analyse aus Schacht C = mittleres repräsentatives Sickerwasser aus der Auffüllung; MST B2 = höher konzentriertes Sickerwasser aus der Auffüllung; Modellgrundwasser „Lintforter Schichten“ = Beschaffenheit vor Sickerwasserzutritt

Anhand der statistischen Auswertung der verfügbaren Sickerwasseranalysen (Kapitel 8.3.2, 8.3.3 wurden zwei Sickerwasser-Beschaffenheiten für das aus der Basis der Verfüllung Mühlenberg in das Grundwasser der Lintforter Schichten übertretende Wasser abgeleitet.

Das Sickerwasser aus Schacht „C“ von 12.08.2022 entspricht in guter Näherung der mittleren Beschaffenheit der Sickerwässer aus der Schachtwasserhaltung (Tabelle 25). Die Schachtwässer werden aufgrund ihres Fassungsvermögens als repräsentativ für die mittlere Beschaffenheit der Sickerwässer aus der Verfüllung angesehen.

Die Schachtwasseranalyse vom 12.08.2022 weist – wie verschiedene andere Analysen auch - einen hohen Ionenbilanzfehler auf. Ursachen für den Ionenbilanzfehler konnten trotz mehrfacher Rückfragen bei dem mit der Analytik betrauten Labor nicht geklärt werden.

Da für die Modellrechnung Wässer mit ausgeglichener Ladungsbilanz erforderlich sind, wurde die Sulfatkonzentration angepasst. Der im Prüfbericht angegebene Wert von 2.500 mg/l wurde hierzu auf 1.460 mg/l vermindert.²⁰

Das zweite Modell-Sickerwasser entspricht einem höher mineralisierten Sickerwasser aus den Messstellen innerhalb der Auffüllung. Exemplarisch wurde das Sickerwasser aus der Messstelle B2 vom 25.05.2019 verwendet (Tabelle 25). Während Molybdän hier in deutlich geringerer Konzentration vorliegt als in den Schächten, liegen die Konzentrationen der meisten übrigen Schwermetalle in den Sickerwässern der Messstellen deutlich höher. Das Sickerwasser aus der Messstelle B2 ist nicht repräsentativ für das Sickerwasser aus der Auffüllung. Es wurde in einer ergänzenden Modellrechnung verwendet, um Auswirkungen lokale Effekte bei einem Zutritt höher mineralisierter Wässer zu untersuchen.

8.4.2 Modellergebnisse – repräsentatives mittleres Sickerwasser

Mit dem parametrisierten Stofftransportmodell kann die stoffspezifische Verlagerung der im Sickerwasser gelösten Wasserinhaltsstoffe berechnet werden. Dies gilt insbesondere für die Spurenelemente und Schwermetalle. Die für die Modellrechnungen verwendeten Sickerwässer decken sowohl die mittlere, als auch eine deutlich nachteiligere Sickerwasserbeschaffenheit (siehe Kapitel 8.4.3) im Hinblick auf die Gesamtmineralisierung sowie die potenziellen Schadstoffkonzentrationen ab. In einem ersten Schritt wird die Ausbreitung der für die mittlere Beschaffenheit repräsentativen Sickerwässer aus der Auffüllung (Sickerwasser Schacht C; Tabelle 25) durch die Lintforter Schichten berechnet.

Die Berechnungen werden für einen Gesamtzeitraum von 200 Jahren durchgeführt. Für jeden Zeitschritt und für jede Zelle des Stofftransportmodells werden die Konzentrationen aller Wasserinhaltsstoffe berechnet, ebenso die Sättigungsindices und die Gehalte der bei Übersättigung ausfallenden Mineralphasen. Die Ergebnisse der Modellrechnungen sind die Grundlage für eine Gefährdungsabschätzung. Die Anlage 7.3.1 zeigt die modellberechnete Konzentrationsentwicklung für die einzelnen Parameter auf der Fließstrecke nach 200 Jahren, in Anlage 7.3.2 die modellberechnete Entwicklung der Beschaffenheit des aus den hangenden Lintforter Schichten austretenden und in die Basalen Schichten übertretenden Wassers über einen Zeitraum von 200 Jahren.

In Abbildung 70 ist die modellberechnete Entwicklung der Chloridkonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten für drei Zeitpunkte für das mittlere repräsentative Sickerwasser (Sickerwasser Schacht C; Tabelle 25) dargestellt. Chlorid ist praktisch ein idealmobiler Stoff, der in seiner Konzentration weder durch Abbau noch durch Sorption oder Fällungsprozesse beeinflusst wird.

²⁰ Für die Anpassung wurde der Parameter Sulfat gewählt, da sich Änderungen bei Anionenkonzentrationen nicht auf Kationenaustausch-Gleichgewichte auswirken. Relevante Auswirkungen auf den Umsatz der Sulfatreduktion sind nicht zu erwarten.

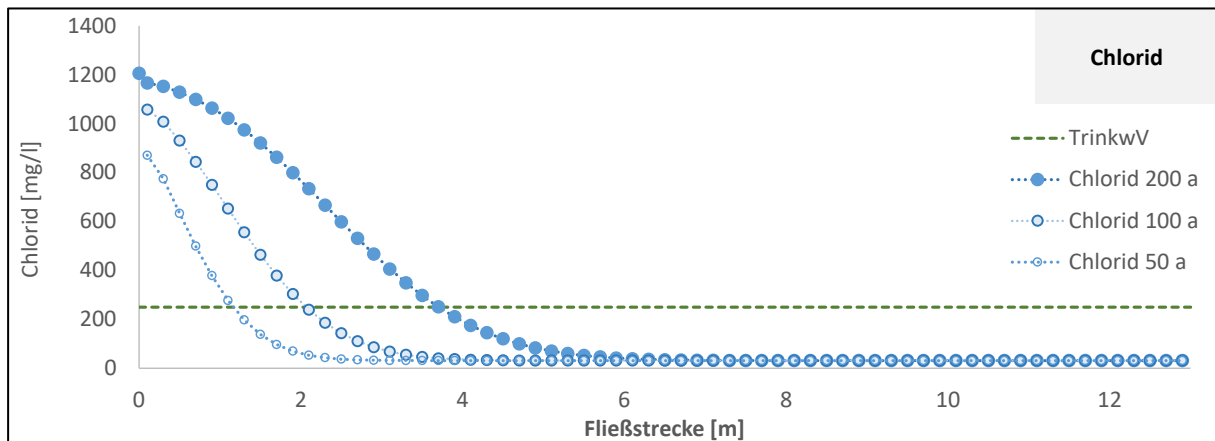


Abbildung 70 Modellberechnete Entwicklung der Chloridkonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 50, 100 und 200 Jahren Eintragsdauer

Die Chlorid-Eintragskonzentration in den Sickerwässern liegt bei 1.200 mg/l, während das geogene Grundwasser auf der Fließstrecke weitaus geringere Konzentrationen von 31 mg/l aufweist (Tabelle 25). Nach einer Eintragsdauer von 50 Jahren haben sich die eintragsbedingt erhöhten Chloridkonzentrationen ca. 2 m auf der Fließstrecke ausgebreitet, nach 100 Jahren knapp 3 m und nach 200 Jahren ca. 5 m.

Während die Konzentrationsfront nach 50 Jahren noch vergleichsweise steil verläuft, flacht sie sich mit zunehmender Eintragsdauer und Ausbreitung der Sickerwässer entlang der Fließstrecke immer weiter ab. Eintragsbedingt erhöhte Konzentrationen erreichen innerhalb des Modellzeitraums nicht das Ende der Modellstromröhre. Dementsprechend würde es auch nach 200 Jahren zu keinen auf die Sickerwassereinträge zurückzuführenden erhöhten Stoffausträgen über die Basis der Lintforter Schichten kommen.

Gegenüber der advektiven Ausbreitung des Wassers (Fließgeschwindigkeit: 13 m in 130 Jahren) verläuft die Ausbreitung der Chlorid-Konzentrationsfront stark zeitverzögert. Ursache hierfür ist die diffusive Verdünnung des einströmenden Sickerwassers mit dem zunächst durch sehr geringe Konzentrationen geprägten immobilen Haftwasser.

So stellt sich beispielsweise im ersten Reaktions-Transportschritt in der ersten Zelle des Modells eine Chloridkonzentration von ca. 177 mg/l ein, da sich die eingetragene Stoffkonzentration im mobilen Anteil des Porenraums (5%) mit einer sehr geringen Konzentration im immobilen Porenraum (35% Porenraumanteil mit 31 mg/l) mischt.

Zunächst ist diese Verdünnung des einströmenden Sickerwassers entlang der Fließstrecke sehr effektiv. Mit zunehmender Eintragsdauer nehmen aber die Konzentrationen im Haftwasser der ersten Zelle zu. Entsprechend nehmen die Konzentrationsunterschiede ab und die Verdünnungswirkung lässt nach. Mit Vorrücken der Konzentrationsfront erstreckt sich die Verdünnungszone auf weiter in Fließrichtung gelegene Zellen.

Wesentliche Ursache für die mit der Eintragsdauer immer flacher verlaufende Konzentrationsfront ist somit der Verdünnungseffekt mit dem immobilen Haftwasser bei sehr geringer Fließgeschwindigkeit. Die Diffusion gewährleistet hier einen stetigen Konzentrationsausgleich zwischen dem strömenden Grundwasser und dem immobilen Haftwasser. Zusätzlich wird dies durch die Dispersion unterstützt.

Für die Sulfatkonzentrationen (siehe Anlage 7.3.1) zeigt sich eine ähnliche Konzentrationsentwicklung entlang der Fließstrecke. Auch die Ausbreitung von Sulfat wird im Wesentlichen durch den Haftwasser-Verdünnungseffekt retardiert. Mit der vorgegebenen Sulfatreduktionsrate findet demgegenüber nur noch eine geringe Konzentrationsminderung der Sulfatkonzentrationen auf der Fließstrecke statt.

In den Abbildung 71 und Abbildung 72 sind die modellberechneten Entwicklungen der pH-Werte und der Redoxpotenziale entlang der Fließstrecke nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren dargestellt. Das einströmende Wasser aus der Verfüllung hat einen pH-Wert von 8,8. Auf der Fließstrecke hat sich im Gleichgewicht mit dem in den Lintforter Schichten vorhandenen Calcit [CaCO_3] durchgehend ein neutraler pH-Wert zwischen 7,7 und 7,2 eingestellt.

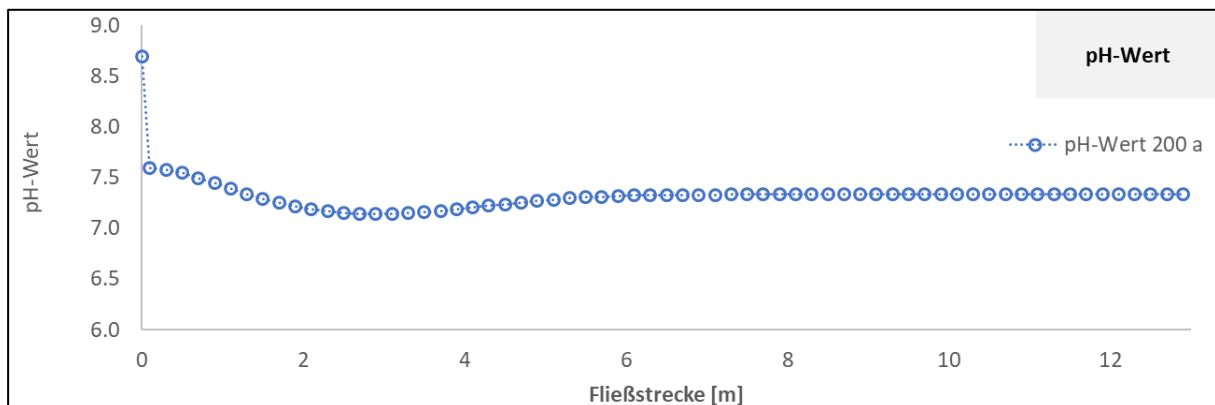


Abbildung 71 Modellberechnete Entwicklung der pH-Werte entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer

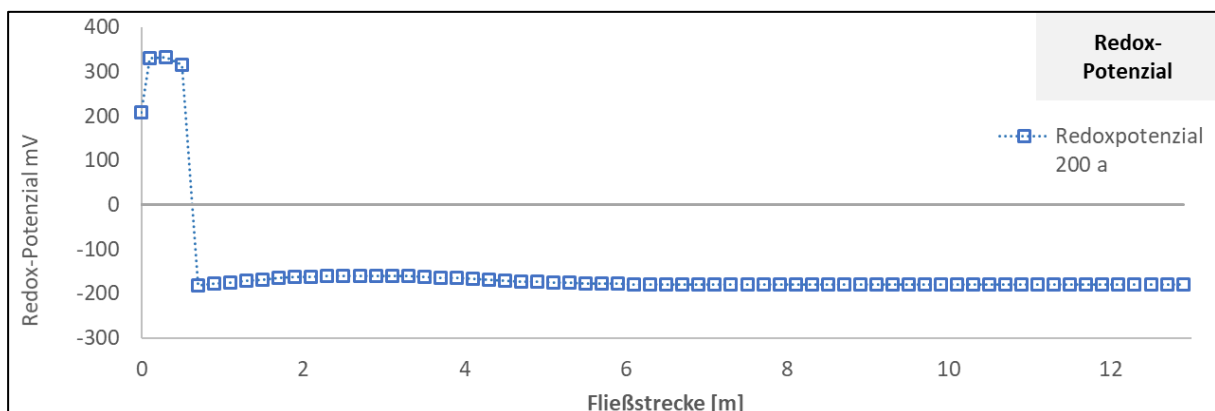


Abbildung 72 Modellberechnete Entwicklung der Redox-Potenziale (EH-Werte) entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer

In den ersten Zellen haben sich positive Redoxpotenziale zwischen 200 und 300 mV etabliert. Ursächlich hierfür sind die geringen Nitrateinträge, die zu einer Oxidation der im Sediment vorhandenen Eisendisulfide führen. Erst aufgrund der langen Eintragsdauer und der geringen Pyritgehalte konnte sich hier eine sehr geringmächtige Oxidationszone von wenigen Dezimetern ausbilden. Die Länge dieser Zone hängt vom vorgegebenen Vorrat an Pyrit ab. Höhere Gehalte würden zu einer kürzeren Oxidationszone führen.

Das hydrochemische Milieu und hierbei insbesondere die pH- und Redoxbedingungen sind mitentscheidend für die Mobilität von Neben- und Spurenelementen. Ein Beispiel hierfür sind die Eisenkonzentrationen (Anlage 7.3.1). Durch den geringen Eintrag von Nitrat werden die im Feststoffgerüst der Lintforter Schichten vorhandenen Eisendisulfide oxidiert. Dies führt zu einer Eisenmobilisation im Bereich der Redoxfront und Eisenkonzentrationen von wenigen mg/l.

Verglichen mit der reinen Verdünnung (z.B. Chlorid) nehmen die Konzentrationen an Blei, Zink und Nickel sowie Kupfer und Molybdän entlang der Fließstrecke deutlich stärker ab. Exemplarisch ist in Abbildung 73 die modellberechnete Konzentrationsentwicklung für Zink dargestellt. Nach 200 Jahren Eintragsdauer werden Zinkkonzentrationen oberhalb des geogenen Niveaus nur auf den ersten 0,5 m Fließstrecke angetroffen. Auf der restlichen Fließstrecke liegen die Konzentrationen deutlich niedriger. Ursache für die geringen Zinkkonzentrationen ist neben einer Sorption an Tonmineralen vor allem die Fällung als Zinksulfid.

Die Nickelkonzentrationen zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf. Selbst nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren treten nur auf den ersten Dezimetern der Transportstrecke erhöhte Konzentrationen auf. Nickel wird als Sulfid ausgefällt. Der Geringfügigkeitsschwellenwert bleibt durchgehend unterschritten.

Besonders deutlich ist die Fällung bei Blei ausgeprägt. Auch wenn das Sickerwasser aus der Verfüllung nur durch geringe Bleikonzentrationen (0,5 µg/l) geprägt ist, werden die Konzentrationen auf der Fließstrecke – neben der Verdünnung - durch eine Sorption von Blei an Ionentauschern und die Fällung als Cerusit [PbCO₃] stark vermindert. Die modellberechneten Konzentrationen liegen meist unterhalb von 0,05 µg/l. Der GFS-Wert wird damit deutlich unterschritten.

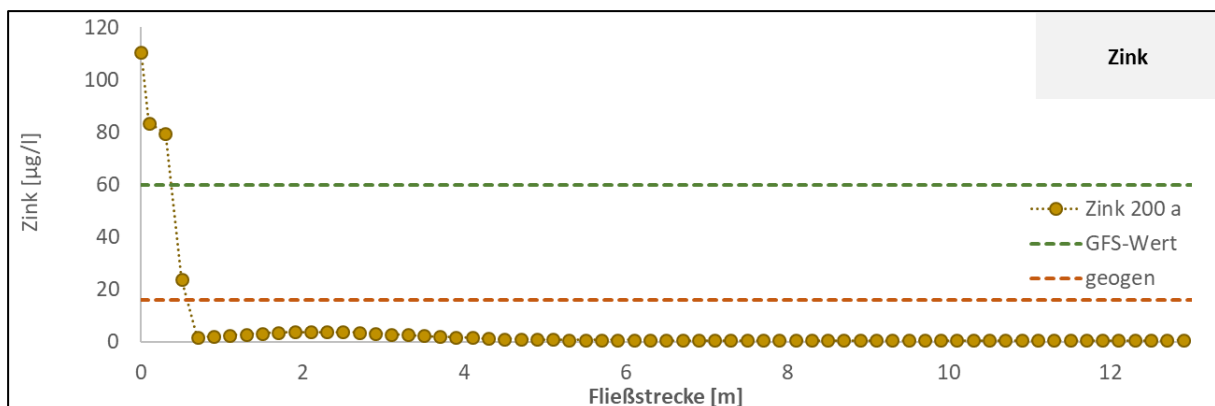


Abbildung 73 Modellberechnete Entwicklung der Zinkkonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer

Auch die Kupfer- und Molybdänkonzentrationen nehmen entlang der Transportstrecke schnell ab. Beide Metalle werden als Disulfide ausgefällt [CuS_2 (Chalkopyrit), MoS_2] ausgefällt. Lokal kommt es in den ersten Zellen des Modells auch zu einer Bildung von Bleimolybdat und Calciummolybdat. Für die niedrigen Konzentrationen im weiteren Verlauf sind aber die weitaus niedrigeren Löslichkeiten der Sulfide verantwortlich.

Bei den eingetragenen Konzentrationen wird Quecksilber praktisch nicht durch die Löslichkeit der im Modell berücksichtigten Mineralphasen begrenzt. In geringem Umfang kommt es lokal und zeitweise zu einer Demobilisation und Mobilisation von Quecksilbersulfid [Hg_2S , HgS], welche in geringem Umfang die reine Verdünnung überprägt. Die Konzentrationsabnahme entlang der Fließstrecke basiert ausschließlich auf dem Verdünnungseffekt mit dem immobilisierten Haftwasser. Bezüglich der Sorption an Tonmineralen / Ionentauschern sind in dem verwendeten Datensatz keine thermodynamischen Konstanten enthalten. Sorption wird dementsprechend auch nicht im Modell berücksichtigt. Tatsächlich ist aber von einer Quecksilbersorption an Tonmineralen im pH-neutralen Milieu auszugehen [U46]. Insgesamt liegen die Quecksilbereinträge in den Schachtwässern im Bereich des Geringfügigkeitsschwellenwerts, so dass gefährdungsrelevante Quecksilberausträge in jedem Fall auszuschließen sind.

Die Titankonzentration durch die Löslichkeit des Minerals Rutil [TiO_2] limitiert. Die Eintragskonzentration von $2,5 \mu\text{g/l}$ mindert sich durch die Einstellung des Löslichkeitsgleichgewichts und die Ausfällung von Rutil bereits in der ersten Zelle des Modells auf $0,01 \mu\text{g/l}$. Diese Konzentration liegt deutlich unterhalb der Bestimmungsgrenze. Für Titan liegt kein GFS-Wert vor. Der stoffspezifische GFS-Wert von $0,01 \mu\text{g/l}$ [U26] wird – nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren – bedingt durch die Verdünnung in das immobile Haftwasser nach einer Fließstrecke von $1,5 \text{ m}$ unterschritten.

Trotz einer Eintragskonzentration von $4,8 \mu\text{g/l}$ liegen die Chrom-Konzentrationen auf der Fließstrecke durchgängig unterhalb von $0,6 \mu\text{g/l}$. Ursache für die geringen modellberechneten Chromkonzentrationen ist eine Übersättigung und Fällung als Chromoxid [Cr_2O_3]. Der GFS-Wert wird durchgängig unterschritten. Aufgrund der sich einstellenden reduzierenden Verhältnisse auf der Fließstrecke liegt Chrom praktisch ausschließlich in seinen reduzierten Formen (Cr^{2+} , Cr^{3+}), nicht aber als sechswertiges Chrom vor.

Die Cadmium-Konzentration wird nicht durch Fällungsprozesse, sondern nur durch die Sorption beeinflusst. Entlang der Fließstrecke zeigt sich, ausgehend von einer Eintragskonzentration von $0,15 \mu\text{g/l}$ ein Anstieg auf bis zu $1,5 \mu\text{g/l}$. Ursächlich hierfür ist eine temporäre Anlagerung und Anreicherung auf den Ionentauschern, die mit einem Konzentrationsmaximum in dem damit im Gleichgewicht stehenden Wasser einhergeht. Dieses auf Ionentauschereffekte basierende Konzentrationsmaximum verlagert sich deutlich verzögert gegenüber der advektiven Verlagerung. Nach 200 Jahren Eintragsdauer und einer Reichweite der eintragsbedingten Konzentrationsänderungen für andere Inhaltstoffe von ca. fünf Metern (vgl. u.a. Chloridkonzentrationen, Abbildung 70) befindet sich das Cadmium-Konzentrationsmaximum bei ca. $1,5 \text{ m}$. Auf der weiteren Fließstrecke nehmen die Konzentrationen schnell ab und unterschreiten dann den GFS-Wert ($0,3 \text{ mg/l}$).

Im Unterschied zu den zuvor genannten Schwermetallen, deren Konzentrationen durch Fällungs- und Sorptionsprozesse beeinflusst und deren Ausbreitung gegenüber der ohnehin schon sehr geringen Ausbreitung der Sickerwässer verzögert verläuft, zeigen sich für Vanadium praktisch keine Fällungseffekte. Lokal kommt es auf den ersten Zellen zu einer sehr geringen Fällung von Eisendivanadat ($\text{Fe}(\text{VO}_3)_2$). Diese hat aber keinen nennenswerten Einfluss auf die Konzentrationen entlang der Fließstrecke. Die Eintragskonzentration ($81 \mu\text{g/l}$) wird nur durch die Verdünnung mit dem immobilien Haftwasser gemindert. Es erreicht nach 200 Jahren und einer Fließstrecke von ca. fünf Metern den angesetzten geogenen Hintergrundwert.²¹ Bezüglich der Sorption an Tonmineralen liegen für Vanadium keine chemisch-thermodynamischen Konstanten vor. Vanadium wird in organikreichen Sedimenten zurückgehalten. Der Prozess einer Sorption von Schwermetallen und Spurenelementen wurde hier nicht berücksichtigt. Da die Lintforter Schichten relevante Gehalte an organischer Substanz aufweisen (Tabelle 21), ist eine zusätzliche Sorption noch zu erwarten [20]. Die modellberechnete Ausbreitung stellt somit einen ungünstigen Fall dar.

Auch die Arsen-Konzentrationen werden entlang der Fließstrecke nicht durch Fällungs- und Sorptionsprozesse vermindert. Die Konzentrationsabnahme basiert ausschließlich auf dem Verdünnungseffekt zwischen dem sich advektiv verlagernden Wasser aus der Auffüllung und dem immobilien Haftwasser. Entsprechend des angesetzten geogenen Hintergrundwerts von $1,4 \mu\text{g/l}$ unterschreiten die Arsenkonzentrationen nach einem dauerhaften Eintrag über 200 Jahre (Eintragskonzentration: $17 \mu\text{g/l}$) den GFS-Wert nach einer Fließstrecke von 4,2 m. Innerhalb des betrachteten Zeitraums unterschreiten die Arsen-Austragskonzentrationen durchgehend den GFS-Wert.

In Tabelle 26 sind Modellergebnisse zusammenfassend dargestellt. Neben den maximalen Konzentrationen auf der Fließstrecke nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren sind auch die maximalen Konzentrationen über den betrachteten Modellzeitraum von 200 Jahren in den aus der Modellstromröhre ausströmenden Wässern aufgeführt. Dieses Wasser repräsentiert das Grundwasser, das auch aus den Lintforter Schichten in die Basalen Schichten übertritt.

Über einen Zeitraum von 200 Jahren werden die GFS-Werte in dem aus der Modellstromröhre ausströmenden Grundwasser eingehalten, mit Ausnahme der geogen erhöhten Vanadium-Konzentration.

Der wesentliche, für alle Wasserinhaltsstoffe identisch wirkende konzentrationsmindernde Prozess ist die Verdünnung des advektiv einströmenden Grundwassers mit dem immobilien Haftwasser. Dieser Prozess bewirkt eine deutliche Konzentrationsabnahme auf den ersten Metern, so dass sich die eingetragenen Stoffe – auch bei idealer Mobilität – trotz der langen Zeitdauer nicht bis ans Ende der Stromröhre ausgebreitet haben.

²¹ Der geogene Hintergrundwert von $15 \mu\text{g/l}$ wurde in einer Beprobung in der Messstelle FLS13 angetroffen. Es handelt sich somit um einen nur gering repräsentativen Einzelwert. Dieser Einzelwert liegt oberhalb des GFS-Werts für Vanadium ($4 \mu\text{g/l}$). Würde in der Modellrechnung ein Wert unterhalb des GFS-Werts als geogener Hintergrund angesetzt werden, würde sich dieses Konzentrationsniveau auf der Fließstrecke einstellen.

Neben einer Verdünnung werden eine Vielzahl von Schwermetallen durch Fällungsprozesse in ihren Konzentrationen vermindert. Zink, Kupfer, Molybdän und Nickel werden im Wesentlichen als Sulfide, Blei als Karbonat sowie Chrom- und Titan als Oxide gefällt. Diese Fällungen führen dazu, dass selbst auf der Fließstrecke die GFS-Werte durchgängig unterschritten werden. Auch bei noch längeren Eintrags- und Fließzeiten wären diesbezüglich keine relevanten Stoffaustragskonzentrationen zu erwarten.

Zusammenfassung ist festzustellen, dass auf Grundlage der durchgeführten Modellrechnungen über einen Betrachtungszeitraum von 200 Jahren in Folge des Eintrags eines repräsentativen Sickerwassers aus der Auffüllung wie es im Sickerschacht C angetroffen wird, keine Überschreitung der GFS-Werte sowie der geogenen Hintergrundkonzentrationen aus den Lintforter Schichten zu erwarten ist.

Parameter	Einheit	Maximale Konzentration auf der Fließstrecke	Maximale Austragskonzentration über 200 Jahre	GFS-Wert
Hauptparameter				
pH-Wert	-	7,33 – 7,70	7,33	-
Redoxpotenzial E _H	mV	-160 - 320	-200	-
Calcium		540	24,8	-
Magnesium		221	32,9	-
Natrium		603	20,3	-
Kalium		152	24,8	-
Eisen	mg/l	0,8	0,1	-
Mangan		0,5	0,06	-
Nitrat		3,0	0,0	50
Sulfat		1.425	105	250
Chlorid		1.166	31,0	250
Ammonium		32,7	0,17	-
Säurekapazität K _S 4,3	mmol/l	5,0	5,0	-
Schwermetalle und Spurenelemente				
Arsen		16,6	1,2	3,2
Blei		0,07	0,03	1,2
Cadmium		1,52	0,12	0,3
Chrom gesamt		0,61	0,38	3,4
Chrom VI		0,000007	0,0	0,3*
Kupfer	µg/l	4,49	< 0,001	5,4
Molybdän		4,32	< 0,001	35
Nickel		5,12	0,05	7
Quecksilber		0,1	< 0,001	0,1
Titan		0,07	< 0,001	-
Vanadium		79,2	15 **	4
Zink		83,6	0,66	60

* Diskutierter Leitwert; ** geogen bedingt, siehe Fußnote auf vorheriger Seite

Tabelle 26 Zusammenfassung der Modellergebnisse bei einem Eintrag des repräsentativen mittleren Sickerwassers aus der Auffüllung (*maximale Konzentration auf der Fließstrecke nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren und maximale Austragskonzentration aus der Modellstromröhre über den Modellzeitraum von 200 Jahren*); Überschreitungen der GFS-Werte sind durch farbliche Hinterlegung gekennzeichnet.

8.4.3 Modellergebnisse – hoch konzentriertes Sickerwasser

Da die Stoffkonzentrationen in den einzelnen Sickerwässern der Schächte und Messstellen in der Verfüllung Mühlenberg stark variieren (vgl. Kapitel 8.3.2), wurde für eine Absicherung der zuvor beschriebenen Ergebnisse eine weitere Modellberechnung durchgeführt. Hier wurde ein mittleres Sickerwasser aus den Messstellen verwendet, dessen Stoffkonzentrationen zumindest für einige der relevanten Stoffe deutlich höher liegen, als in den als repräsentativ für die gesamte Verfüllung angesehenen Schachtsickerwässern. Verwendet wurde das in der Tabelle 25 aufgeführte Sickerwasser aus der Messstelle B2 vom 25.02.2019. Die Zusammensetzung dieses Sickerwassers entspricht im Wesentlichen den Median-Konzentrationen aller vorliegenden Sickerwasseranalysen aus den Messstellen B1 bis B4.

Im Folgenden werden die Auswirkungen erhöhter Sickerwasserkonzentrationen auf die Konzentrationsentwicklung im Grundwasser der Lintforter Schichten gegenüber den im vorangegangenen Kapitel 8.4.2 beschriebenen Ergebnissen einer „mittleren“ Eintragsituation erläutert. Beschreibungen der den Konzentrationsverläufen zugrundeliegenden hydrogeochemischen Prozesse und Wechselwirkungen sind dem Kapitel 8.4.2 zu entnehmen und werden im Folgenden nur bedarfsweise ergänzt.

Die maximalen Konzentrationen auf der Fließstrecke nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren sowie die maximalen Austragskonzentration aus der Modellstromröhre (Basale Schichten) über den Modellzeitraum von 200 Jahren sind in Tabelle 27, Seite 140 zusammengefasst. Die Anlage 7.4.1 zeigt die modellberechnete Konzentrationsentwicklung für die einzelnen Parameter auf der Fließstrecke nach 200 Jahren, Anlage 7.4.2 die modellberechnete Entwicklung der Beschaffenheit des aus den hangenden Lintforter Schichten austretenden und in die Basalen Schichten übertretenden Wassers über einen Zeitraum von 200 Jahren.

Das Sickerwasser aus den Messstellen unterscheidet sich gegenüber dem den Schächten zutretenden Sickerwasser im Wesentlichen durch eine deutlich höhere Gesamtmineralisierung mit rd. 4.600 mg/l Chlorid und 2.100 mg/l Sulfat. Die Konzentrationen an Spurenelementen und Schwermetallen sind hier ebenfalls überwiegend erhöht. So liegen vor allem Arsen (140 µg/l), Chrom (64 µg/l), Nickel (92 µg/l), Titan (25 µg/l) und Vanadium (300 µg/l) in deutlich höheren Konzentrationen vor, als im Schachtsickerwasser. Auch die Konzentrationen von Blei, Cadmium, Kupfer und Quecksilber sind vergleichsweise erhöht. Lediglich Molybdän (110 µg/l) und Zink (30 µg/l) kommen in verringerten Konzentrationen vor.

Die Chlorid-Konzentrationen, deren Entwicklung rein durch geohydraulische Transportprozesse bestimmt wird, erreichen nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren infolge der diffusiven und dispersiven Verdünnung nach rd. 6 m Fließstrecke den im Grundwasser vorliegenden Ausgangswert von 31 mg/l (Abbildung 74). Aufgrund der hohen Eintragskonzentration liegt hier entlang der Fließstrecke ein deutlich steilerer Konzentrationsgradient vor; der große Anteil an immobilem Haftwasser innerhalb der Lintforter Schichten ermöglicht jedoch auch hier eine ausreichende Verdünnung.

Ähnlich verläuft auch die Konzentrationsentwicklung von Sulfat (Anlage 7.4.1), auch hier ist der maßgebliche Minderungsprozess die Verdünnung durch diffusive Mischung mit dem Haftwasser; sulfidische Fällungsprozesse spielen eine untergeordnete Rolle.

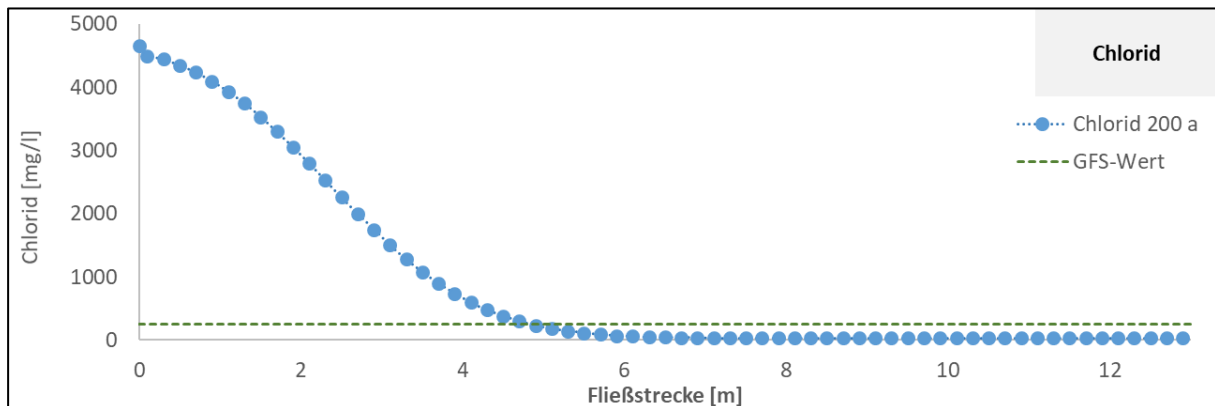


Abbildung 74 Modellbereknete Entwicklung der Chloridkonzentrationen bei erhöhter Eintragskonzentration entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer

Die Verläufe der pH-Werte und Redoxpotenziale entsprechen auch bei erhöhten Stoffkonzentrationen im eingetragenen Sickerwasser den in Kapitel 8.4.2 beschriebenen Entwicklungen (Abbildung 75 und Abbildung 76). Die Entwicklung der pH-Werte entspricht mit einem EingangspH von 8,8 und der raschen Einstellung neutraler pH-Werte durch die Calcit-Pufferung im Sediment der Lintforter Schichten dem Verlauf, der sich auch unter Einfluss des repräsentativen Sickerwassers zeigt (Kapitel 8.4.2).

Infolge des für das Sickerwasser aus der Messstelle B2 angenommenen Redox-Potenzials von 0 mV (keine Angaben aus Vor-Ort-Analytik vorhanden) und der Abwesenheit oxidierender gelöster Spezies wie Nitrat stellt sich hier nicht wie unter Eintrag des mittleren repräsentativen Sickerwassers (Kapitel 8.4.2) eine Oxidationszone zu Beginn der Fließstrecke ein, sondern es entwickeln sich bereits nach dem ersten Berechnungsschritt reduzierende Verhältnisse im Grundwasser mit einem Redox-Potenzial < - 150 mV, welches über die gesamte Fließstrecke vorhält. Ursache ist auch hier die Anwesenheit reduzierender Mineralphasen (im Modell durch Pyrit repräsentiert) im Grundwasserleiter der Lintforter Schichten.

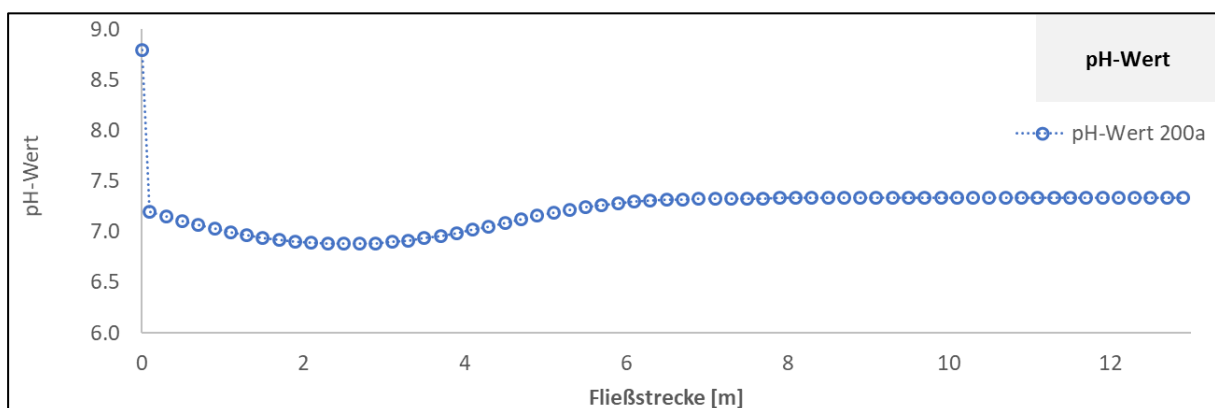


Abbildung 75 Modellbereknete Entwicklung der pH-Werte unter erhöhten Eintragskonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer

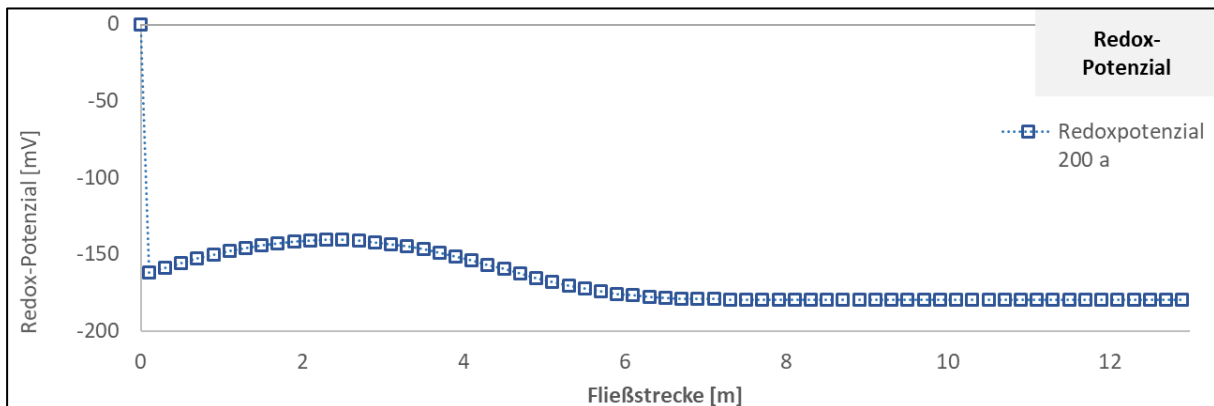


Abbildung 76 Modellberechnete Entwicklung der Redox-Potenziale (EH-Werte) unter erhöhten Eintragskonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer

Die Konzentrationsentwicklung von Arsen, welches im Sickerwasser der Messstellen mit rd. 140 µg/l (Median) in deutlich höheren Konzentrationen vorliegt als im repräsentativen Sickerwasser der Schächte, wird auch hier maßgeblich durch die Verdünnungsprozesse des advektiv transportierten Grundwassers mit dem immobilen Haftwasser bestimmt (Abbildung 77). Der GFS-Wert von 3,2 µg/l wird nach einer Eintragsdauer von 200 a ab ca. 5,7 m Fließstrecke unterschritten; der geogene Hintergrundwert (1,4 µg/l) wird bei ca. 7 m erreicht. Somit ist innerhalb des Betrachtungszeitraums auch bei deutlich erhöhten Eintragskonzentrationen für Arsen kein Austritt aus den Lintforter Schichten in unterliegende Sedimente zu erwarten.

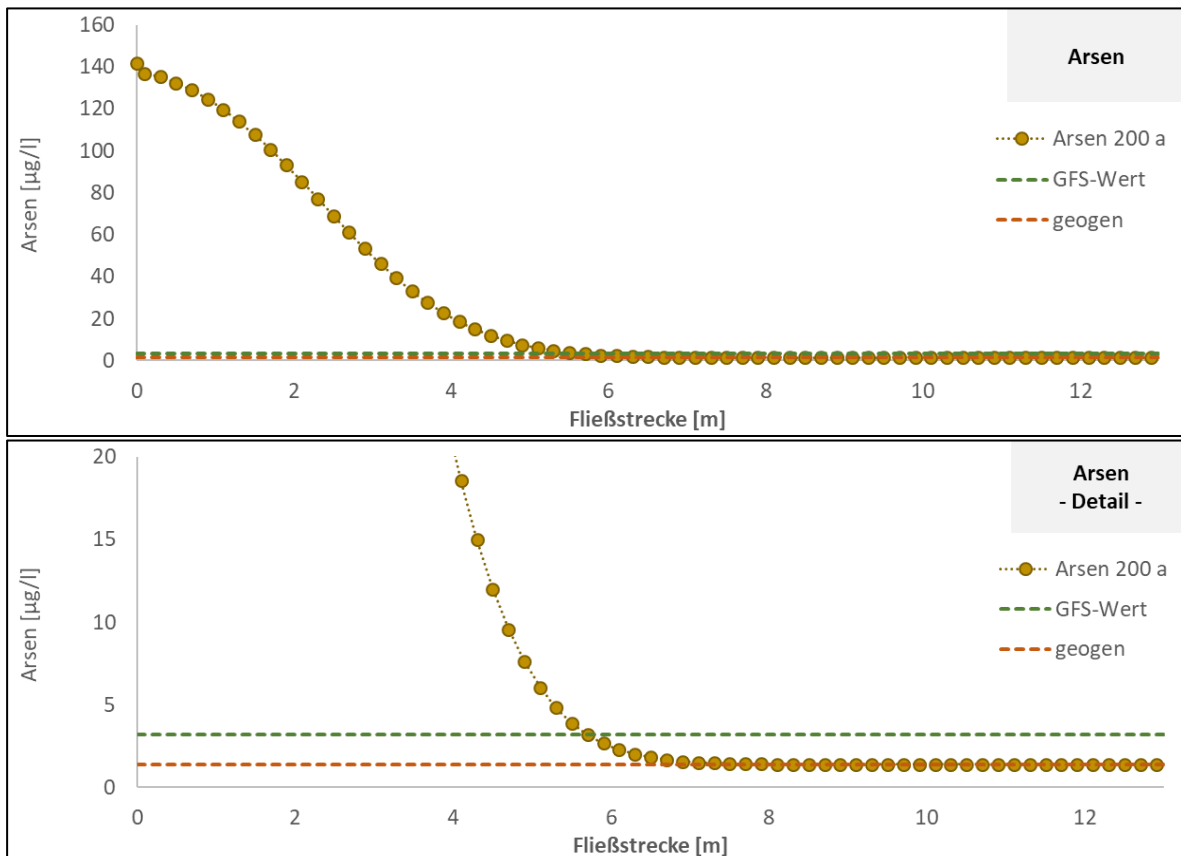


Abbildung 77 Modellberechnete Entwicklung der Arsenkonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer. Unten Detaildarstellung mit verkürzter y-Achse

Auch die Konzentrationsentwicklung von Vanadium (Anlage 7.4.1) innerhalb der Lintforter Schichten wird überwiegend durch Transport und Verdünnung bestimmt. Nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren erreicht Vanadium den vorgegebenen Hintergrundwert im Grundwasser von 15 µg/l (hierzu siehe Erläuterung in Kapitel 8.4.2) innerhalb von rd. 7 m Fließstrecke. Aufgrund der höheren Eintragskonzentration ist die Fließstrecke bis zum Erreichen der geogenen Konzentration etwas länger als bei der im repräsentativen Sickerwasser vorliegenden mittleren Konzentration von 81 µg/l. Ein Austritt von Vanadium an der Basis der Lintforter Schichten ist jedoch auch in diesem Szenario nicht zu besorgen.

Die in Kapitel 8.4.2 für Cadmium beschriebenen Sorptions- und Desorptionseffekte zeigen sich auch bei höheren Eintragskonzentrationen (Abbildung 78). Das durch die Ionenaustauschprozesse lokale Konzentrationsmaximum verlagert sich bei erhöhten Eintragskonzentrationen und erhöhter Gesamtmineralisation des Sickerwassers schneller entlang der Fließstrecke. Nach 200 Jahren Eintragsdauer erreicht es auch hier nur bis in eine Distanz von ca. 2 m. Der GFS-Wert für Cadmium von 0,3 µg/l wird aufgrund der Desorptionseffekte trotz nur knapp darüber liegender Eintragskonzentration erst nach rd. 5 m Fließstrecke dauerhaft unterschritten; bei den durch Mineralfällung beeinflussten Schwermetallen findet bereits nach Eintritt in die Lintforter Schichten eine deutliche Konzentrationsabnahme bis unterhalb der jeweiligen GFS-Werte statt.

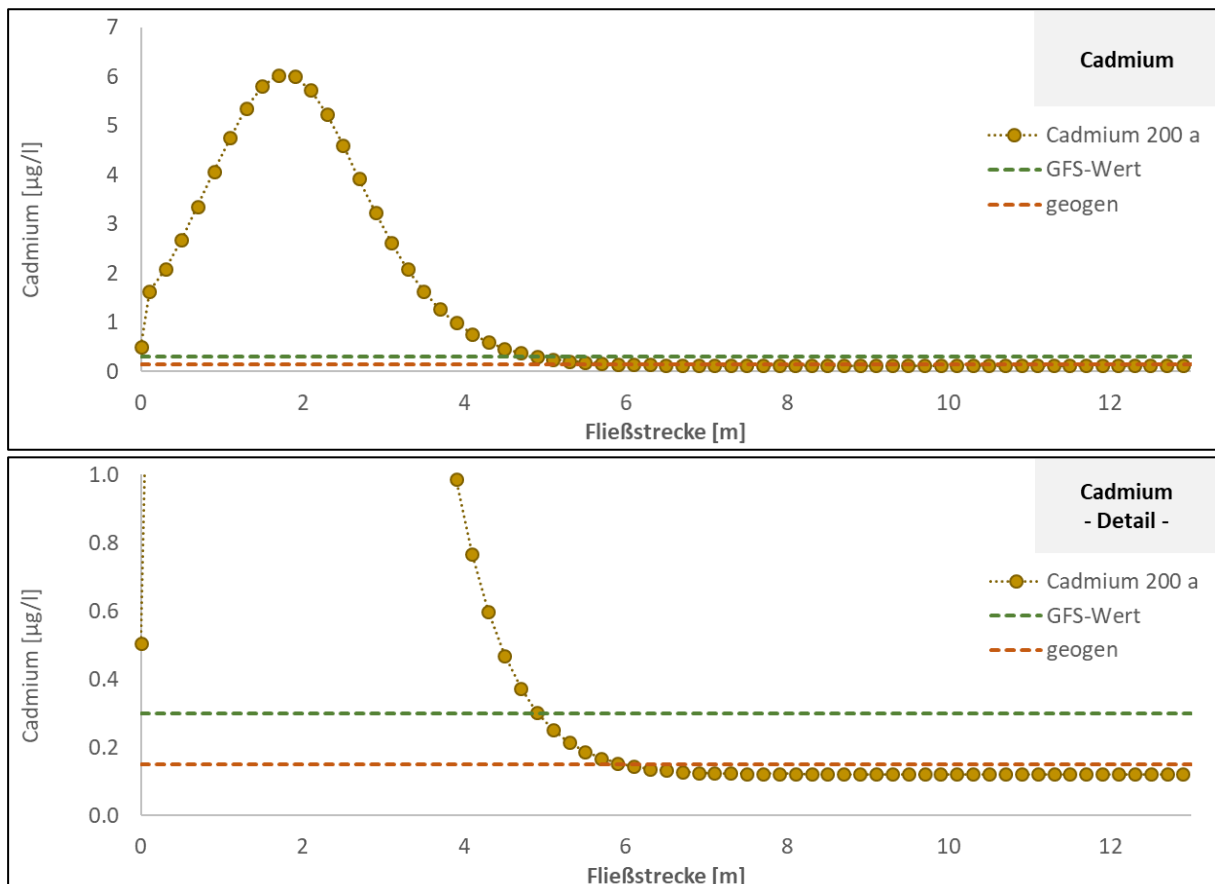


Abbildung 78 Modellberechnete Entwicklung der Cadmiumkonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer. Unten Detaildarstellung mit verkürzter y-Achse

Die beschriebene Konzentrationsentwicklung zeigt sich auch für Eisen (Anlage 7.4.1), welches unter den vorherrschenden reduzierenden Bedingungen in 2-wertiger Form vorliegt und so ebenfalls durch Ionenaustauschprozesse beeinflusst ist.

In geringerem Maße sind diese Konzentrationsverläufe auch für Blei, Nickel (Abbildung 79) und Zink zu beobachten (siehe Anlage 7.4.1). Die Konzentrationsentwicklungen dieser Schwermetalle werden nur anteilig durch Sorption und Desorption bestimmt; in deutlich größeren Anteilen werden die Konzentrationen durch Mineralfällungen als Carbonate (z.B. Cerrusit $[PbCO_3]$) oder Sulfide (z.B. Nickel- oder Zinksulfide) gemindert. Kupfer wie auch Molybdän werden aufgrund des negativen Redox-Potenzials auch nach 200 Jahren Eintragsdauer direkt nach Übertritt in die Lintforter Schichten als Sulfide ausgefällt, so dass diese Schwermetalle bereits nach kurzer Fließstrecke vollständig aus dem Grundwasser entfernt werden.

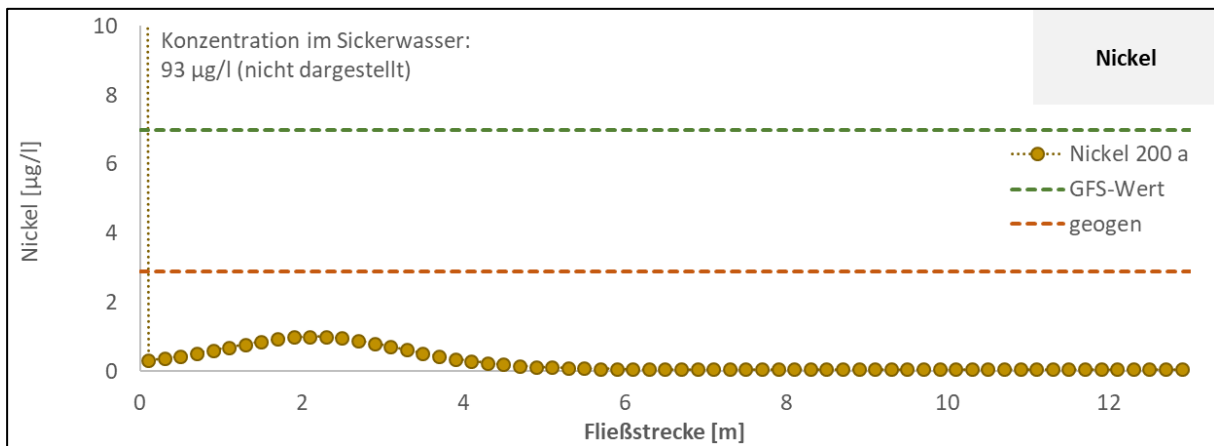


Abbildung 79 Modellberechnete Entwicklung der Nickelkonzentrationen entlang der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren Eintragsdauer

Chrom und Titan werden auch unter höheren Eintragskonzentrationen als Oxide, v.a. Rutil $[TiO_2]$ und Chromoxid $[Cr_2O_3]$, ausgefällt. Die Mineralfällung führt aufgrund der Lösungsgleichgewichte nach 200 Jahren Eintragsdauer nicht zu einer vollständigen Konzentrationsabnahme der beiden Schwermetalle; der für Chrom vorgegebene GFS-Wert von $3,4 \mu\text{g/l}$ wird aber bereits unterschritten (für Titan ist kein GFS-Wert vorgegeben, siehe Kapitel 8.4.2 (Anlage 7.4.1)). Nach Gleichgewichtseinstellung im Wasser verbleibende Restkonzentrationen werden dann durch die oben beschriebenen Transport- und Verdünnungsprozesse gemindert. In der Folge unterschreitet die Konzentration von Chrom (hier in der reduzierten, zweiwertigen Form) nach rd. 5,5 m Fließstrecke den geogenen Hintergrundwert von $0,5 \mu\text{g/l}$ und auch die Titankonzentration erreicht innerhalb dieser Strecke den Ausgangswert im Grundwasser.

Insgesamt erreichen die Konzentrationsfronten auch bei den deutlich höheren Eintragskonzentrationen einzelner Schwermetalle nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren nur höchstens die ersten 6 m Fließstrecke der Lintforter Schichten. Die Kapazitäten der konzentrationsmindernden Prozesse – v.a. diffusive Verdünnung, Sorption und Mineralfällung – sind in den Lintforter Schichten dementsprechend in ausreichendem Umfang vorhanden um auch deutlich höhere als die mittleren Sickerwasserkonzentrationen auf einem Anteil der Fließstrecke effektiv zu mindern und die vorgegebenen GFS-Werte für Arsen und die betrachteten Schwermetalle über einen Eintragszeitraum von 200 Jahren und erwartungsgemäß darüber hinaus zu unterschreiten.

Parameter	Einheit	Maximale Konzentration auf der Fließstrecke	Maximale Austragskonzentration über 200 Jahre	GFS-Wert
Hauptparameter				
pH-Wert	-	6,69 – 7,33	7,33 – 7,34	
Redoxpotenzial E _H	mV	- 188 - 324	- 179 - -178	
Calcium		1144	77,5	-
Magnesium		473	32,9	-
Natrium		2416	20,3	-
Kalium		307	24,8	-
Eisen	mg/l	2,10	0,23	-
Mangan		1,37	0,06	-
Nitrat		k. A.	-	50
Sulfat		2057	104	250
Chlorid		4500	31,1	250
Ammonium		k.A.	k.A.	
Säurekapazität K _s 4,3	mmol/l	5,03	5,03	-
Schwermetalle und Spurenelemente				
Arsen		137	1,4	3,2
Blei		0,16	0,03	1,2
Cadmium		6,02	0,12	0,3
Chrom gesamt		1,29	0,38	3,4
Chrom VI		0,00	0,00	0,3*
Kupfer	µg/l	0,00	0,00	5,4
Molybdän		0,00	0,00	35
Nickel		1,01	0,08	7
Quecksilber		0,05	0,00	0,1
Titan		0,01	0,00	-
Vanadium		294	15,0**	4
Zink		14,1	1,07	60

* Diskutierter Leitwert; ** geogen bedingt siehe Kapitel 8.4.2.

Tabelle 27 Zusammenfassung der Modellergebnisse bei einem Eintrag eines Sickerwassers aus der Auffüllung mit deutlich erhöhten Stoffkonzentrationen (*maximale Konzentration auf der Fließstrecke nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren und maximale Austragskonzentration aus der Modellstromröhre über den Modellzeitraum von 200 Jahren*); Überschreitungen der GFS-Werte sind durch farbliche Hinterlegung gekennzeichnet

8.5 Zusammenfassung und abschließende Bewertung

Die in der Verfüllung Mühlenberg abgelagerten Abfälle führen zu einer Belastung des Sickerwassers.

Auf Grundlage vorhandenen Daten und ergänzender Untersuchungen wurde eine mittlere repräsentative Sickerwasserbeschaffenheit abgeleitet. Aufgrund der höheren Repräsentativität orientiert sich diese an den Analysen der Schachtwässer aus der Auffüllung. Ergänzend wurde ein höher mineralisiertes und stärker schwermetallbelastetes Wasser mitbetrachtet, wie es in einzelnen Sickerwassermessstellen auftritt.

Die Sickerwässer sind durch hohe Konzentrationen an Schwermetallen und Spurenelementen gekennzeichnet, die teils deutlich die zur Beurteilung herangezogenen Geringfügigkeitsschwellenwerte überschreiten. So treten neben Arsen, Blei und Cadmium vor allem Chrom (hier auch in seiner sechswertigen Form als Chromat), Nickel, Molybdän, Vanadium sowie Kupfer und Zink teils in deutlich erhöhten Konzentrationen auf.

Organische Schadstoffe sind von untergeordneter Relevanz. So liegen die Mediankonzentrationen der polyzyklischen organischen Kohlenwasserstoffe (Summe PAK nach U.S. EPA ohne Naphthalin) im Bereich des GFS-Werts, sowie für Naphthalin, die monoaromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX) und die leichten halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) deutlich unterhalb der jeweiligen GFS-Werte. Ein 2019 durchgeführtes GC-MS-Screening der mittel- und schwerflüchtigen organischen Verbindungen (z.B. alkylierte Aromate, heterosubstituierte PAK, Kohlenwasserstoffe ab C9, PCB, PCB-Ersatzstoffe, Chlorparafine, Organochlorpestizide und höher chlorierte Aromaten und Phthalate) erbrachte keine Hinweise auf das Vorhandensein solcher Verbindungen in den Sickerwässern.

Aufgrund der erhöhten Gehalte an organischem Kohlenstoff (TOC) von durchschnittlich 0,7 Gew.-% weisen die Lintforter Schichten für unpolare organische Stoffe ein erhöhtes Sorptionsvermögen auf. Darüber hinaus unterstützen die sehr geringen Fließgeschwindigkeiten und die entsprechend langen Verweilzeiten den Abbau organischer Stoffe.

Das Gefährdungspotenzial der Sickerwässer aus der Auffüllung resultiert demnach in erster Linie aus den anorganischen Wasserinhaltsstoffen: der erhöhten Salinität sowie den erhöhten Konzentrationen an Schwermetallen und Spurenelementen. Salinität, Schwermetalle und Spurenelemente unterliegen keinen Abbauprozessen. Konzentrationsabnahmen können nur durch Verdünnungs- und Demobilisationsprozesse erfolgen. Diese sind von den Eigenschaften der durchströmten Schicht abhängig.

Die Mobilität der im Sickerwasser gelösten Wasserinhaltsstoffe wurde unter Berücksichtigung des stoffspezifischen Rückhaltevermögens der durchströmten Lintforter Schichten und der langen Fließzeiten bis zur Basalen Schicht oberhalb des Ratinger Tons mit einem reaktiven Stofftransportmodell berechnet. Für die hydrochemische Stofftransportmodellierung wurde das Programm PHREEQC (Vers. 3.5; Datensatz: Minteq.v4) des U.S. Geological Survey verwendet.

Mit dem Modell wird das Zusammenwirken geohydraulischer und hydrogeochemischer Prozesse auf der 13 m langen Fließstrecke durch die Lintforter Schichten abgebildet. Die Durchströmung der Lintforter Schichten erfolgt maßgeblich vertikal.

Die geohydraulischen Prozesse umfassen die advective Strömung unter Berücksichtigung von Dispersion und Diffusion sowie die diffusive Mischung zwischen dem advektiv verlagerten Wasser und dem immobilen Haftwasser. Der hohe Anteil an immobilem Haftwasser in den überwiegend schluffig ausgebildeten Sedimenten der Lintforter Schichten führt zu einem deutlichen Verdünnungseffekt.

Die im Modell berücksichtigten hydrogeochemischen Prozesse beinhalten die Speziesverteilung der gelösten Wasserinhaltsstoffe, Gleichgewichtsreaktionen und Mineralneubildungen (Fällungsprozesse), Kationenaustausch sowie die auf den Abbau organischer Substanz beruhende Sulfatreduktion.

Der reaktive Stofftransport und die resultierenden Konzentrationsverteilungen entlang der Fließstrecke und die sich ergebenden Stoffausträge werden über einen Eintragszeitraum von 200 Jahren abgebildet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass auf Grundlage der durchgeführten Modellrechnungen für einen Betrachtungszeitraum von 200 Jahren in Folge des Eintrags von Sickerwasser aus den Auffüllungen keine Überschreitungen der GFS-Werte oder geogener Konzentrationen in den aus den Lintforter Schichten austretenden Grundwässern zu erwarten sind. Dies gilt sowohl für ein repräsentatives mittleres Sickerwasser, wie es beispielsweise im Sickerschacht „C“ angetroffen wird, als auch für ein höher mineralisiertes und stärker schwermetallbelastetes Wasser, wie es in einzelnen Sickerwassermessstellen innerhalb der Auffüllung auftritt. Eine nachteilige Beeinflussung von unterhalb der Lintforter Schichten folgenden Grundwässern ist nicht zu besorgen.

Der wesentliche, für alle Wasserinhaltsstoffe identisch wirkende konzentrationsmindernde Prozess ist die Verdünnung des advektiv einströmenden Grundwassers mit dem immobilen Haftwasser. Dieser Prozess bewirkt eine deutliche Konzentrationsabnahme bereits auf den ersten Metern, so dass sich die eingetragenen Stoffe – auch bei idealer Mobilität – trotz der langen Zeitdauer nicht bis ans Ende der modellierten Stromröhre ausgebreitet haben. Die Stoffeinträge erreichen somit auch nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren nicht die Basis der Lintforter Schichten. Dies gilt sowohl für die mittleren, repräsentativen Stoffkonzentrationen des Sickerwassers aus den Schächten, als auch für die lokal mit deutlich höheren Konzentrationen auftretenden Sickerwässer aus den Messstellen.

Neben einer Verdünnung werden eine Vielzahl von Schwermetallen durch Fällungsprozesse in ihren Konzentrationen vermindert. Zink, Kupfer, Molybdän und Nickel werden im Wesentlichen als Sulfide, Blei als Karbonat sowie Chrom- und Titan als Oxide gefällt. Die Fällung führt dazu, dass bereits nach einer kurzen Fließstrecke die GFS-Werte durchgängig unterschritten werden. Auch bei noch längeren Eintrags- und Fließzeiten sowie unter erhöhten Eintragskonzentrationen wären diesbezüglich keine relevanten Stoffausträge zu erwarten.

Darüber hinaus ist für eine Vielzahl von Schwermetallen von einer Sorption und damit einer Retardation an Tonmineralen auszugehen. In der Modellierung wurden diese Effekte für Blei, Zink, Cadmium und Kupfer berücksichtigt. Für Nickel und Vanadium liegen diesbezüglich keine chemisch-thermodynamischen Daten vor. Ein entsprechender Rückhalteeffekt ist aber ebenfalls anzunehmen. Dementsprechend sind die Modellergebnisse und die darauf basierende Bewertung eher als konservativ („Worst Case“) anzusehen.

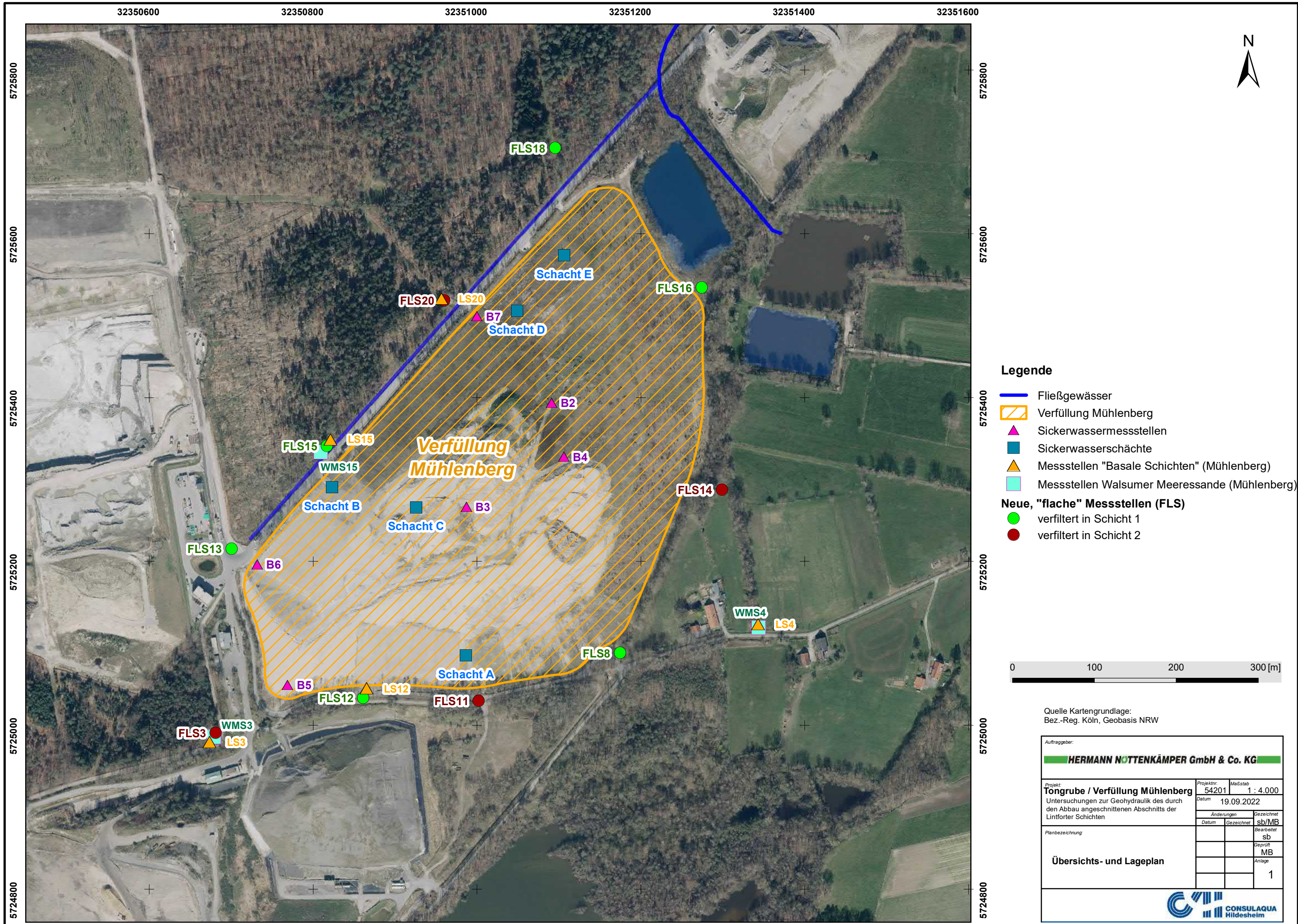
Hildesheim, den 30.01.2023



i. V. Dipl.-Geol. Michael Bruns



i. V. Dipl.-Geol. Dr. Carsten Hansen



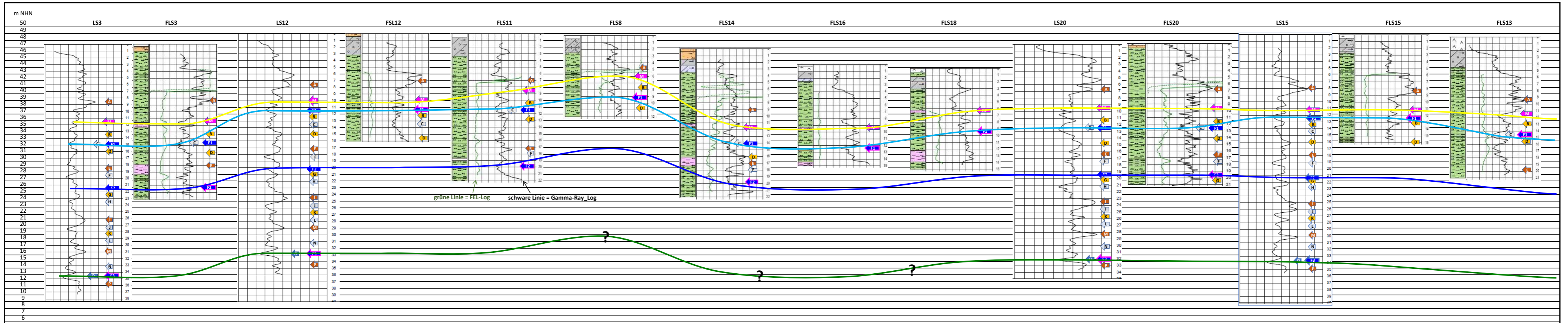
- Legende**
- Fließgewässer
 - Verfüllung Mühlenberg
 - ▲ Sickerwassermessstellen
 - Sickerwasserschächte
 - ▲ Messstellen "Basale Schichten" (Mühlenberg)
 - Messstellen Walsumer Meeressande (Mühlenberg)
- Neue, "flache" Messstellen (FLS)**
- verfiltert in Schicht 1
 - verfiltert in Schicht 2



Quelle Kartengrundlage:
Bez.-Reg. Köln, Geobasis NRW

Auftraggeber:			
HERMANN NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG			
Projekt:	Projektnr.:	Maßstab:	
Tongrube / Verfüllung Mühlenberg	54201	1 : 4.000	
Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Linforter Schichten			
Datum:	19.09.2022	Gezeichnet:	sb/MB
Anderungen:		Gezeichnet:	sb
Planbezeichnung:		Geprüft:	MB
Übersichts- und Lageplan		Anlage:	1





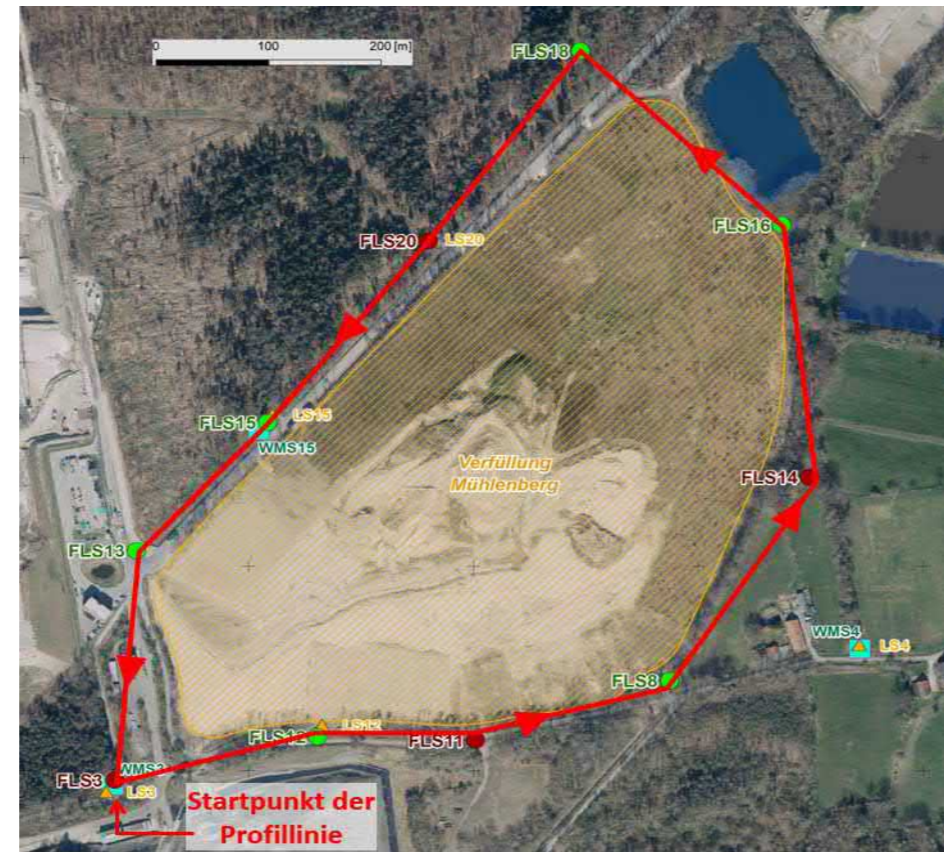
Legende

- Verlauf Mergelschicht
- Verlauf Schicht 1
- Verlauf Schicht 2
- Verlauf Basale Schichten
- ? Verlauf unsicher

Identifizierte Schichten

- ◀ Mergelschicht
- ◀ Schicht 1
- ◀ Schicht 2
- ◀ Basale Schichten
- ◀ sonstige (unterschiedliche Farben)
- ◀ Filterlage der Messstellen

Profil nicht längenmaßstäblich



Projekt	Tongrube Mühlenberg Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Linforter Schichten	
Projektnr.	54201	Datum: 26.10.2022
Auftraggeber:	HERMANN NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG Eichenallee 1, 46569 Hünxe	
Anlagentitel	Korrelation der geophys. Gamma-Ray-Logs Ermittlung wasserführender Horizonte "Rundum" Profilschnitt mit Lageplan	Anlage 2

Abbauwand Südwest (Eichenallee)




Höhenmaßstab: 1:90

Horizontalmaßstab: 1:20

Blatt 1 von 1

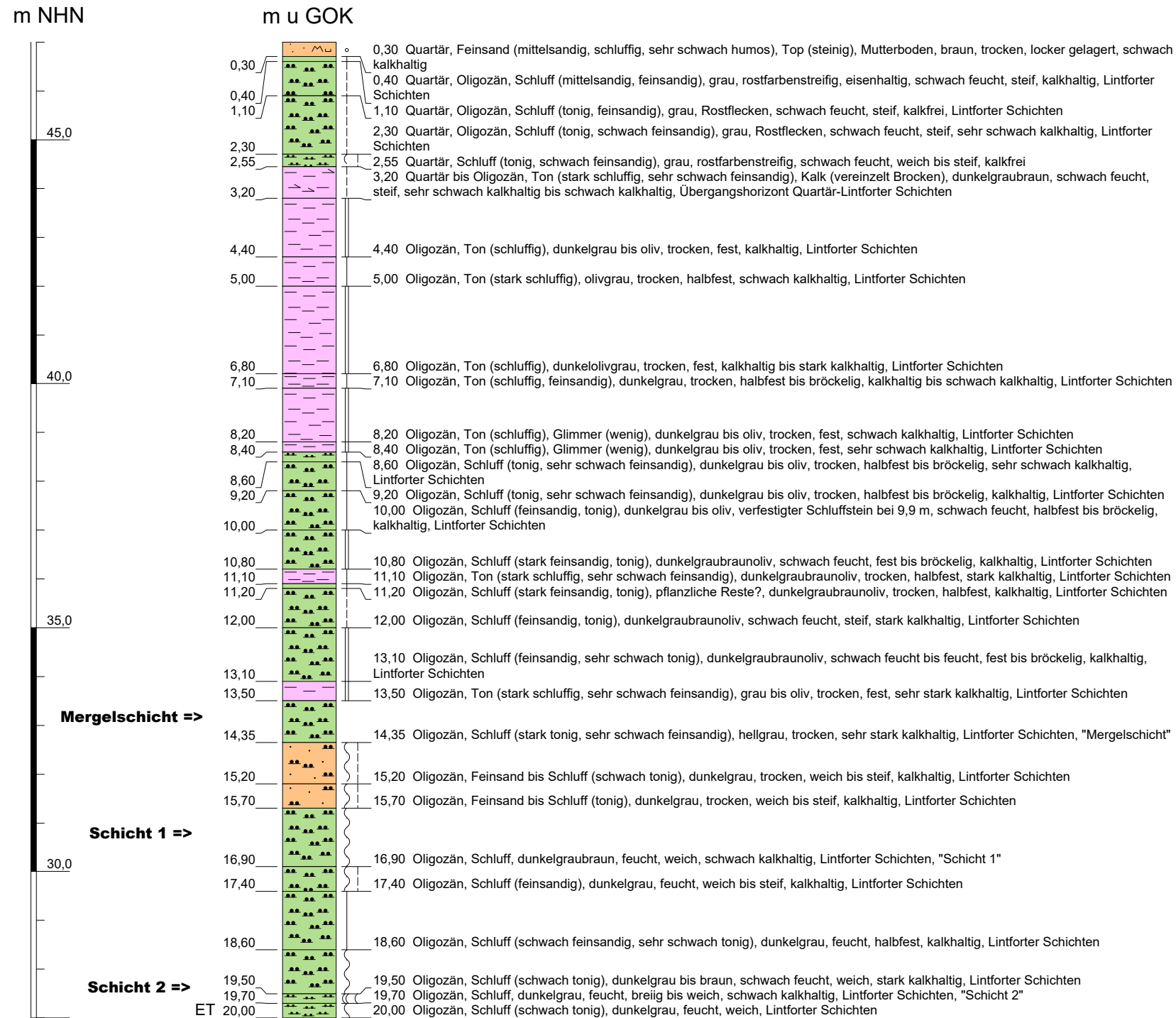
Projekt:	Verfüllung Mühlenberg	
Bohrung:	Abbauwand Südwest (Eichenallee)	
Auftraggeber:	AGR/Nottenkämper	Rechtswert: 32350234,30
Bearbeiter:	Schröter, König	Hochwert: 5725172,50
Bohrdatum:	20.05.2022	Ansatzhöhe: 44,53 m NHN
Anlage 3.1	Endteufe: 16,20 m u. GOK	



Bördestraße 3
31135 Hildesheim
www.consulaqua.de

Tel.: +49 5121 7682 0
Fax: +49 5121 7682 82


Erkundungsbohrung B2



Höhenmaßstab: 1:110

Horizontalmaßstab: 1:20

Blatt 1 von 1

Projekt: Aufschlussbohrungen Eichenallee		 Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82
Bohrung: Erkundungsbohrung B2		
Auftraggeber: Nottenkämper	Rechtswert: 32350528,40	
Bearbeiter: Schröter, König	Hochwert: 5725058,40	
Bohrdatum: 2022	Ansatzhöhe: 47,00 m NHN	
Anlage 3.2.1		Endteufe: 20,00 m u. GOK

Erkundungsbohrung B3



Mergelschicht =>


Schicht 1 =>

Schicht 2 => ET

Höhenmaßstab: 1:110

Horizontalmaßstab: 1:20

Blatt 1 von 1

Projekt: Aufschlussbohrungen Eichenallee		 Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82
Bohrung: Erkundungsbohrung B3		
Auftraggeber: Nottenkämper	Rechtswert: 32350265,80	
Bearbeiter: Schröter, König	Hochwert: 5725155,00	
Bohrdatum: 2022	Ansatzhöhe: 45,15 m NHN	
Anlage 3.2.2		Endteufe: 20,00 m u. GOK

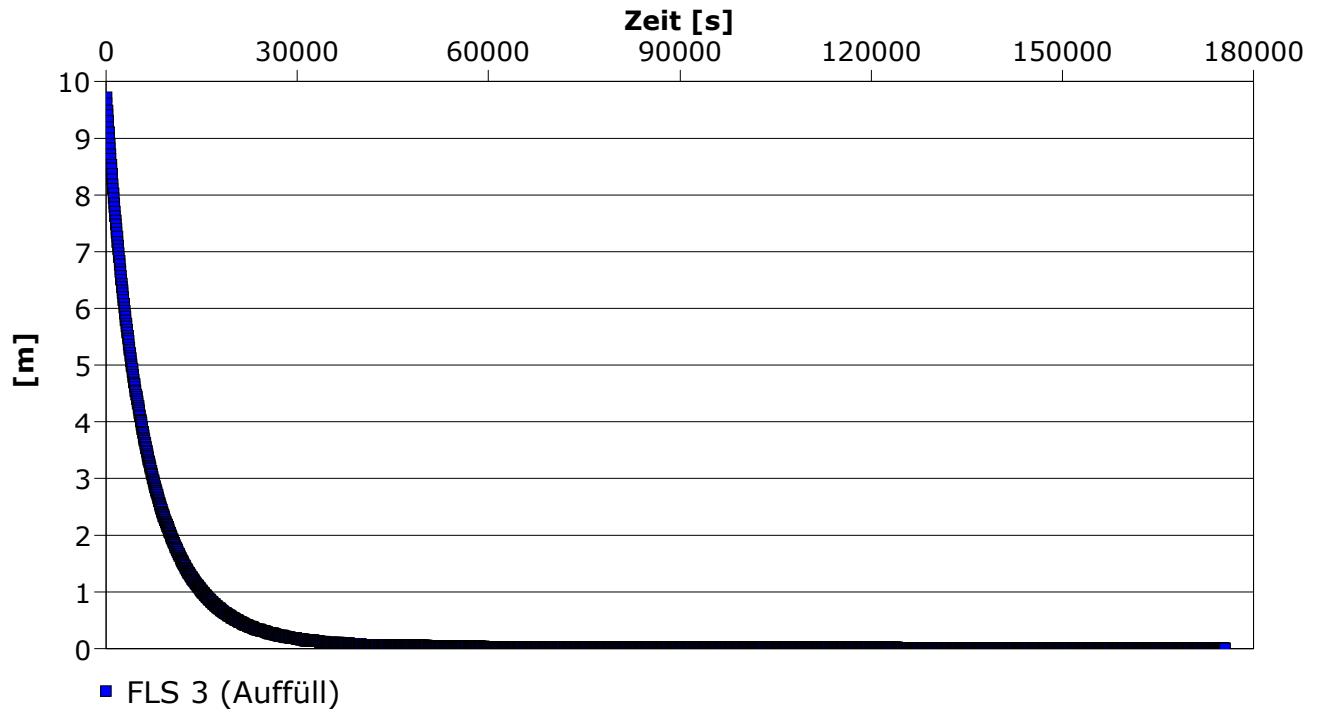
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 3	Versuchsbrunnen: FLS 3 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 03.11.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 1,00 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 3 (Auffüll)	$8,00 \times 10^{-7}$	$8,00 \times 10^{-7}$	$4,03 \times 10^{-8}$

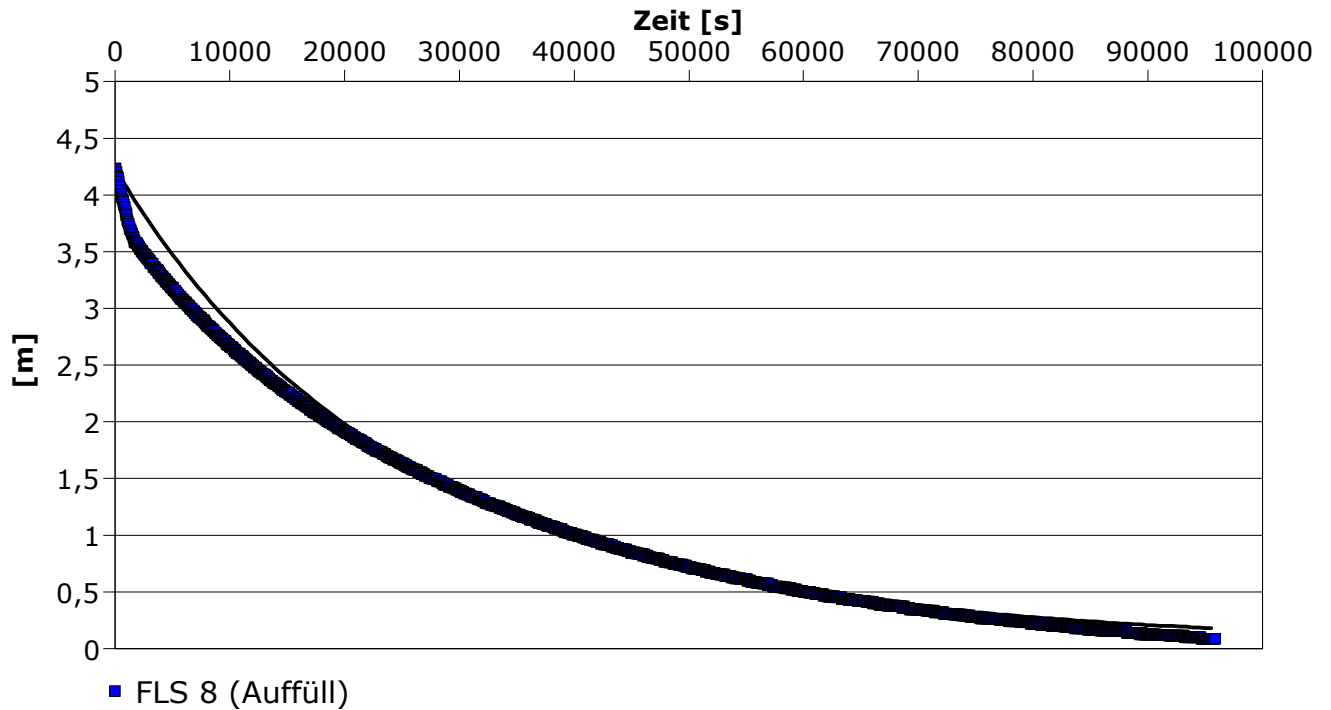
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 8	Versuchsbrunnen: FLS 8 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 16.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 1,75 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 8 (Auffüll)	$3,40 \times 10^{-7}$	$1,94 \times 10^{-7}$	$4,32 \times 10^{-15}$

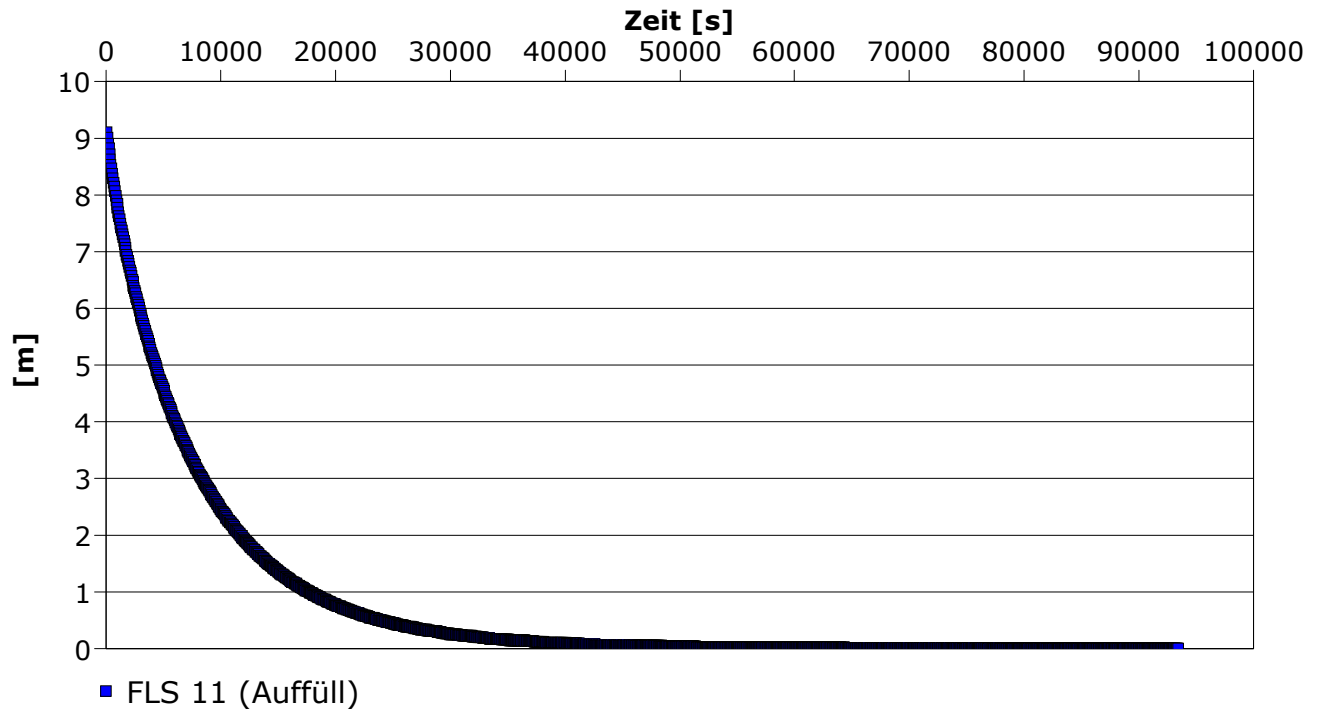
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 11	Versuchsbrunnen: FLS 11 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 16.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 3,95 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 11 (Auffüll)	$2,00 \times 10^{-6}$	$5,06 \times 10^{-7}$	$2,82 \times 10^{-24}$

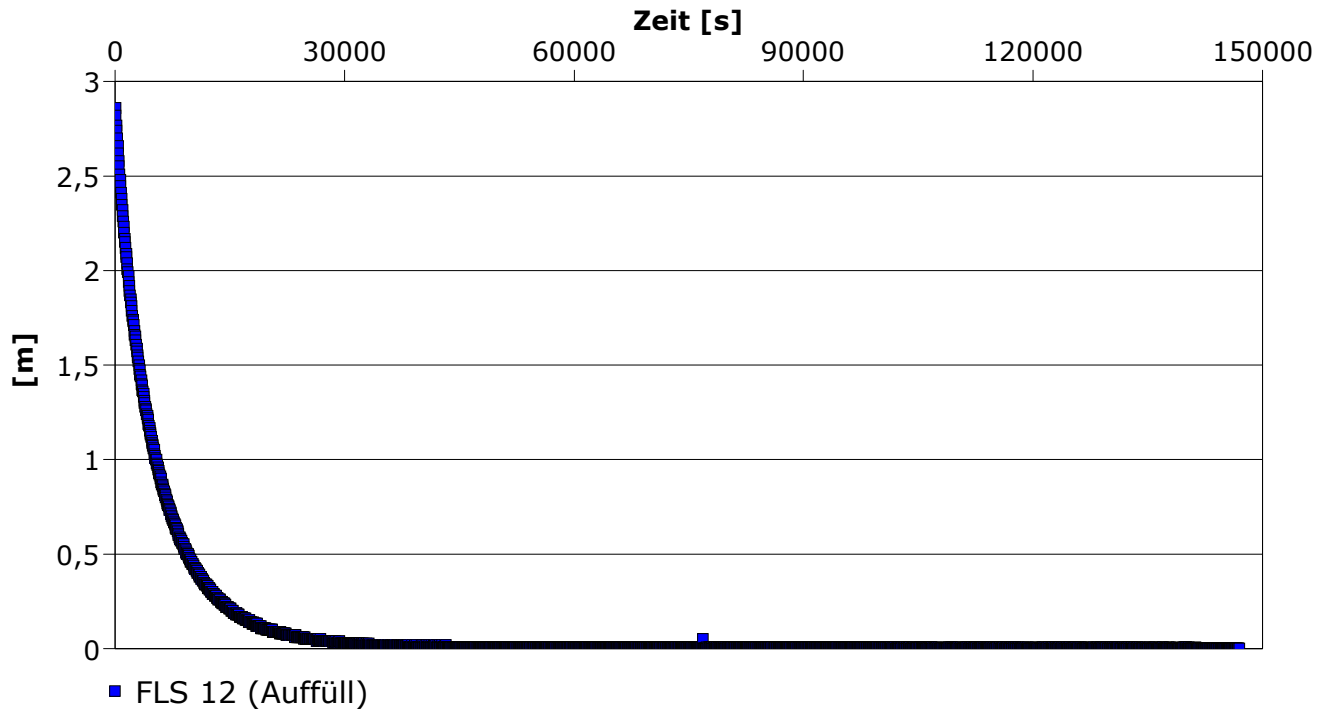
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 12	Versuchsbrunnen: FLS 12 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 14.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 0,85 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 12 (Auffüll)	$8,90 \times 10^{-7}$	$1,05 \times 10^{-6}$	$2,22 \times 10^{-7}$

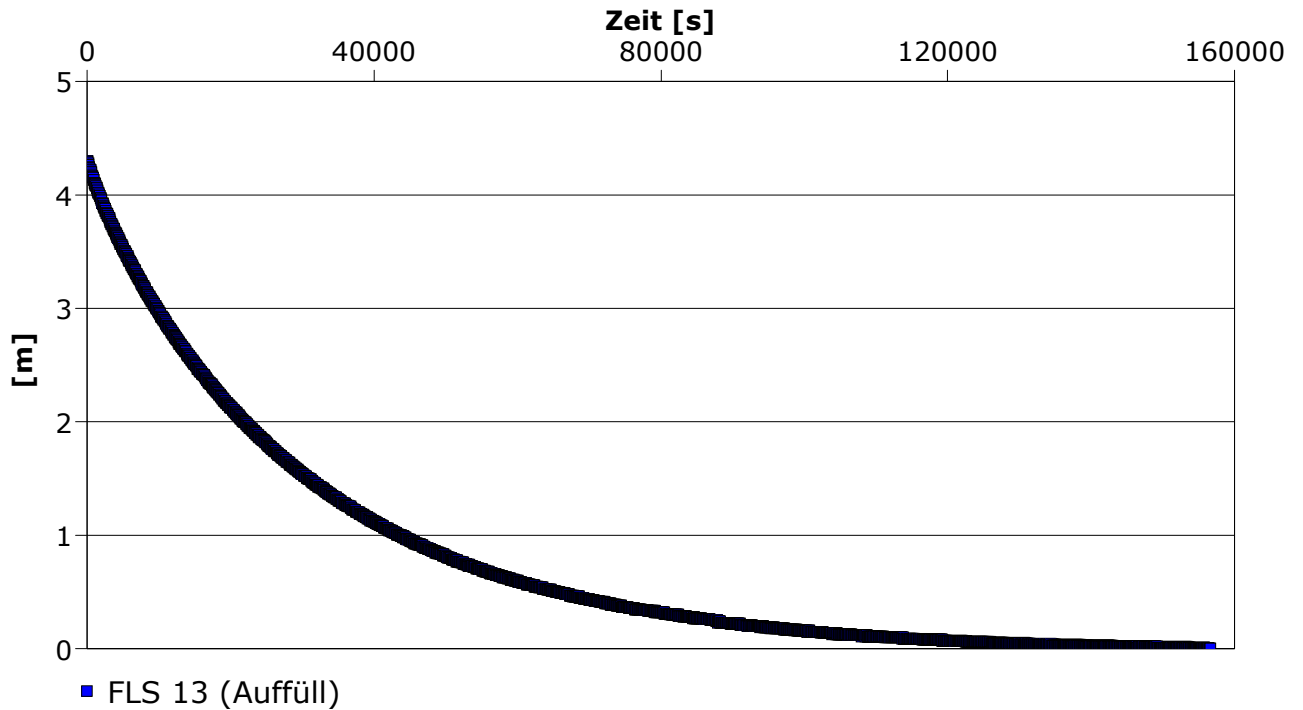
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 13	Versuchsbrunnen: FLS 13 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 14.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 0,80 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi:
FLS 13 (Auffüll)	$4,11 \times 10^{-7}$	$5,14 \times 10^{-7}$	$1,49 \times 10^{-19}$

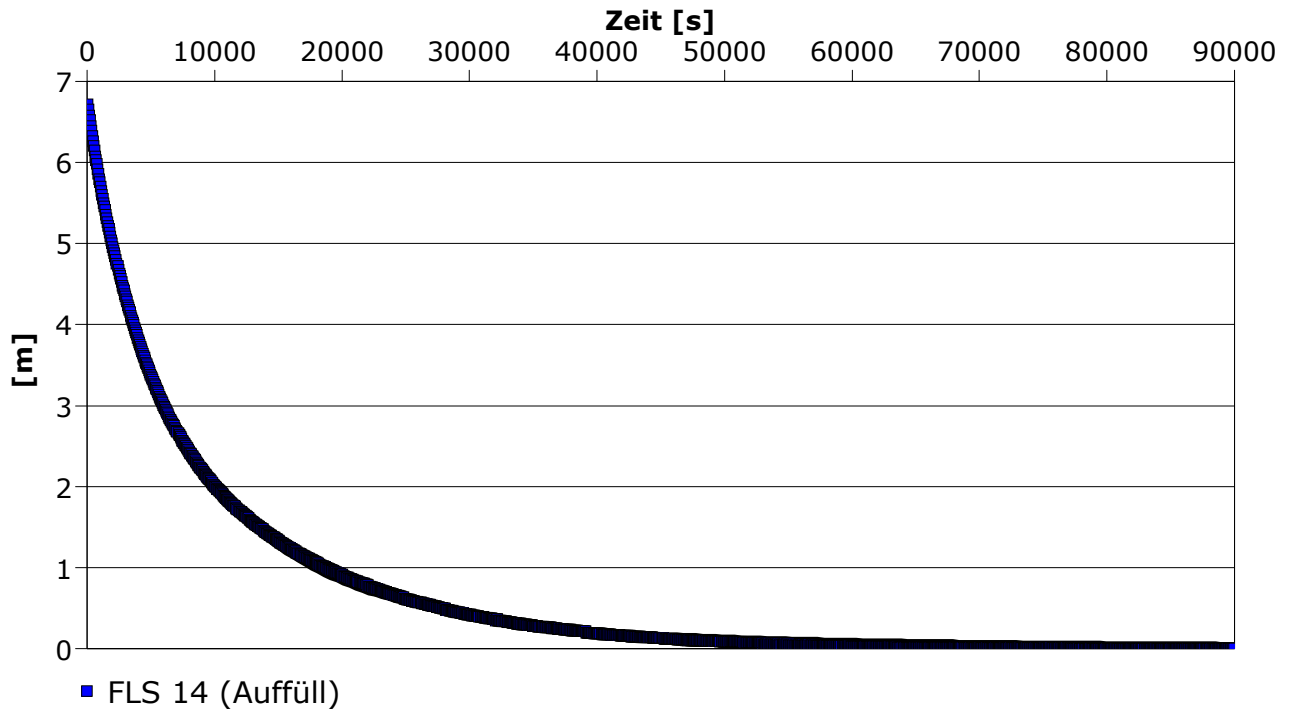
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 14	Versuchsbrunnen: FLS 14 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 20.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 2,00 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 14 (Auffüll)	$4,11 \times 10^{-7}$	$2,05 \times 10^{-7}$	$4,99 \times 10^{-6}$

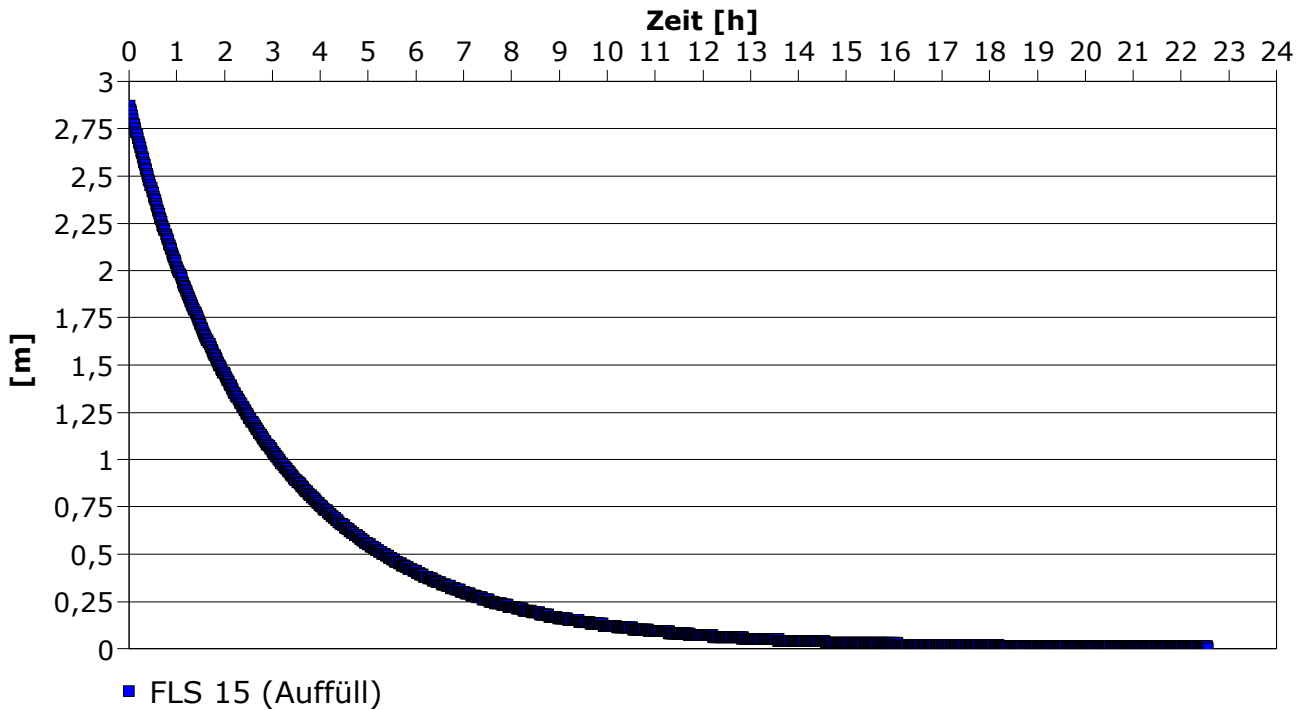
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 15	Versuchsbrunnen: FLS 15 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 14.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.01.2022
Aquifermächtigkeit: 0,85 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 15 (Auffüll)	$7,67 \times 10^{-7}$	$9,02 \times 10^{-7}$	$2,66 \times 10^{-13}$

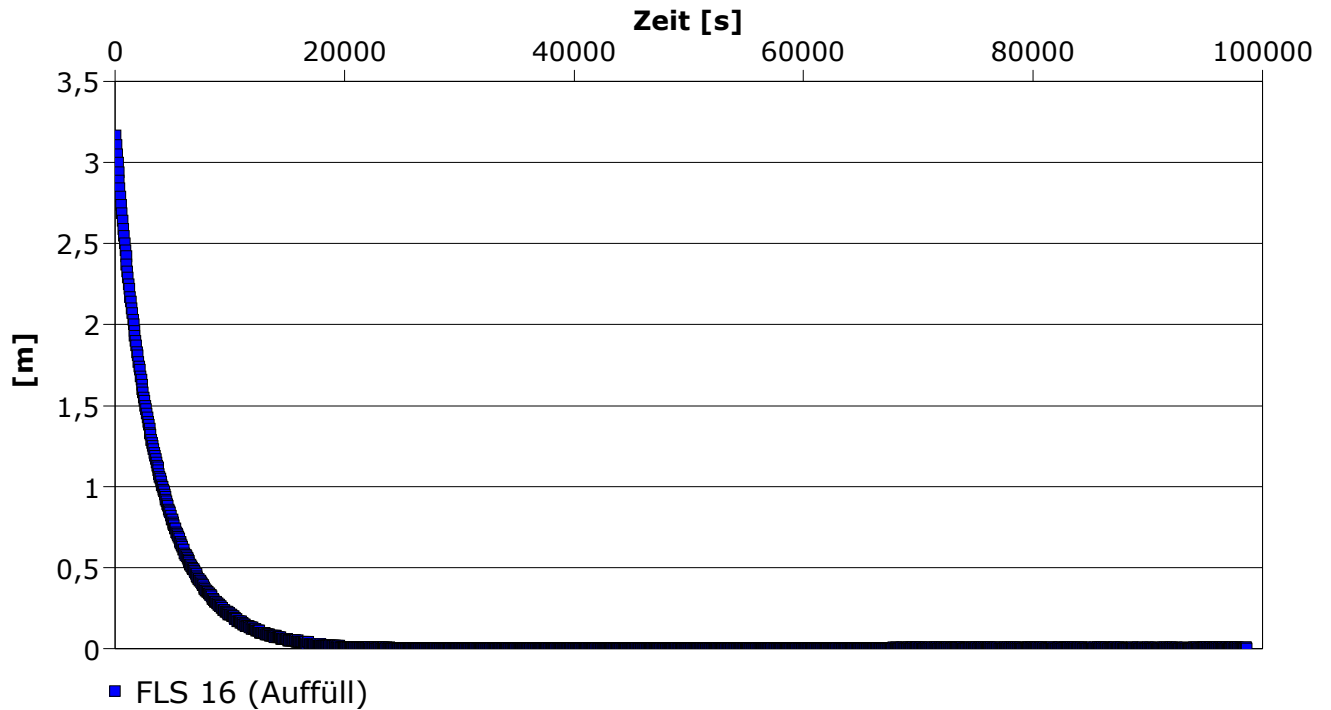
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 16	Versuchsbrunnen: FLS 16 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 20.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 1,60 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 16 (Auffüll)	$2,40 \times 10^{-6}$	$1,50 \times 10^{-6}$	$3,38 \times 10^{-13}$

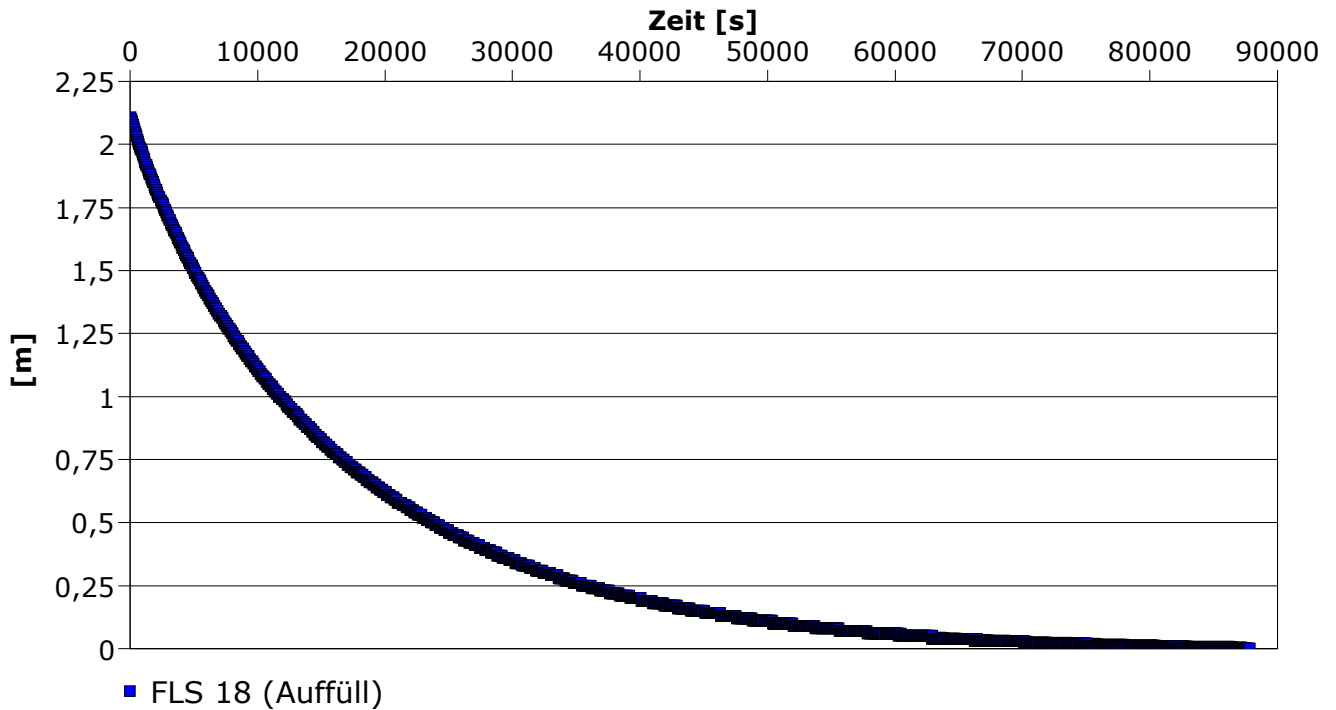
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 18	Versuchsbrunnen: FLS 18 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 16.12.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 1,35 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 18 (Auffüll)	$7,77 \times 10^{-7}$	$5,76 \times 10^{-7}$	$2,71 \times 10^{-20}$

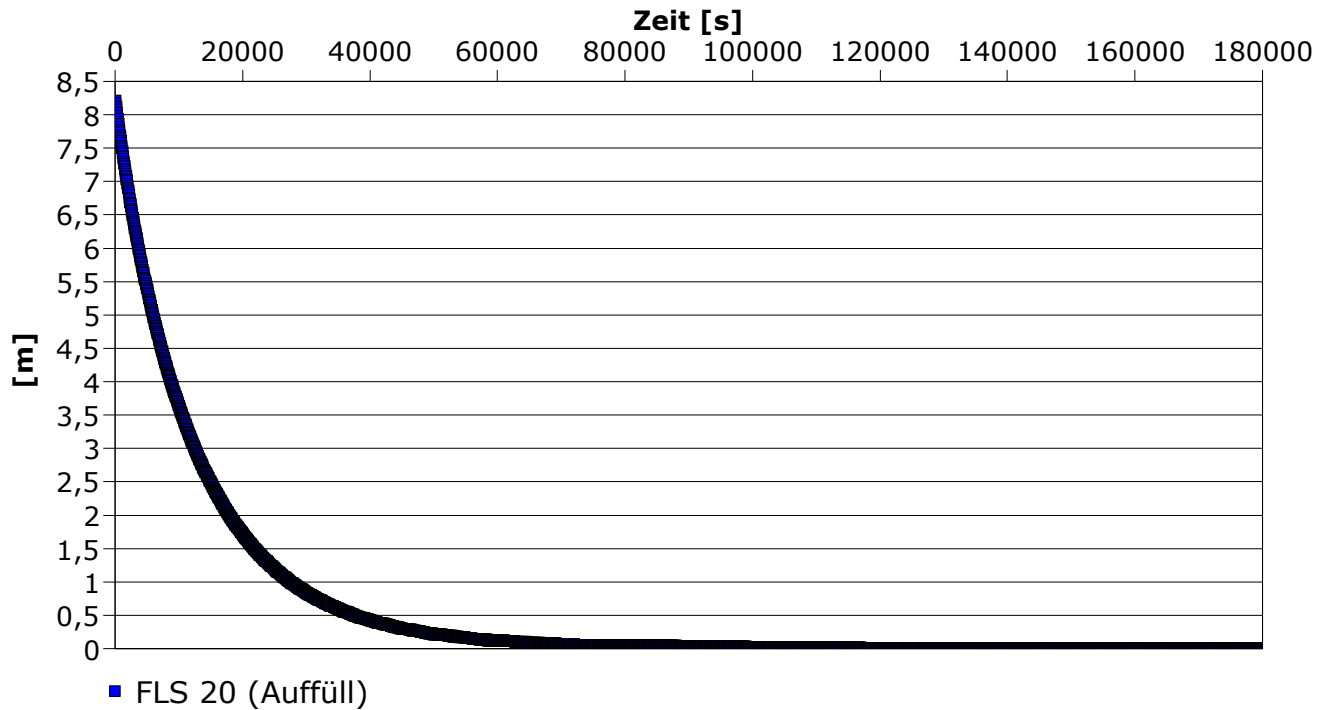
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Auffüllversuch

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Auffüllversuch FLS 20	Versuchsbrunnen: FLS 20 (Auffüll)
Durchgeführt von: Bonhoff		Versuchsdatum: 03.11.2021
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 10.02.2022
Aquifermächtigkeit: 0,65 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi:
FLS 20 (Auffüll)	$6,25 \times 10^{-7}$	$9,62 \times 10^{-7}$	$7,40 \times 10^{-13}$

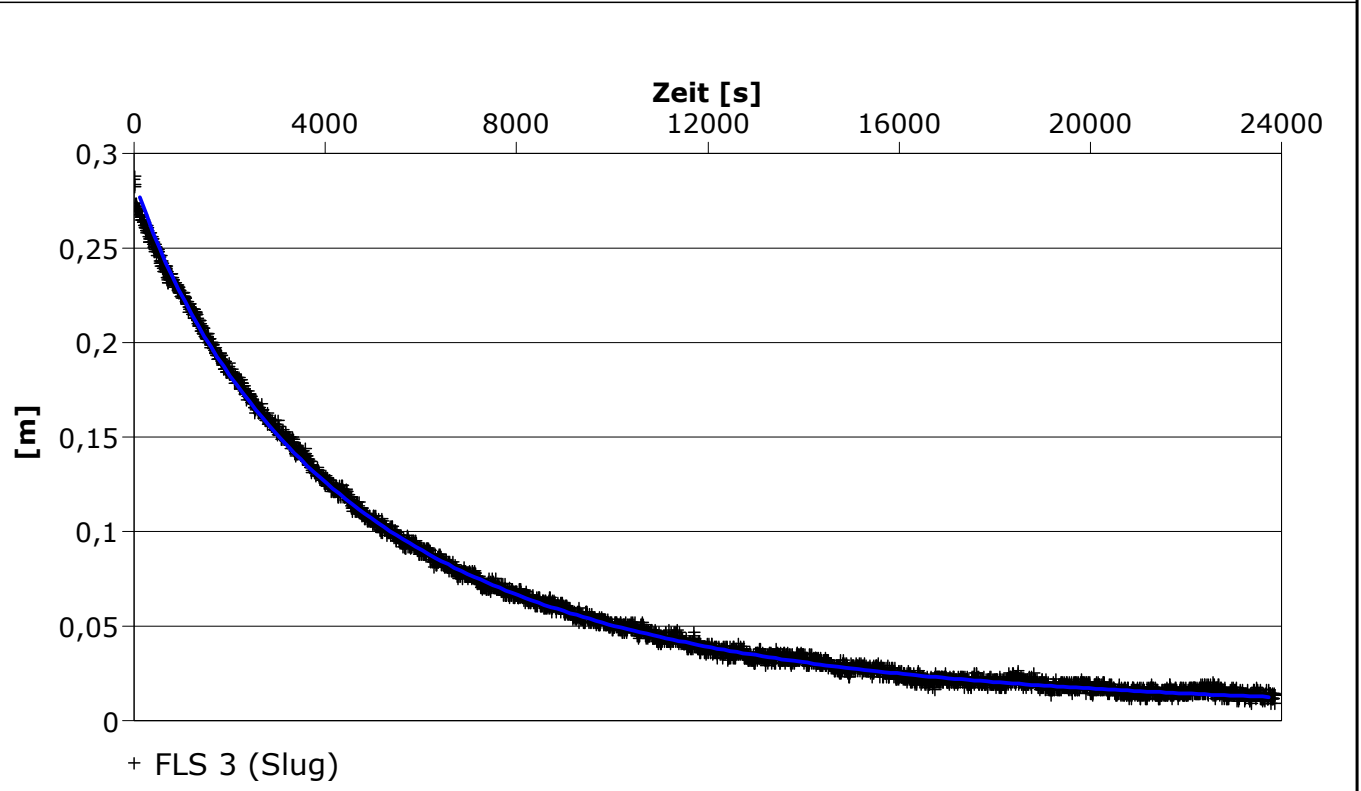
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugtest FLS 3	Versuchsbrunnen: FLS 3 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,00 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 3 (Slug)	$5,32 \times 10^{-7}$	$5,32 \times 10^{-7}$	$4,46 \times 10^{-5}$

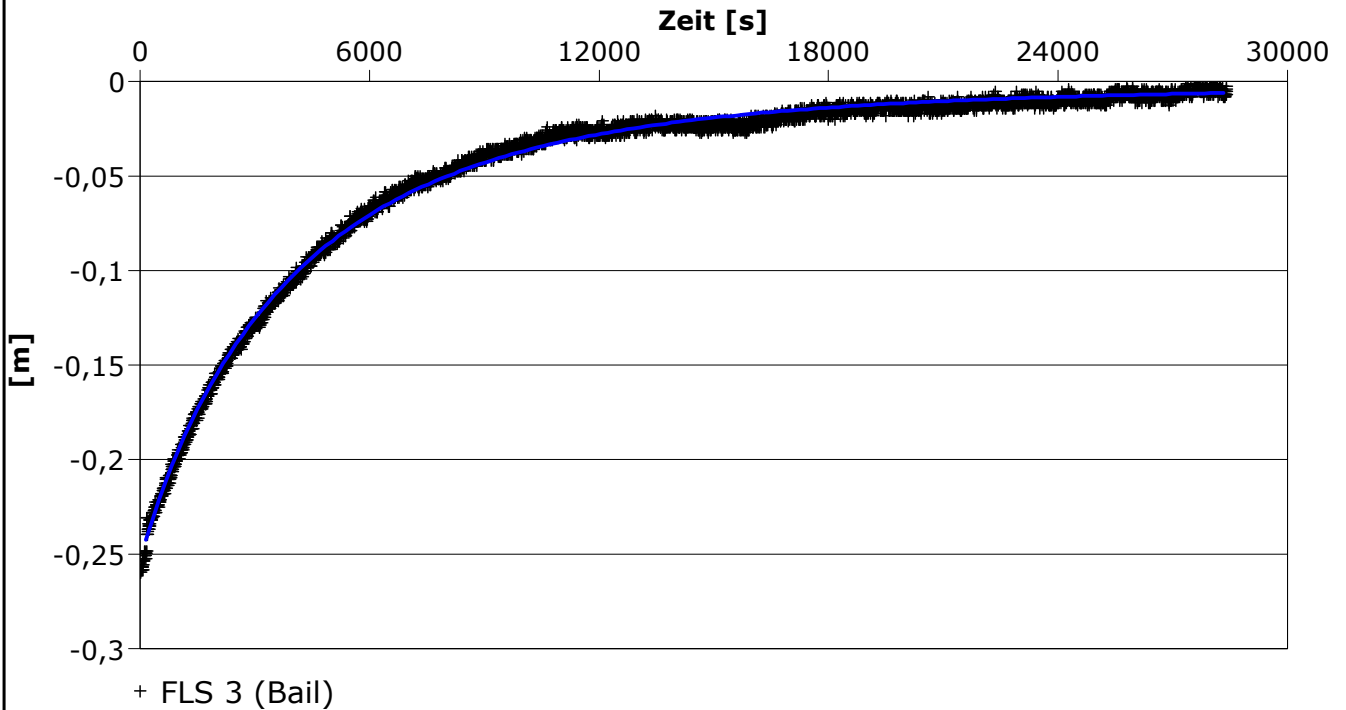
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailtest FLS 3	Versuchsbrunnen: FLS 3 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,00 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 3 (Bail)	$6,67 \times 10^{-7}$	$6,67 \times 10^{-7}$	$1,59 \times 10^{-5}$

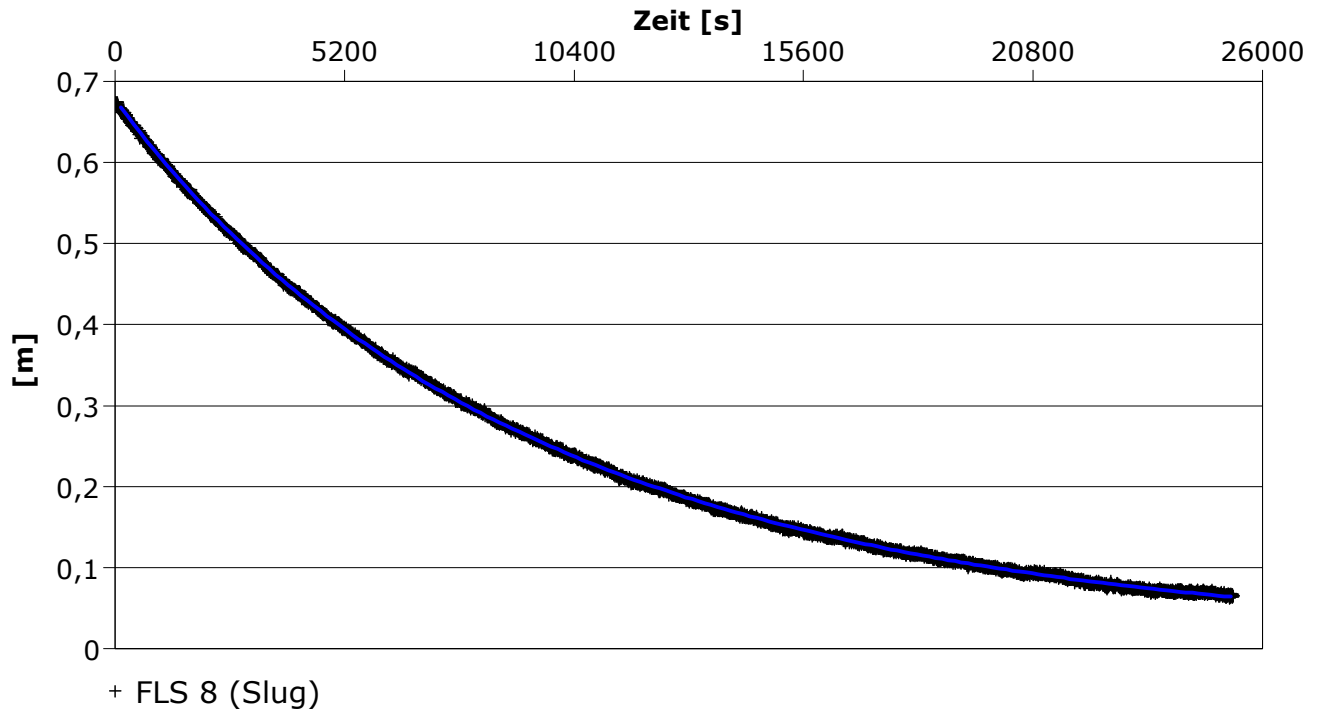
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugtest FLS 8	Versuchsbrunnen: FLS 8 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 01.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,75 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 8 (Slug)	$8,42 \times 10^{-7}$	$4,81 \times 10^{-7}$	$6,42 \times 10^{-14}$

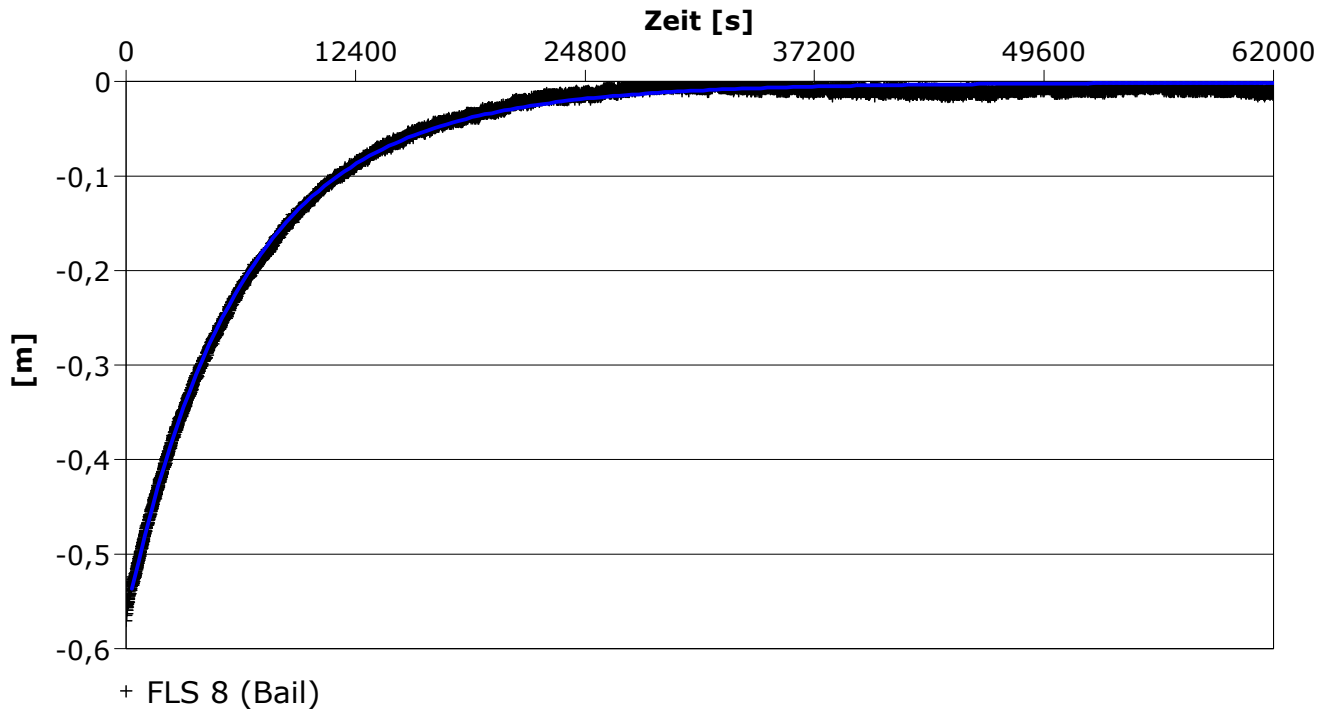
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailtest FLS 8	Versuchsbrunnen: FLS 8 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 01.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,75 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 8 (Bail)	$1,74 \times 10^{-6}$	$9,96 \times 10^{-7}$	$2,05 \times 10^{-18}$

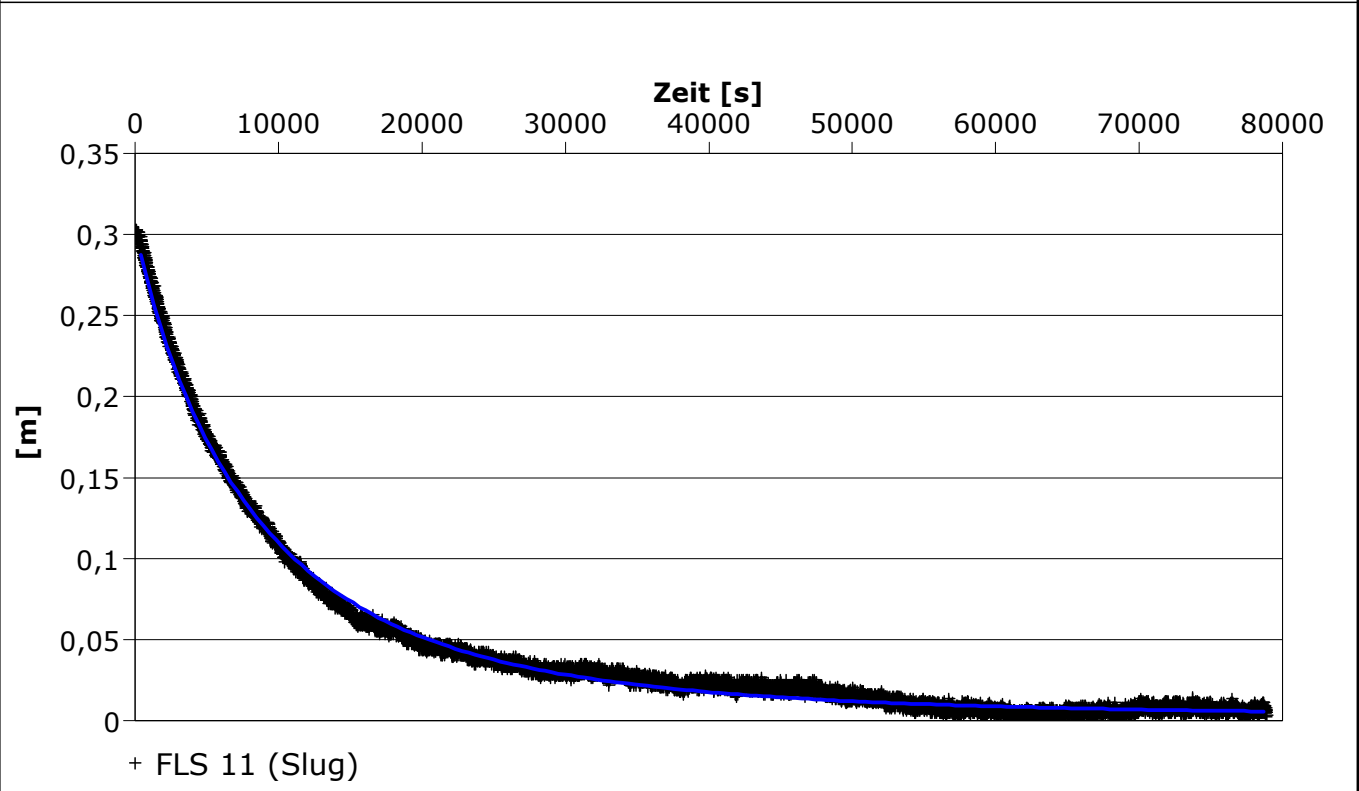
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugtest FLS 11	Versuchsbrunnen: FLS 11 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 3,95 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 11 (Slug)	$2,61 \times 10^{-7}$	$6,60 \times 10^{-8}$	$7,68 \times 10^{-5}$

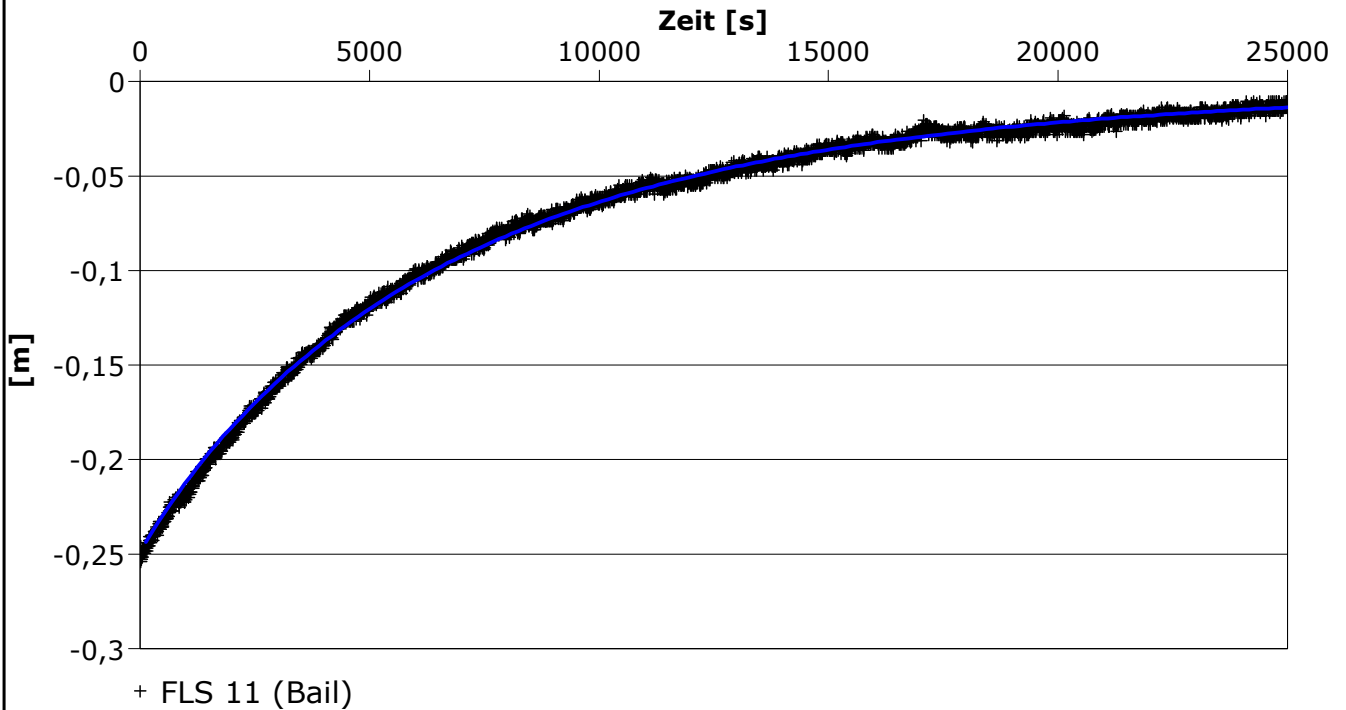
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailtest FLS 11	Versuchsbrunnen: FLS 11 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 3,95 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 11 (Bail)	$6,80 \times 10^{-7}$	$1,72 \times 10^{-7}$	$2,23 \times 10^{-8}$

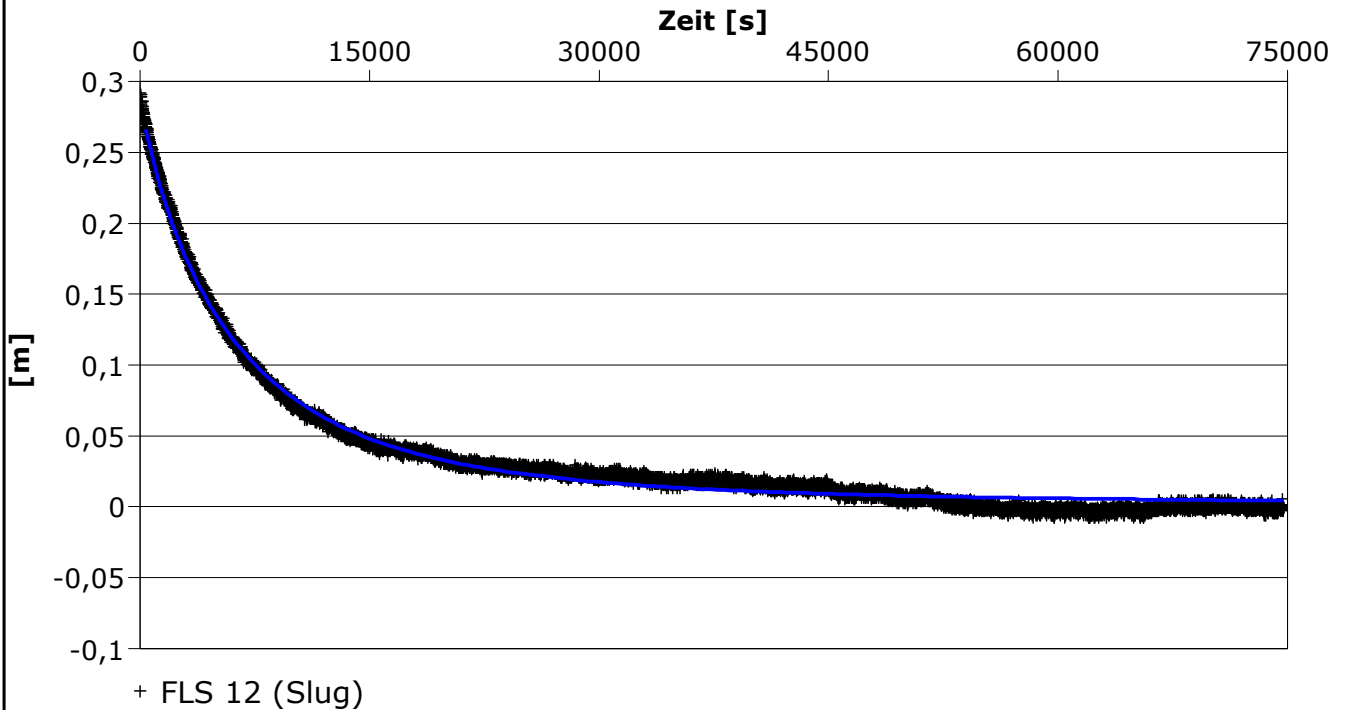
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugtest FLS 12	Versuchsbrunnen: FLS 12 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,85 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 12 (Slug)	$3,02 \times 10^{-7}$	$3,56 \times 10^{-7}$	$3,42 \times 10^{-4}$

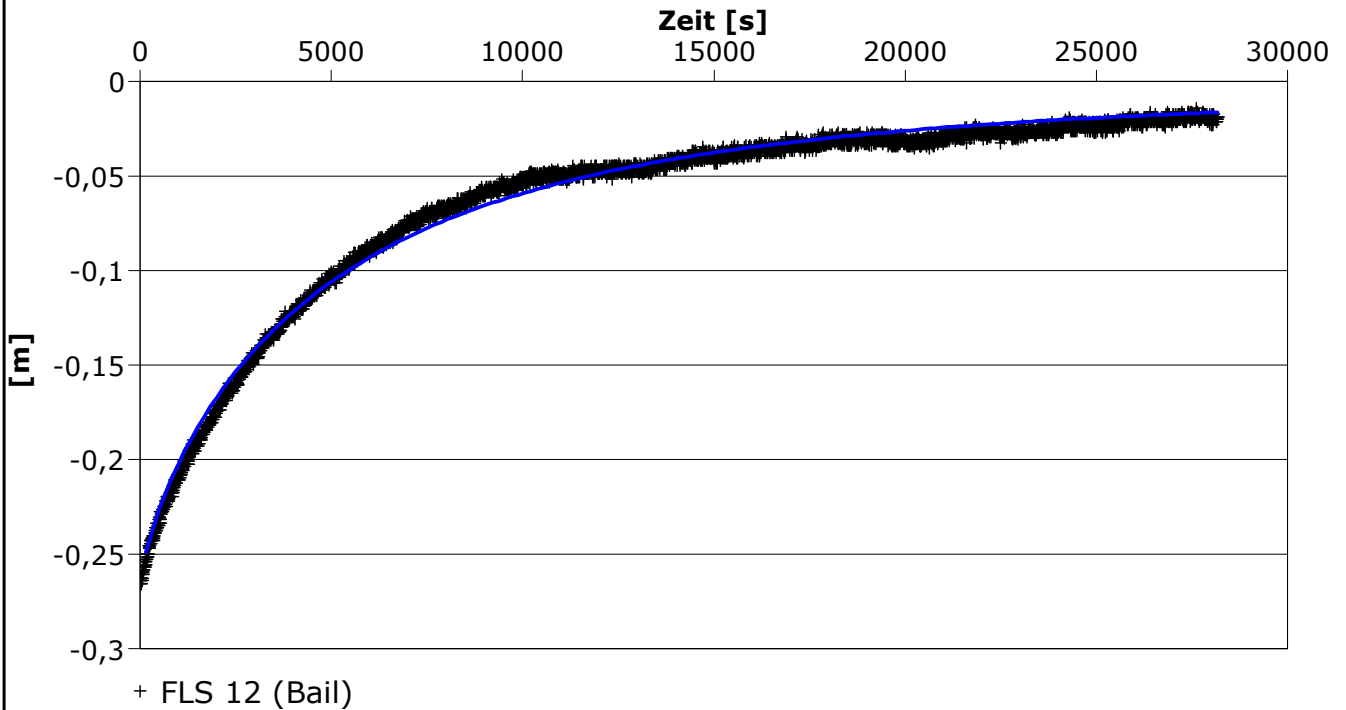
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailtest FLS 12	Versuchsbrunnen: FLS 12 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,85 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 12 (Bail)	$2,66 \times 10^{-7}$	$3,13 \times 10^{-7}$	$2,60 \times 10^{-3}$

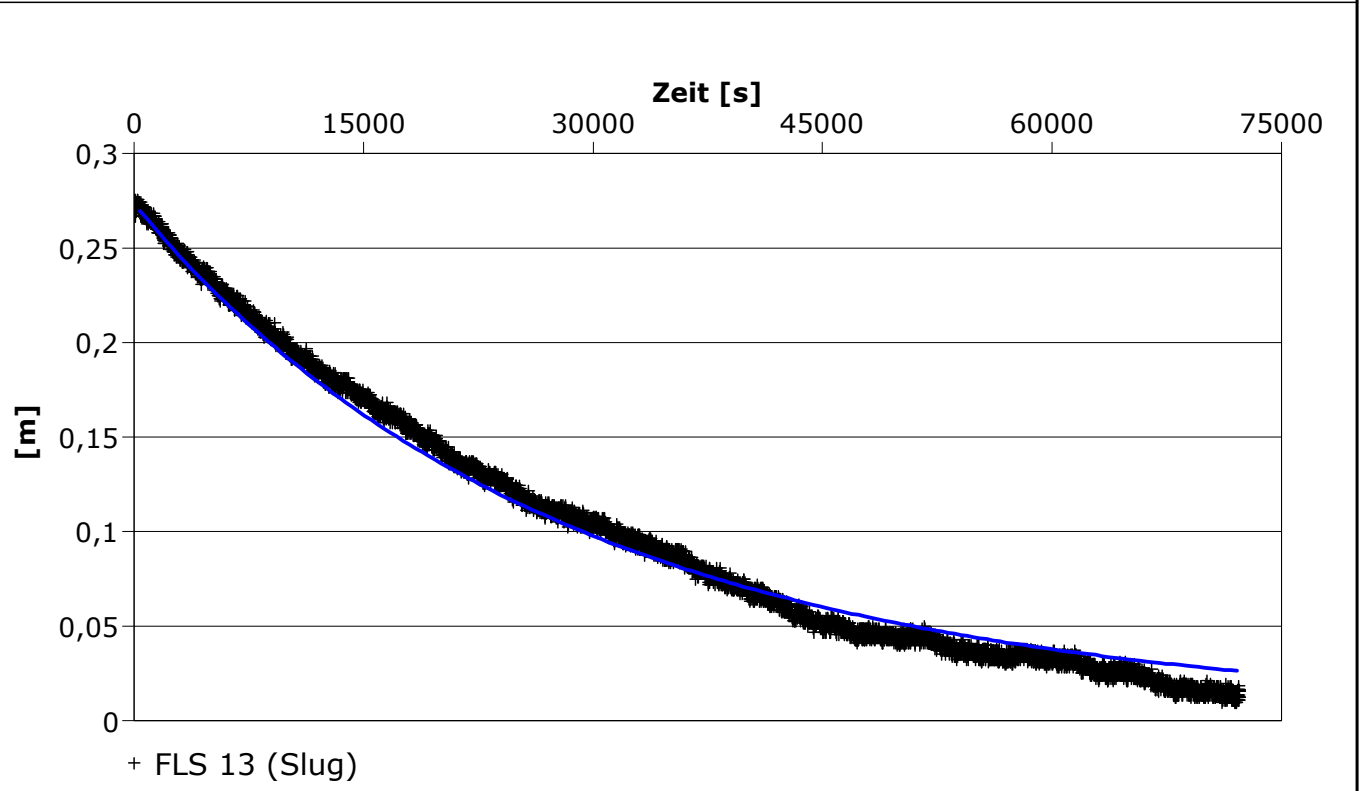
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugtest FLS 13	Versuchsbrunnen: FLS 13 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,80 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 13 (Slug)	$4,22 \times 10^{-7}$	$5,27 \times 10^{-7}$	$2,71 \times 10^{-20}$

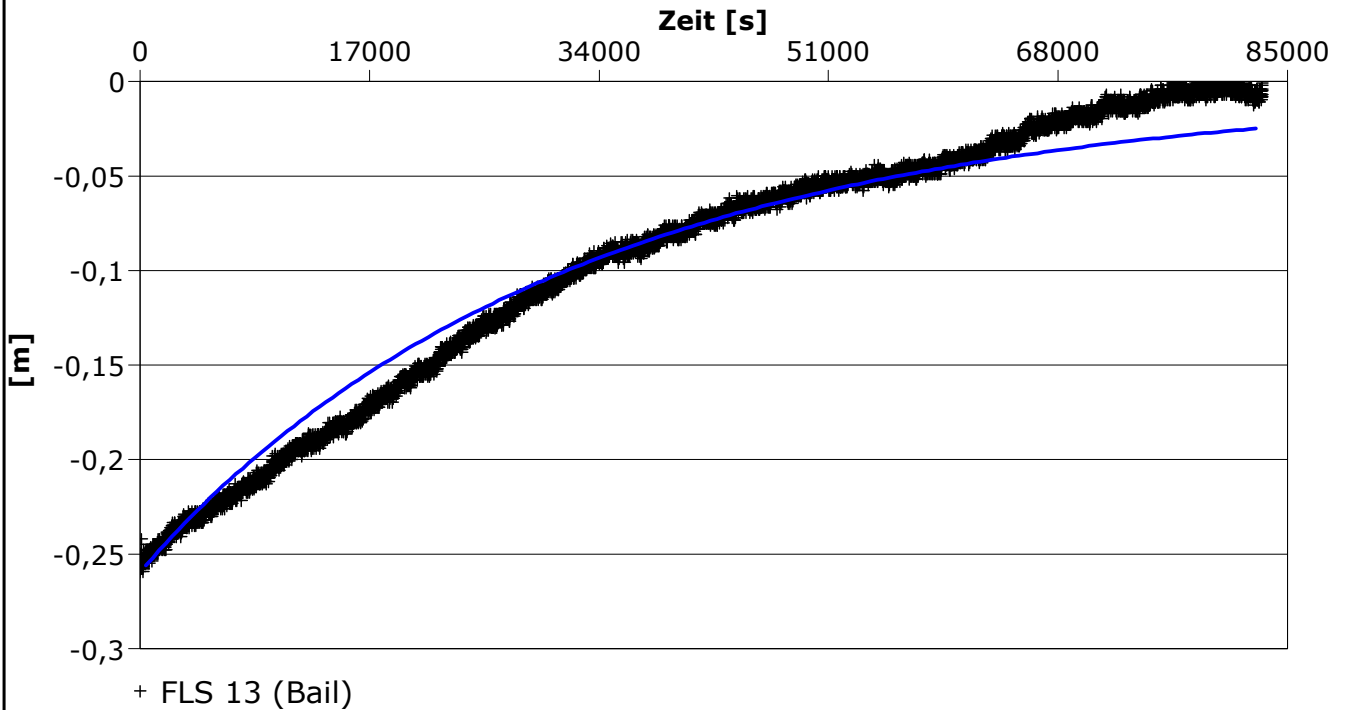
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailtest FLS 13	Versuchsbrunnen: FLS 13 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,80 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 13 (Bail)	$3,52 \times 10^{-7}$	$4,41 \times 10^{-7}$	$2,30 \times 10^{-19}$

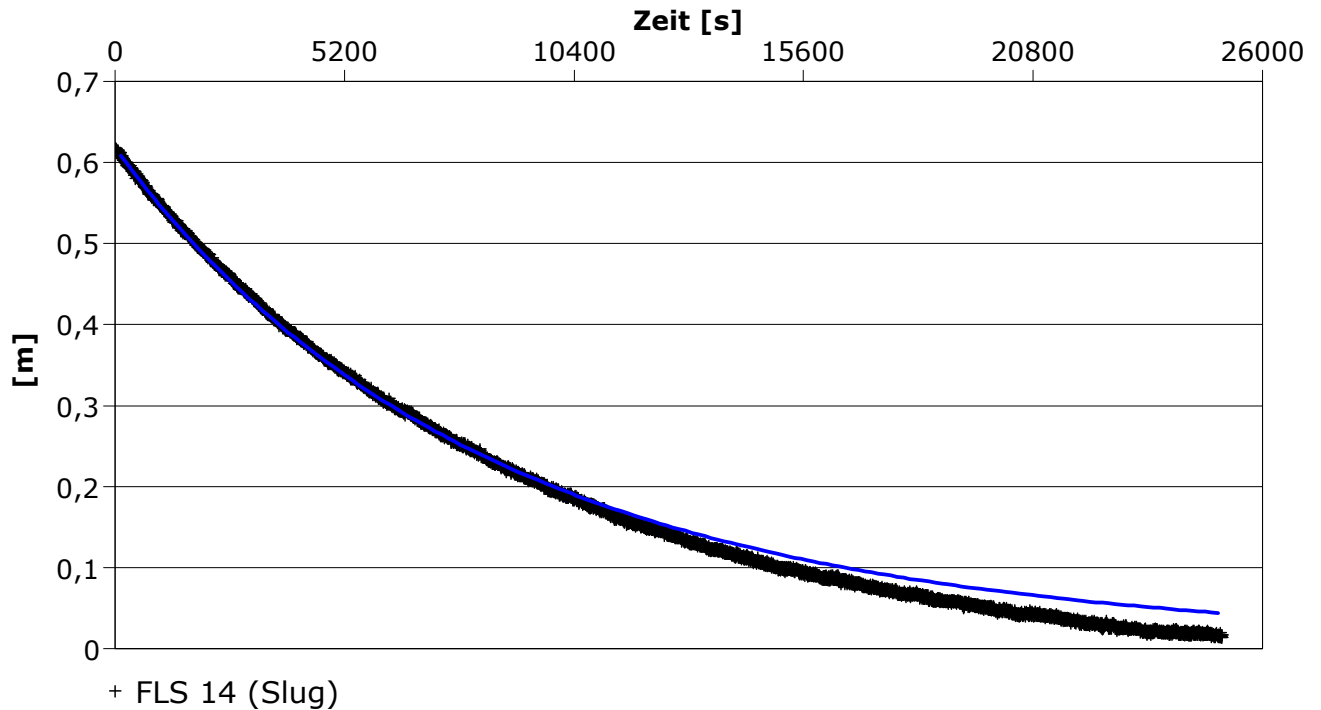
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugversuch FLS 14	Versuchsbrunnen: FLS 14 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 21.03.2022
Aquifermächtigkeit: 2,00 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 14 (Slug)	$1,22 \times 10^{-6}$	$6,10 \times 10^{-7}$	$1,06 \times 10^{-17}$

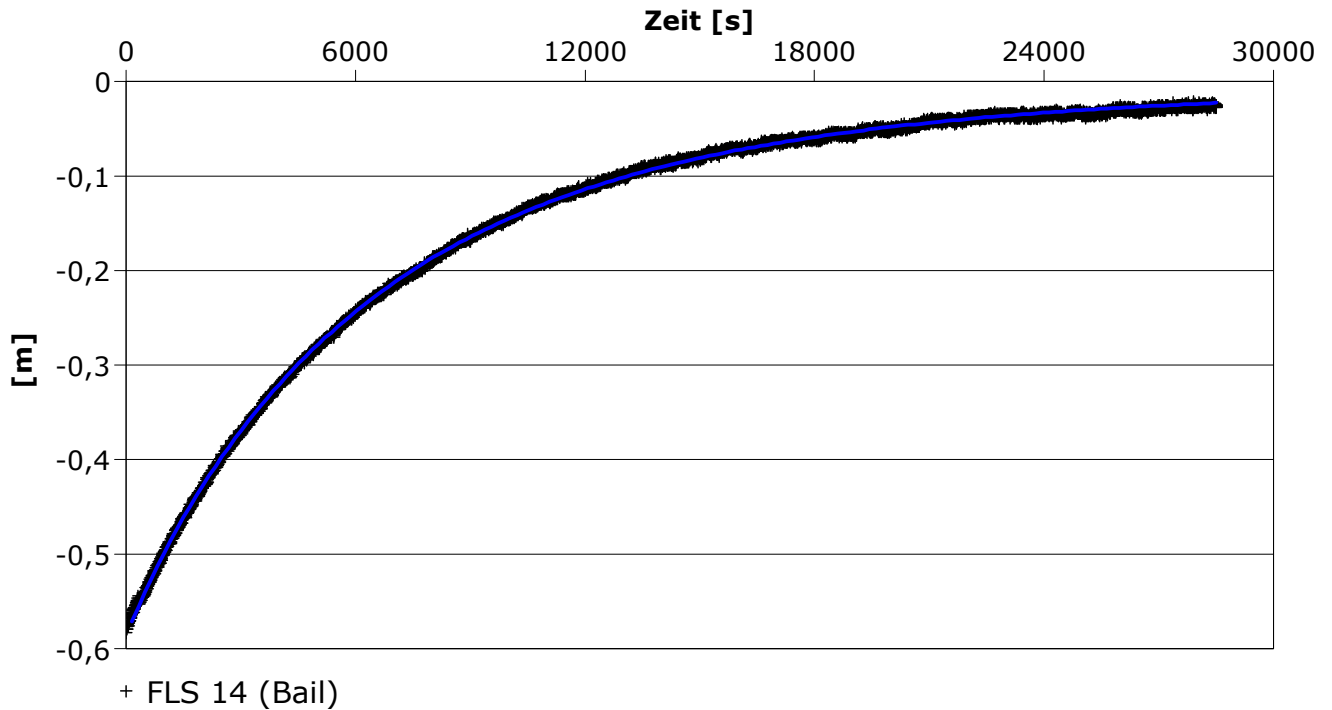
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailversuch FLS 14	Versuchsbrunnen: FLS 14 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 02.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 21.03.2022
Aquifermächtigkeit: 2,00 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 14 (Bail)	$7,16 \times 10^{-7}$	$3,58 \times 10^{-7}$	$1,44 \times 10^{-8}$

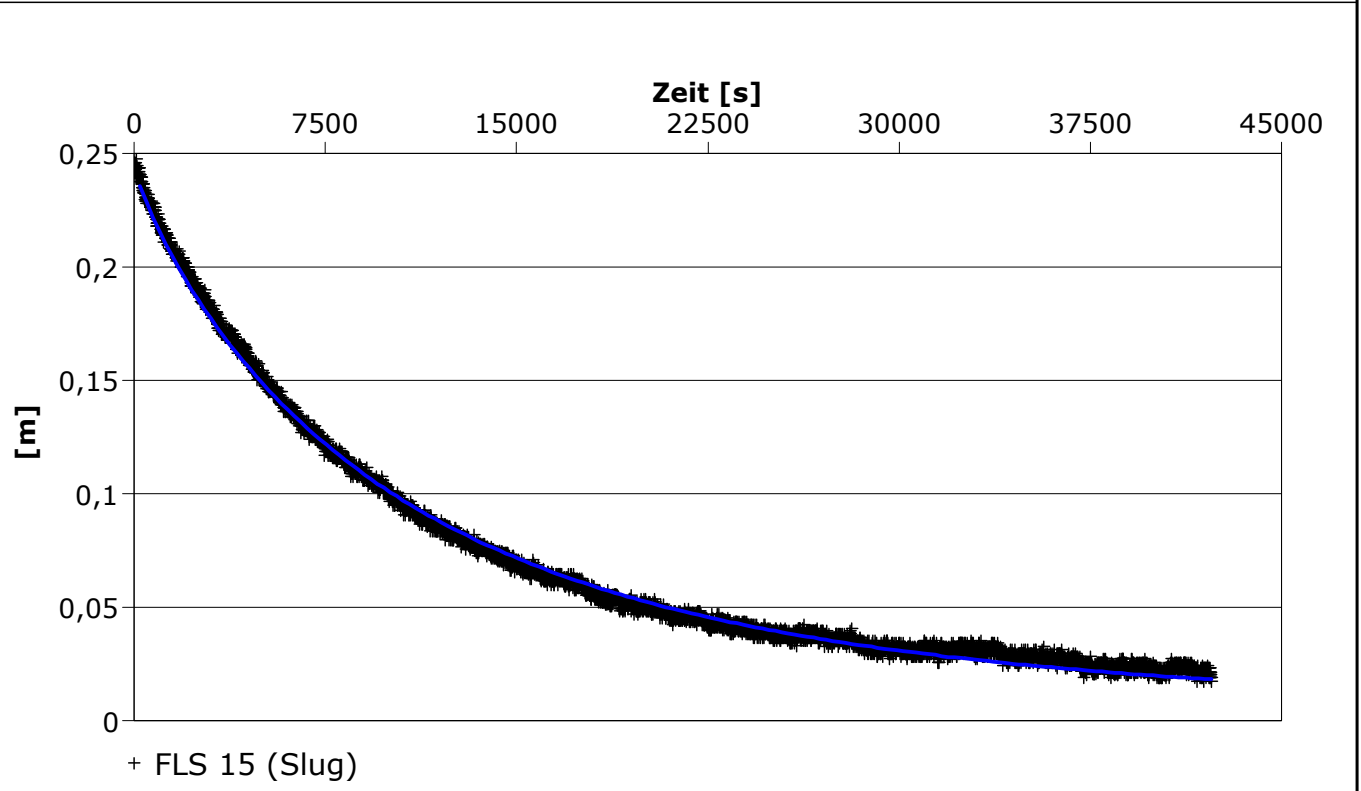
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugtest FLS 15	Versuchsbrunnen: FLS 15 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 03.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,85 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 15 (Slug)	$2,02 \times 10^{-7}$	$2,38 \times 10^{-7}$	$1,32 \times 10^{-4}$

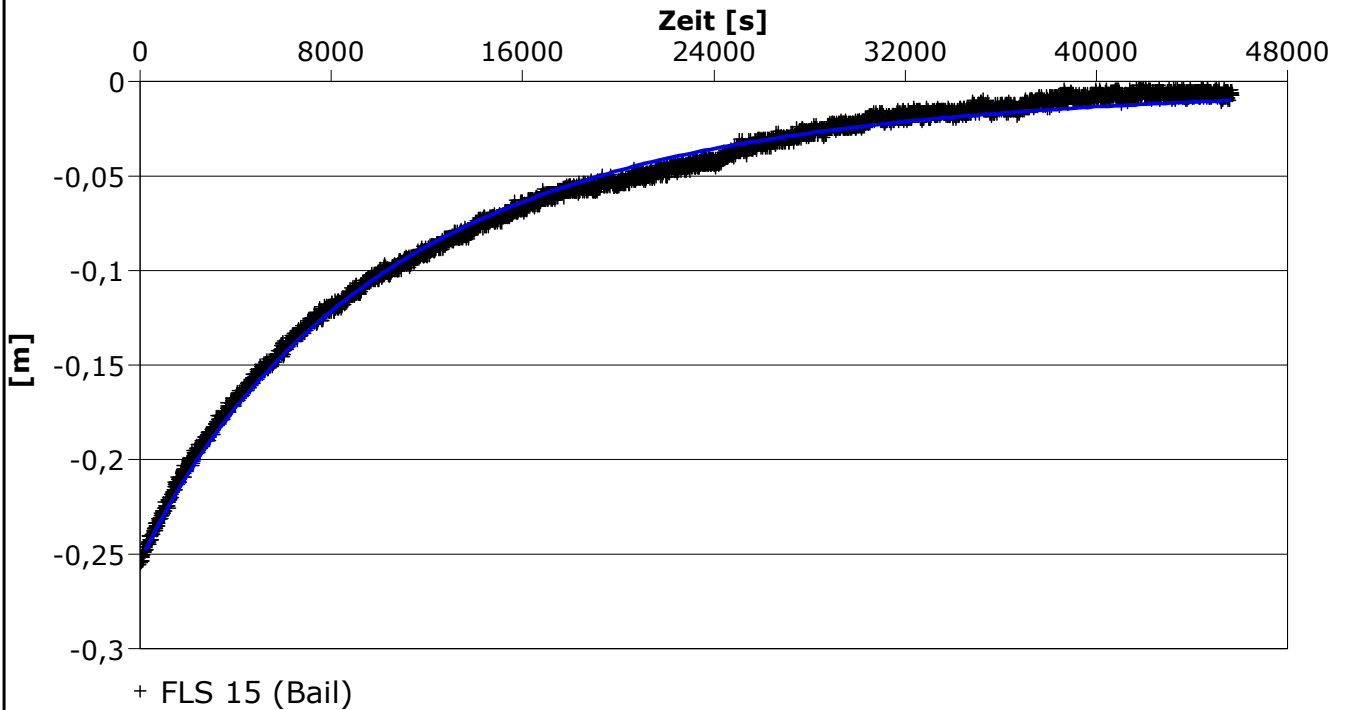
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailtest FLS 15	Versuchsbrunnen: FLS 15 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 03.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,85 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 15 (Bail)	$4,43 \times 10^{-7}$	$5,21 \times 10^{-7}$	$1,48 \times 10^{-8}$

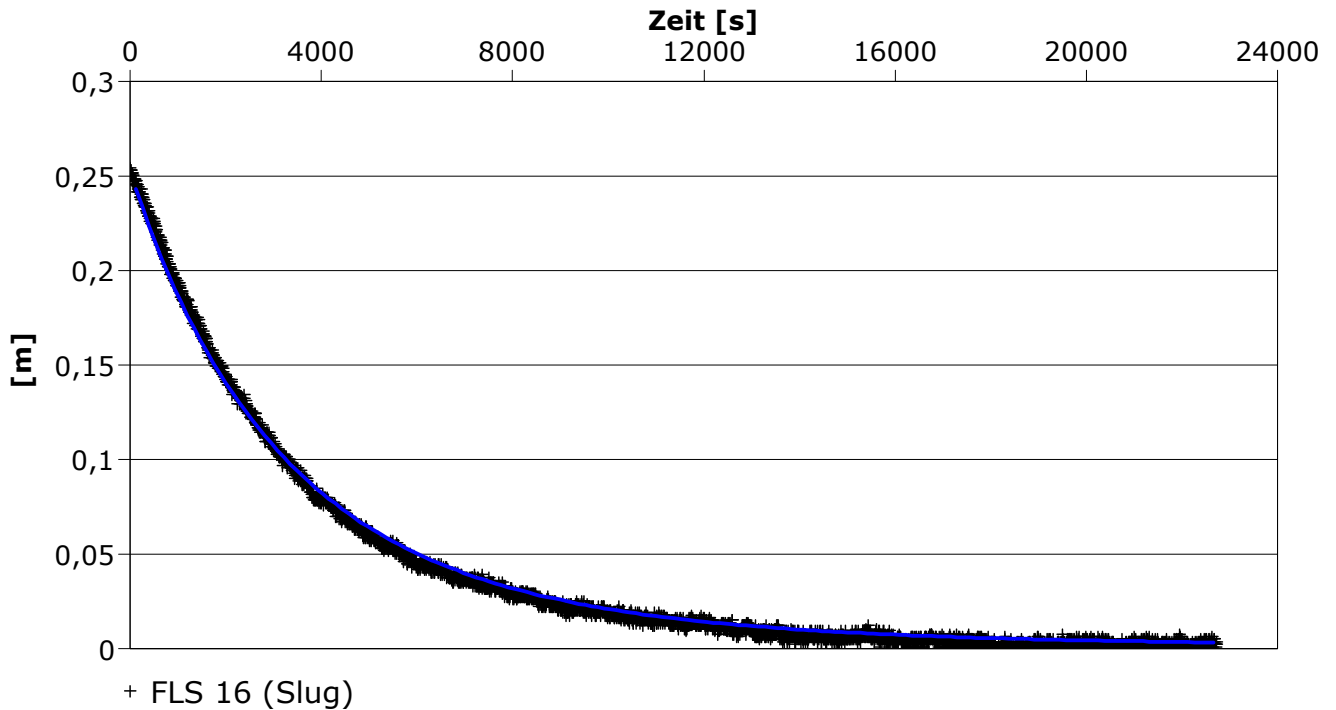
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugversuch FLS 16	Versuchsbrunnen: FLS 16 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 01.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,60 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 16 (Slug)	$1,58 \times 10^{-6}$	$9,87 \times 10^{-7}$	$1,49 \times 10^{-9}$

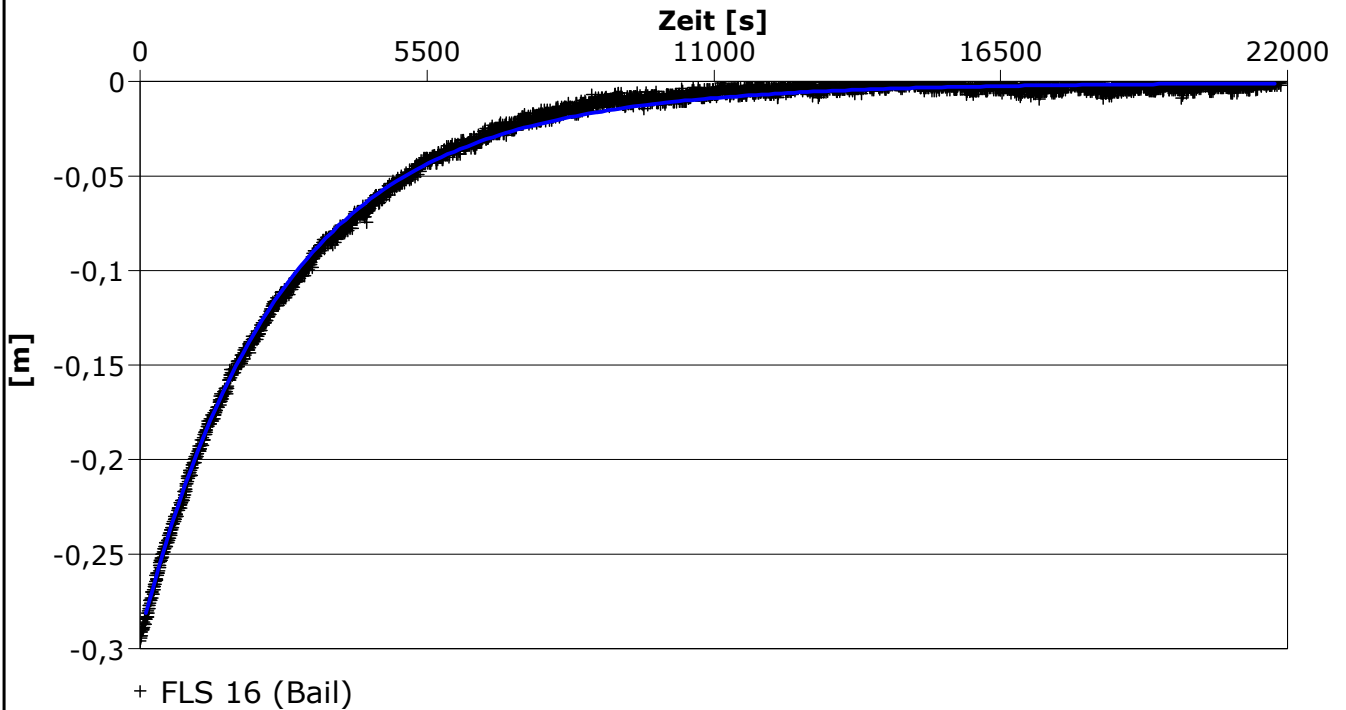
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailversuch FLS 16	Versuchsbrunnen: FLS 16 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 01.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,60 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 16 (Bail)	$4,42 \times 10^{-6}$	$2,76 \times 10^{-6}$	$2,71 \times 10^{-20}$

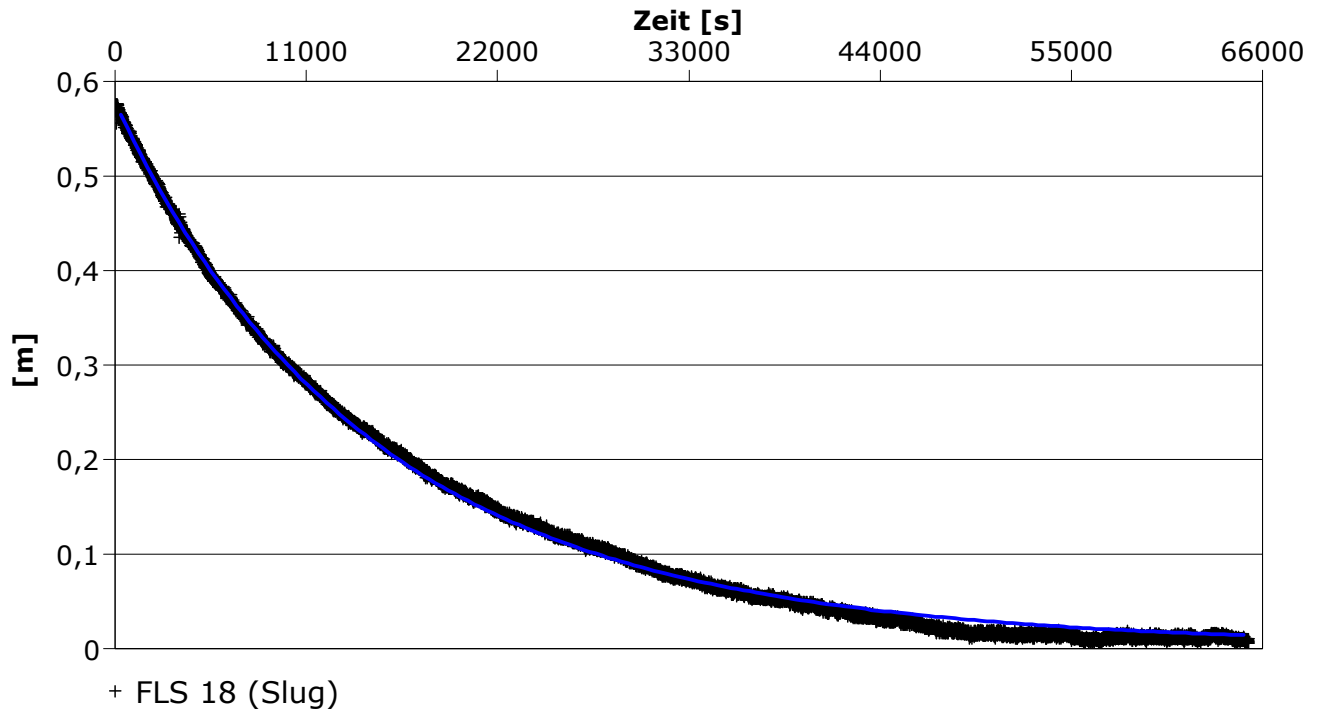
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugversuch FLS 18	Versuchsbrunnen: FLS 18 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 03.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,35 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 18 (Slug)	$7,89 \times 10^{-7}$	$5,85 \times 10^{-7}$	$5,42 \times 10^{-20}$

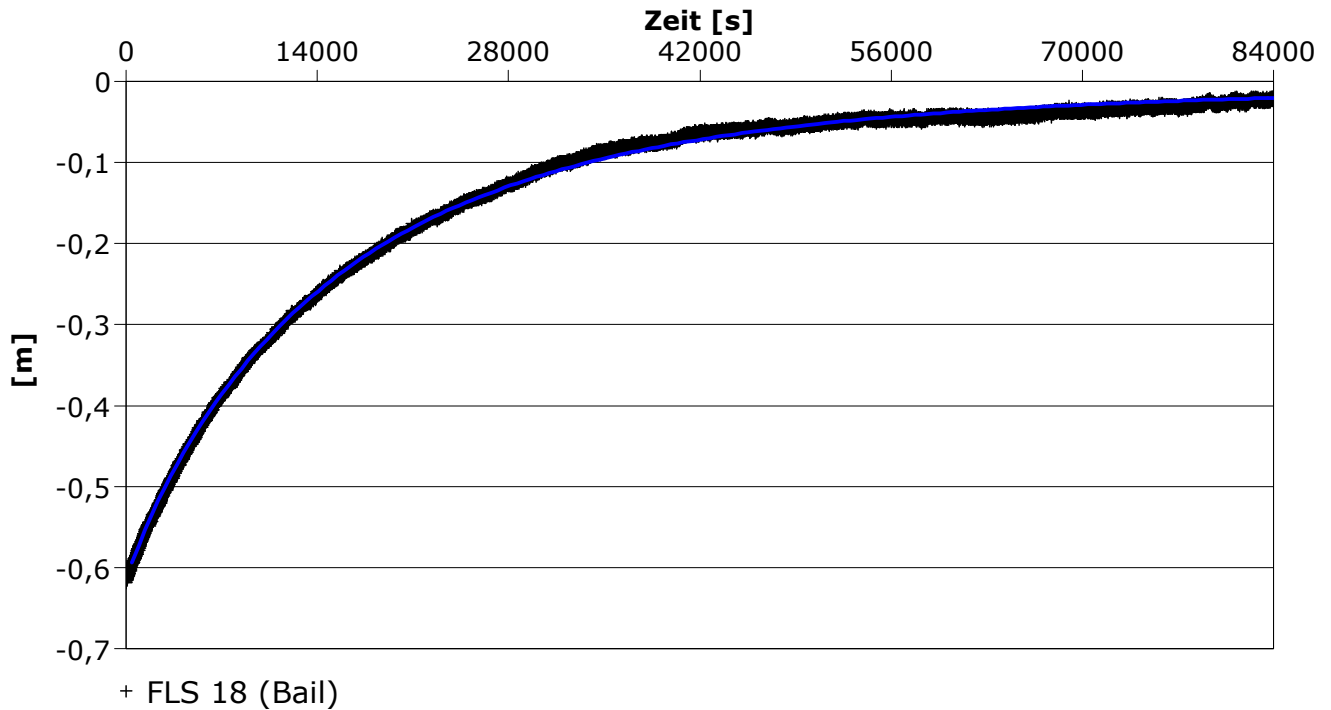
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailversuch FLS 18	Versuchsbrunnen: FLS 18 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 03.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 1,35 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 18 (Bail)	$1,98 \times 10^{-7}$	$1,47 \times 10^{-7}$	$5,55 \times 10^{-6}$

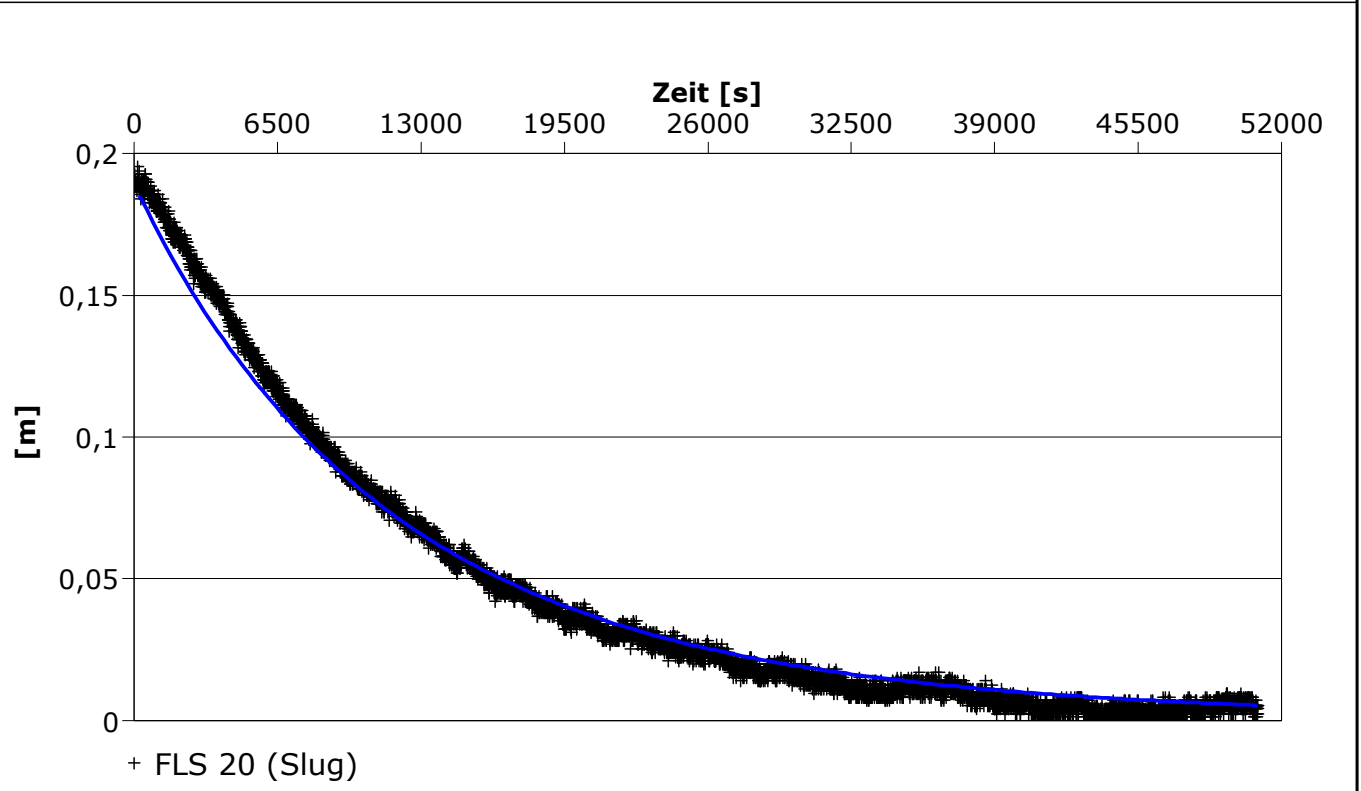
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

Ort: Hünxe	Slug-Test: Slugversuch FLS 20	Versuchsbrunnen: FLS 20 (Slug)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 03.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,65 m		



Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 20 (Slug)	$7,49 \times 10^{-7}$	$1,15 \times 10^{-6}$	$2,51 \times 10^{-15}$

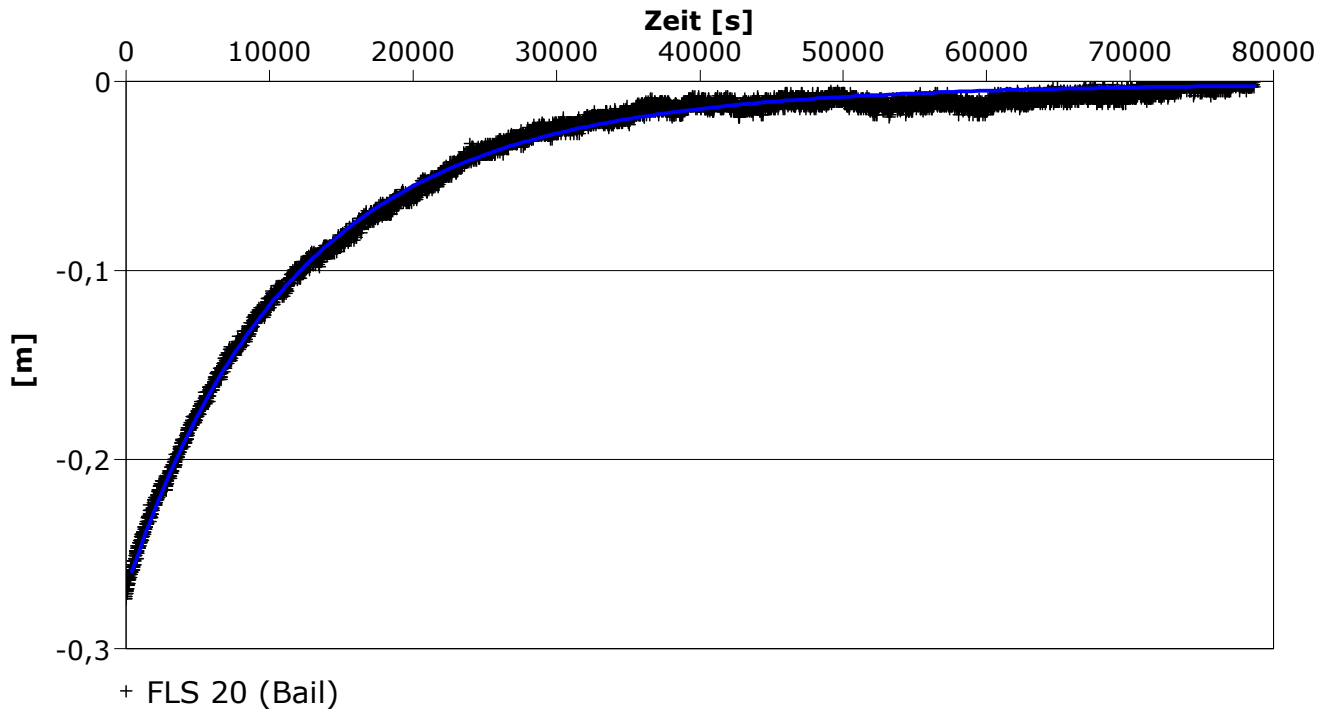
Slug-Test-Auswertung

Projekt: Slug-Bail-Tests Mühlenberg

Projekt-Nr: 54201

Auftraggeber: Nottenkämper

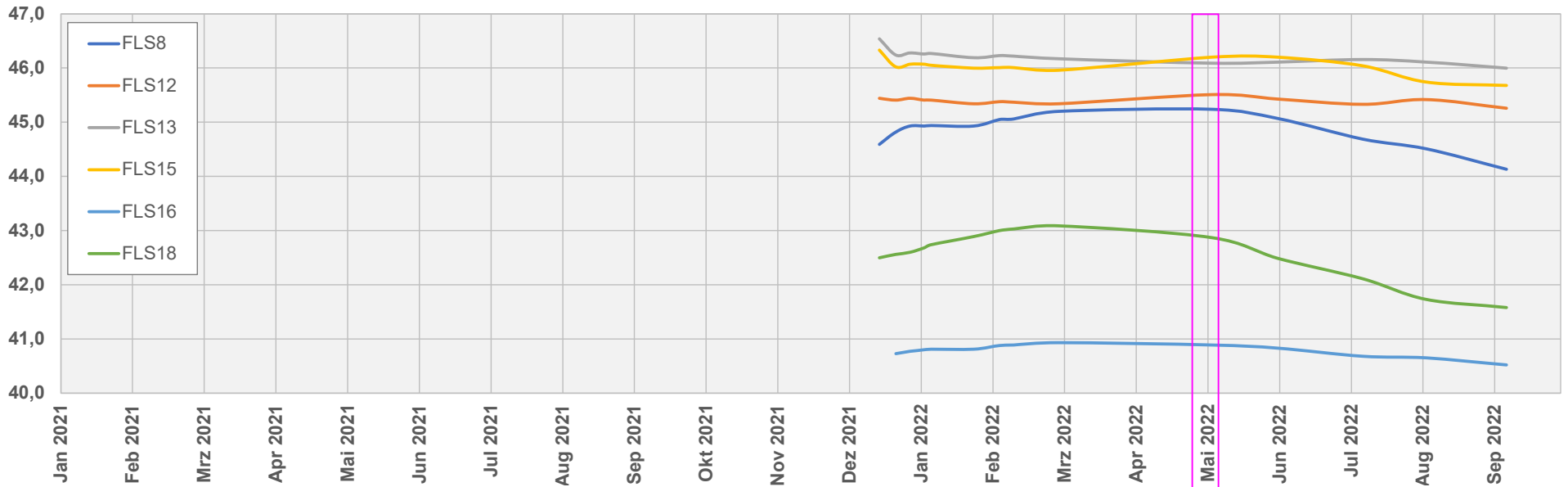
Ort: Hünxe	Slug-Test: Bailversuch FLS 20	Versuchsbrunnen: FLS 20 (Bail)
Durchgeführt von: CONSULAQUA Hildesheim		Versuchsdatum: 03.03.2022
Bearbeiter: Dipl.-Geol. D. Kohnke	Cooper-Bredehoeft-Papadopulos	Datum: 18.03.2022
Aquifermächtigkeit: 0,65 m		



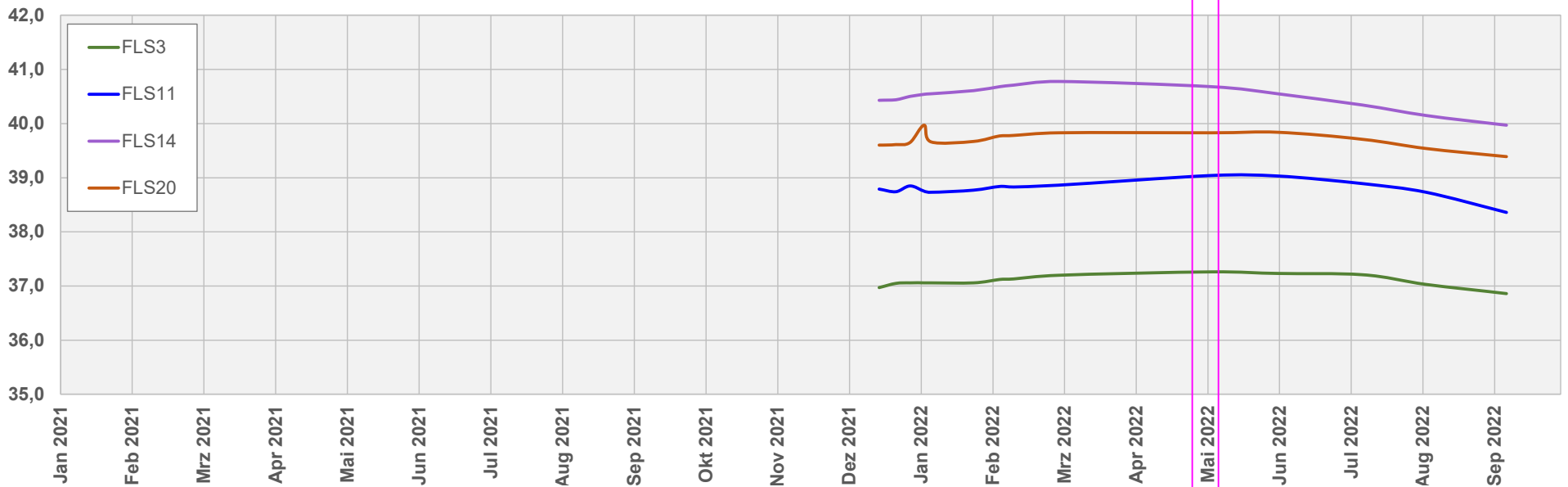
Berechnungsergebnisse nach COOPER-BREDEHOEFT-PAPADOPULOS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m ² /s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Brunnenspeicherkoeffi.
FLS 20 (Bail)	$7,49 \times 10^{-7}$	$1,15 \times 10^{-6}$	$2,53 \times 10^{-15}$

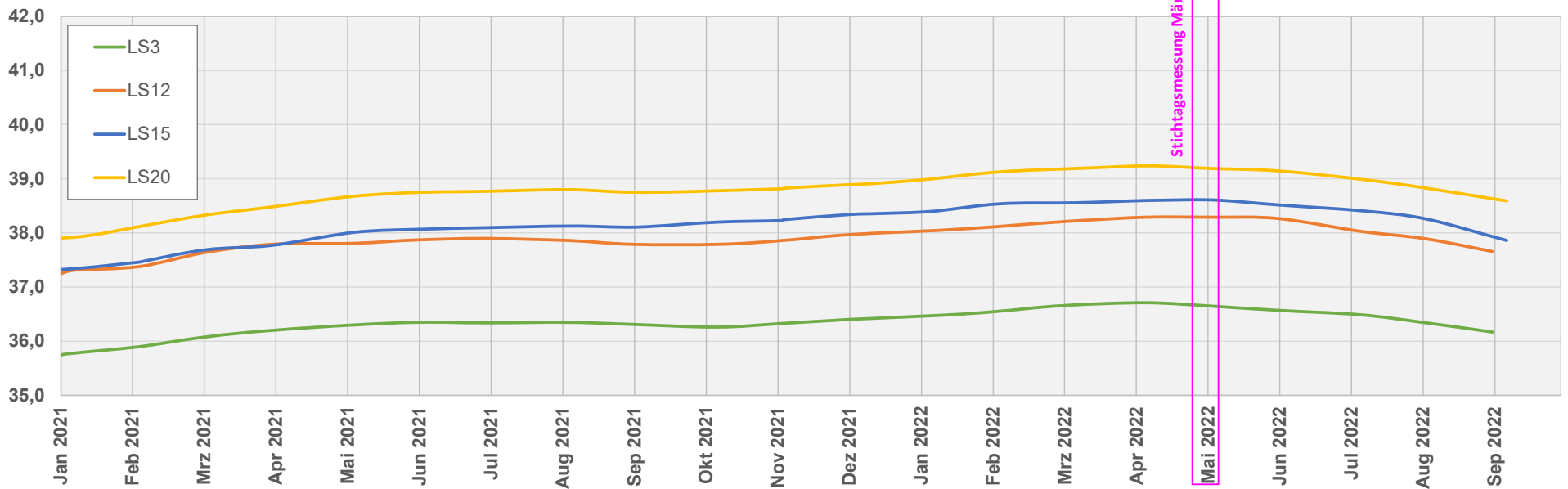
Standrohrspiegelhöhen FLS - flach (Schicht 1)



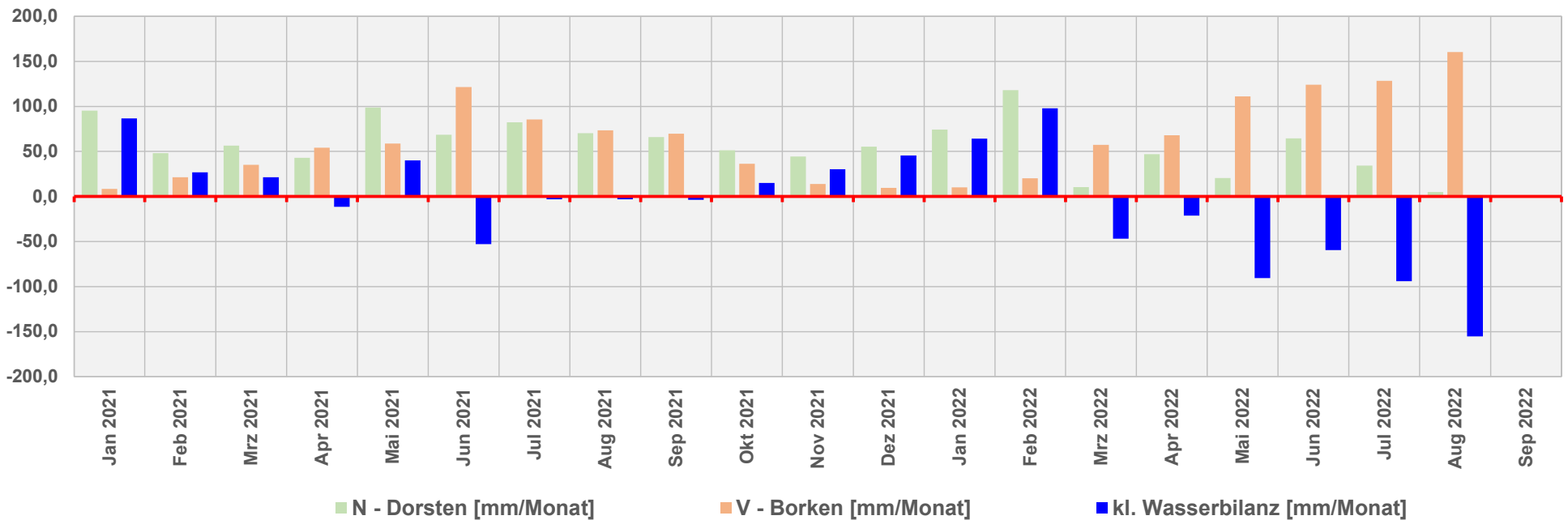
Standrohrspiegelhöhen FLS - tief (Schicht 2)



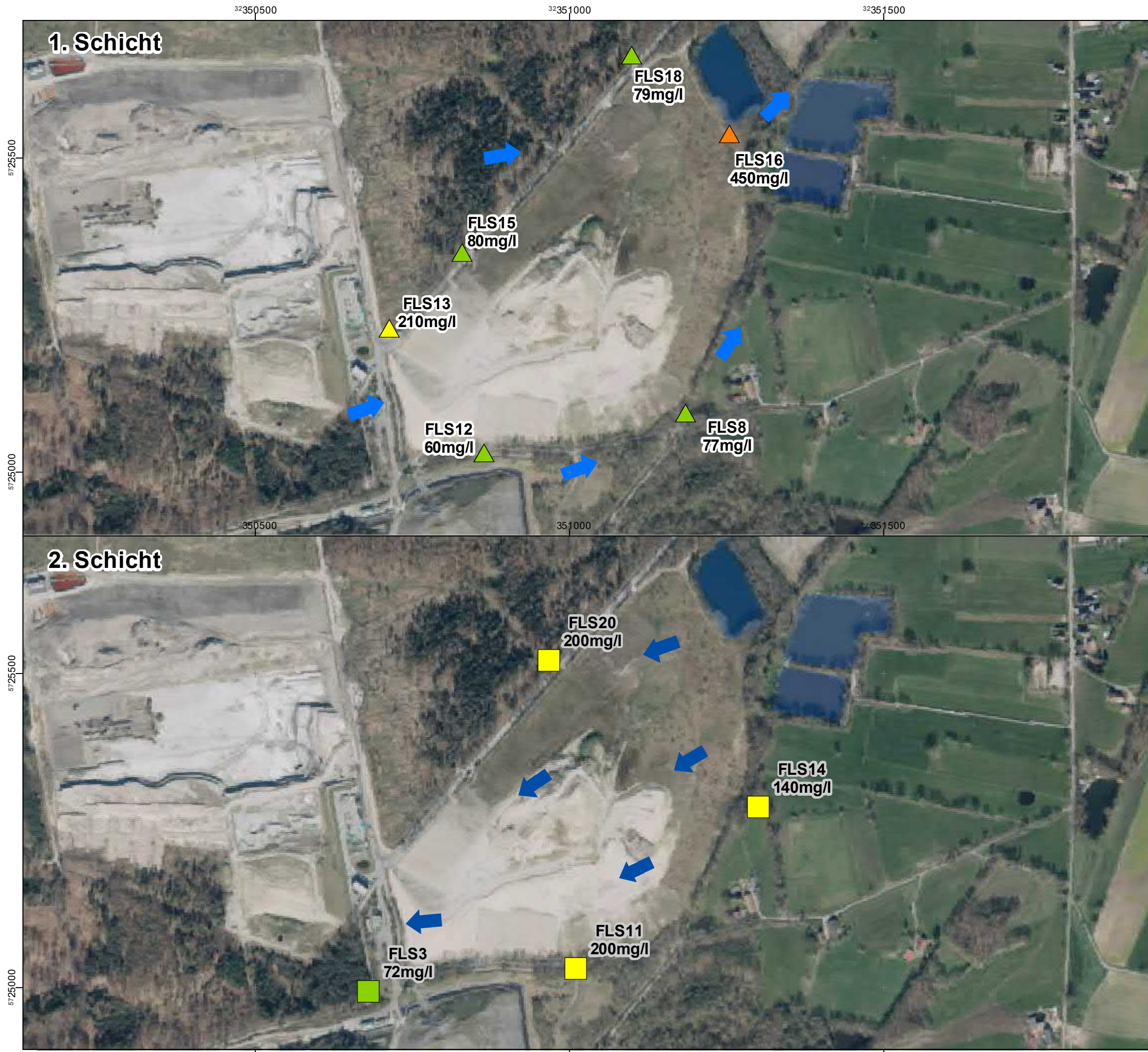
Standrohrspiegelhöhen LS (Basale Schichten)



Niederschlag, pot. Verdunstung (Haude), klimatische Wasserbilanz (Dorsten / Borken)



Auftrag		22210740	22210740	22210740	22210740	22210740
Probe-Nr.		1	2	3	4	5
Material		Grundwasser	Sickerwasser	Sickerwasser	Sickerwasser	Grundwasser
Probenbezeichnung		FLS 13 (Anstrom)	Schacht A	Schacht C	Schacht D	FLS 16 (Abstrom)
Probemenge						
Probenahme		12.08.2022	12.08.2022	18.08.2022	12.08.2022	12.08.2022
Probeneingang		15.08.2022	15.08.2022	19.08.2022	15.08.2022	15.08.2022
Analysenergebnisse	Einheit					
Aussehen		leicht trüb	klar	klar	klar	leicht trüb
Farbe		schwach gelb	farblos	farblos	schwach gelb	schwach gelb
Geruch		geruchlos	geruchlos	schwach erdig	schwach moderig	geruchlos
Luft-Temperatur	°C	29	25	24	26	26
Wasser-Temperatur	°C	13,7	19,5	22,4	21,4	13,2
Förderstrom	L/min	3				6
Abpumpdauer	min	20				20
Entnahmetiefe unter Pegeloberkante	m	16				13,5
Brunnensohle	m	16,3				13,9
Wasserstand v. Oberfl. vor Abpumpen	m	4,85				3,76
Wasserstand v. Oberfl. nach Abpumpe	m	16				12,02
pH-Wert vor Ort		7,66	8,41	8,83	9,96	7,51
Leitfähigkeit vor Ort	µS/cm	1184	7200	7120	15050	2080
Sauerstoffgehalt (O2) vor Ort	mg/L	0,53	9,06	5,3	0,98	1,22
Redoxpotential vor Ort (nicht korrigiert)	mV	-59	14	137	-308	-49
Redoxpotential vor Ort (korrigiert)	mV	156	225	346	-98	166
Arsen	mg/L	0,005	0,011	0,017	0,0072	0,00059
Blei	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Cadmium	mg/L	<0,00030	<0,00030	<0,00030	<0,00030	<0,00030
Chrom ges.	mg/L	<0,0010	<0,0010	0,0048	0,02	<0,0010
Chrom (VI)	mg/L	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Kupfer	mg/L	0,002	0,0011	0,0039	<0,0010	0,0014
Molybdän	mg/L	0,013	0,95	4,3	0,012	0,0076
Nickel	mg/L	0,0015	0,0018	0,0057	0,02	0,0063
Quecksilber	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Titan	mg/L	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,0075	<0,0050
Vanadium	mg/L	0,015	0,0063	0,081	0,083	0,0012
Zink	mg/L	0,0062	0,017	0,11	<0,0050	0,044
Analytische Dienstleistungen						
Filtration		Metallanalytik von filtrierter Probe	Metallanalytik von filtrierter Probe	Metallanalytik von filtrierter Probe	Metallanalytik von filtrierter Probe	Metallanalytik von filtrierter Probe
Calcium	mg/L	146	328	537	756	301
Magnesium	mg/L	26	10	3,6	14	113
Natrium	mg/L	69	1110	750	2170	40
Kalium	mg/L	17	145	267	476	34
Eisen, ges.	mg/L	0,0077	0,18	0,035	0,27	0,23
Mangan	mg/L	0,014	0,33	0,12	0,037	0,15
Ammonium	mg/L	0,15	1,9	34	140	0,48
Nitrat	mg/L	1,9	<1,0	3,1	<1,0	0,71
Sulfat	mg/L	320	1600	2500	2400	900
Chlorid	mg/L	44	1500	1200	5100	6
Hydrogencarbonat	mmol/L	4	0,72	0,66	0,83	4,1
DOC	mg/L	7,3	32	18	124	5,9
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	6,2	2,3	1,9	9,4	9,2



Legende

Teiche

FLS-Messstellen 1.Schicht
Konzentration Sulfat [mg/l] (Mrz. 2022)

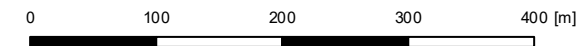
- ▲ < 50 mg/l
- ▲ 50 - 100 mg/l
- ▲ 100 - 250 mg/l
- ▲ 250 - 500 mg/l
- ▲ > 500 mg/l

➔ Richtung des Potentialgefälles Schicht 1

FLS-Messstellen 2. Schicht
Konzentration Sulfat [mg/l] (Mrz. 2022)

- < 50 mg/l
- 50 - 100 mg/l
- 100 - 250 mg/l
- 250 - 500 mg/l
- > 500 mg/l

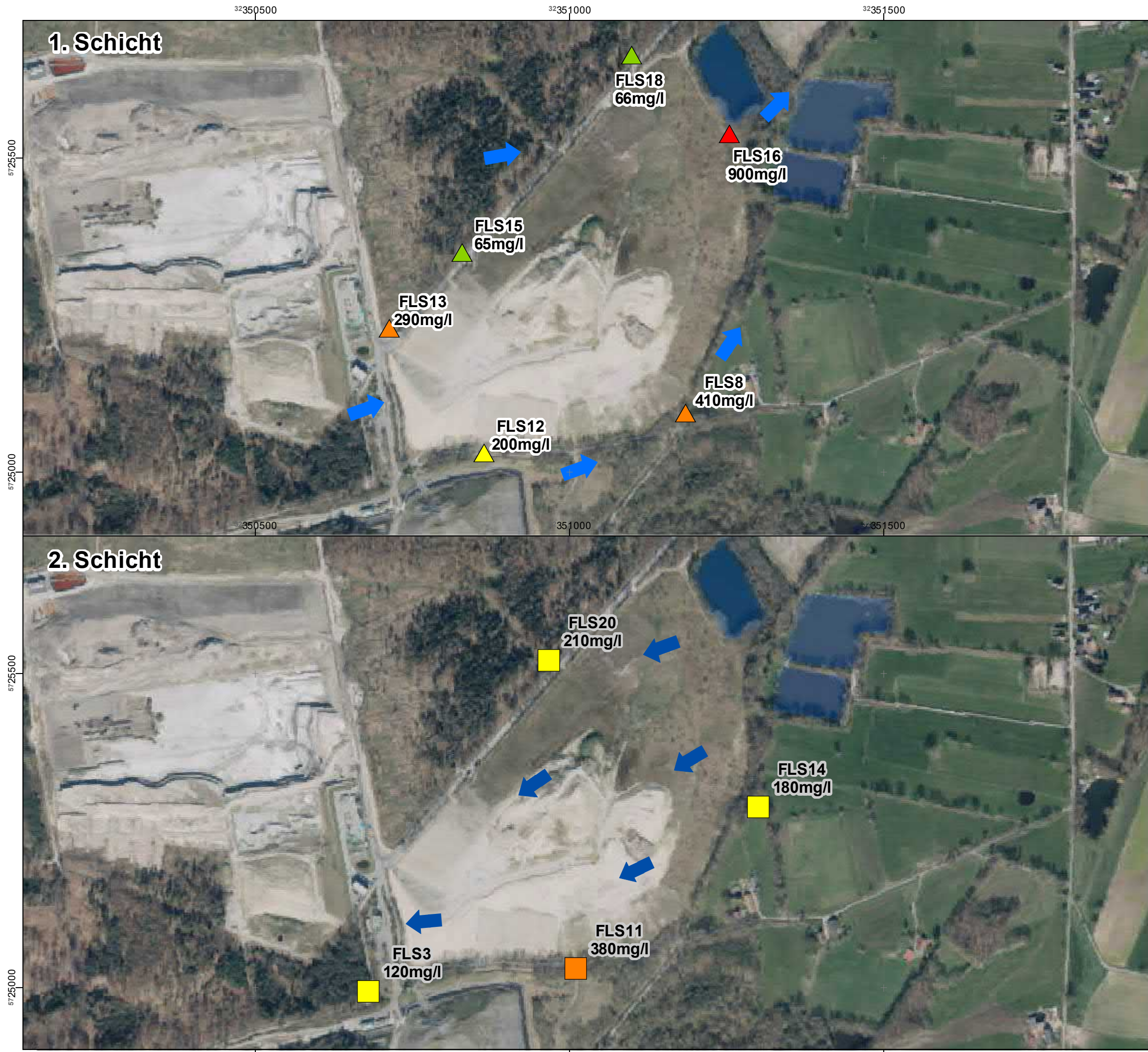
➔ Richtung des Potentialgefälles Schicht 2



Quelle Kartengrundlage:
Bez.-Reg. Köln, Geobasis NRW

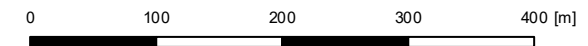
Aufraggeber:			
HERMANN NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG			
Projekt	Projektnr.	Maßstab	
Tongrube / Verfüllung Mühlenberg	54201	1 : 6.000	
Hydrogeologische Verhältnisse in den Lintforter Schichten	Datum	Gezeichnet	
	29.09.2022	sb/MB	
Planbezeichnung:	An derungen	Gezeichnet	Bearbeitet
Sulfatkonzentrationen in den FLS-Messstellen Probenahme März 2022 in der Schicht 1 (oben) und Schicht 2 (unten)			MK
			Geprüft
			MB
		Anlage	
			X





Legende

- Teiche
- FLS-Messstellen 1. Schicht**
- Konzentration Sulfat [mg/l] (Mai 2022)**
- < 50 mg/l
- 50 - 100 mg/l
- 100 - 250 mg/l
- 250 - 500 mg/l
- > 500 mg/l
- Richtung des Potentialgefälles Schicht 1
- FLS-Messstellen 2. Schicht**
- Konzentration Sulfat [mg/l] (Mai 2022)**
- < 50 mg/l
- 50 - 100 mg/l
- 100 - 250 mg/l
- 250 - 500 mg/l
- > 500 mg/l
- Richtung des Potentialgefälles Schicht 2



Quelle Kartengrundlage:
Bez.-Reg. Köln, Geobasis NRW

Aufraggeber:			
HERMANN NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG			
Projekt:	Projektnr.:	Maßstab:	
Tongrube / Verfüllung Mühlenberg	54201	1 : 6.000	
Hydrogeologische Verhältnisse in den Lintforter Schichten	Datum:	Gezeichnet:	
	29.09.2022	sb/MB	
Planbezeichnung:	An derungen:	Gezeichnet:	
Sulfatkonzentrationen in den FLS-Messstellen Probenahme Mai 2022 in der Schicht 1 (oben) und Schicht 2 (unten)		Bearbeitet:	
		MK	
		Geprüft:	
		MB	
		Anlage:	
			X



FLS15	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	3	<1	<0,3	<1	1,6	3,5	<0,2	38
Mai 22	2,9	2,5	<0,3	2,5	9,2	5,5	<0,2	59
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

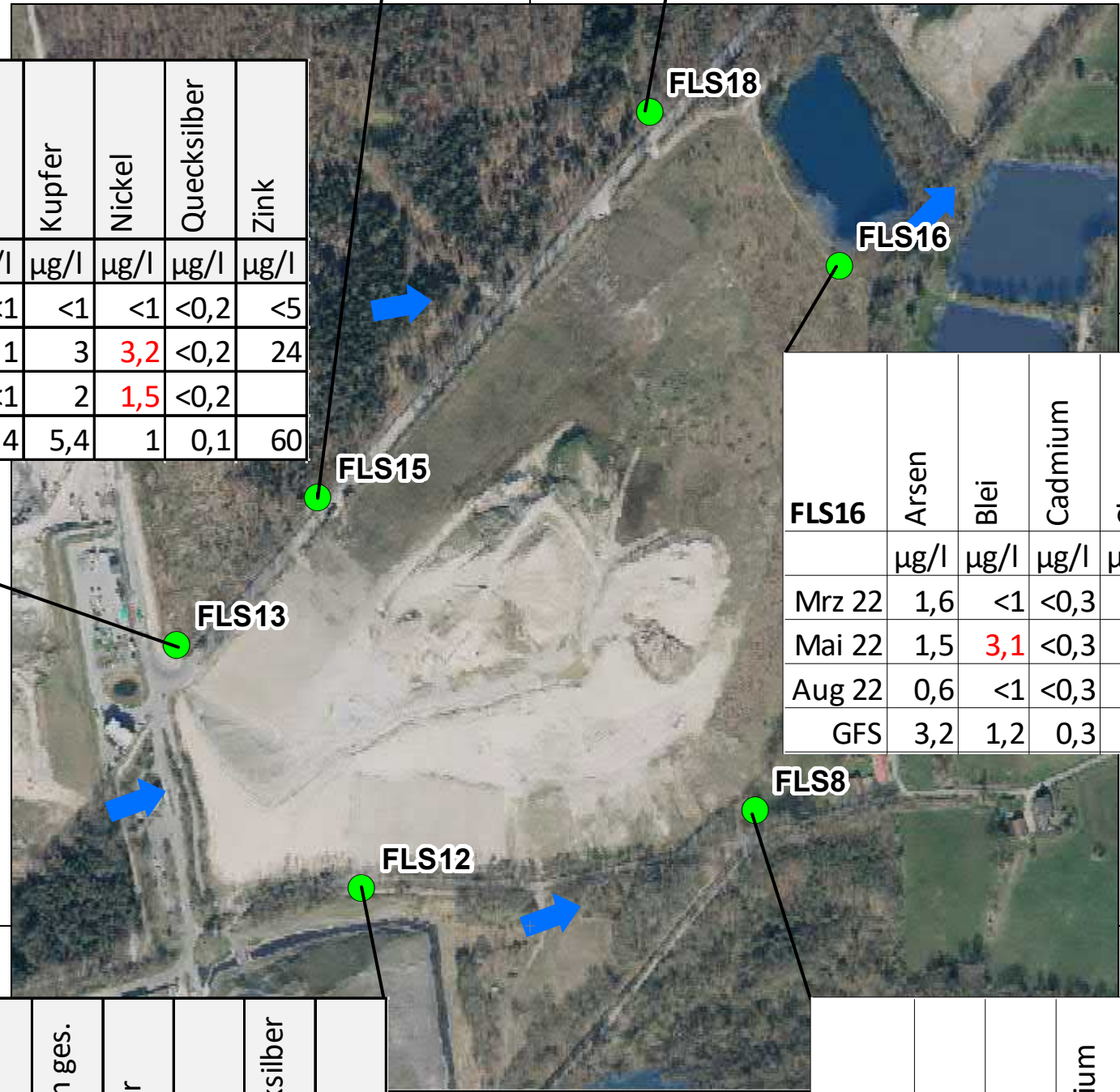
FLS18	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	1,3	<1	<0,3	<1	<1	1,5	<0,2	16
Mai 22	1,6	1,3	<0,3	<1	3	2,9	<0,2	18
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

FLS13	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	9,9	<1	<0,3	<1	<1	<1	<0,2	<5
Mai 22	5,7	1,6	<0,3	1,1	3	3,2	<0,2	24
Aug 22	5	<1	<0,3	<1	2	1,5	<0,2	
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

FLS16	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	1,6	<1	<0,3	<1	<1	8,9	<0,2	110
Mai 22	1,5	3,1	<0,3	1,5	4,5	8,2	<0,2	73
Aug 22	0,6	<1	<0,3	<1	1,4	6,3	<0,2	44
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

FLS12	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	8,9	19	0,34	5,9	25	28	<0,2	84
Mai 22	8,9	34	0,83	17	30	47	<0,2	130
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

FLS8	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	1,1	<1	<0,3	<1	1,1	1,1	<0,2	45
Mai 22	1,1	<1	<0,3	<1	2,2	3,4	<0,2	36
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60



Legende

- Teiche
- FLS-Messstellen 1.Schicht
- Richtung des Potentialgefälles Schicht 1



Quelle Kartengrundlage:
Bez.-Reg. Köln, Geobasis NRW

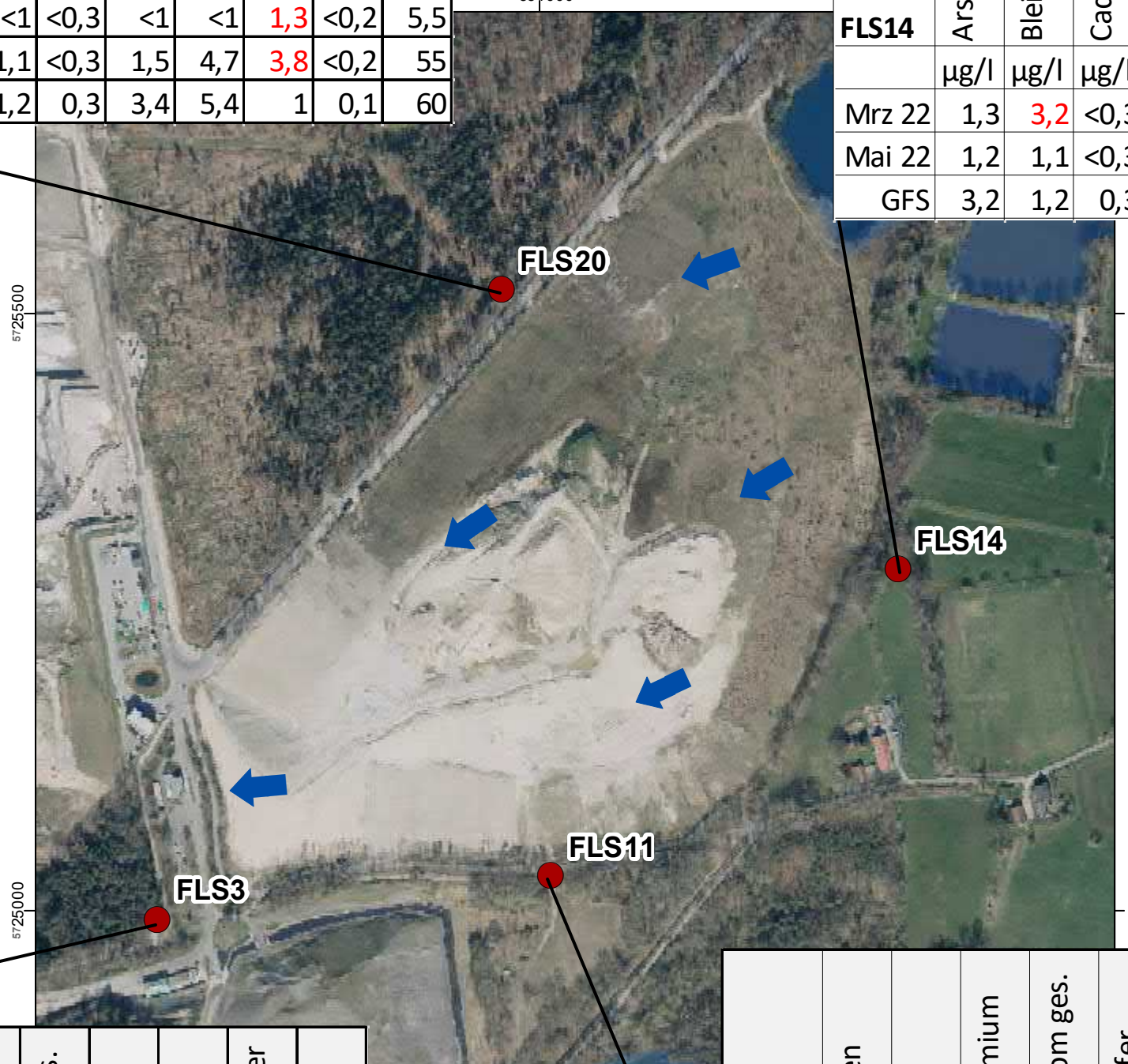
Aufraggeber:			
HERMANN NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG			
Projekt:	Projektnr.:	Maßstab:	
Tongrube / Verfüllung Mühlenberg	54201	1 : 5.000	
Hydrogeologische Verhältnisse in den Lintforter Schichten	Datum:	Gezeichnet:	
	20.10.2022	sb/MB	
Planbezeichnung:	An derungen:	Gezeichnet:	
Schwermetalle in den FLS-Mst. der Schicht 1 (Mrz.,Mai, Aug.2022)		Be arbeitet:	MK
Überschreitung de GFS-Werte nach LAWA rot markiert		Geprüft:	MB
		An lage:	X





FLS20	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	1,5	<1	<0,3	<1	<1	1,3	<0,2	5,5
Mai 22	2,1	1,1	<0,3	1,5	4,7	3,8	<0,2	55
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

FLS14	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	1,3	3,2	<0,3	1,7	9,7	3,3	<0,2	520
Mai 22	1,2	1,1	<0,3	<1	8,9	4,5	<0,2	440
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60



FLS3	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	1,4	<1	<0,3	1,1	<1	2,9	<0,2	9,7
Mai 22	1,6	<1	<0,3	<1	3,5	4,8	<0,2	7,4
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

FLS11	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom ges.	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mrz 22	6,3	32	0,65	10	29	32	<0,2	110
Mai 22	2,2	4,4	<0,3	2,3	6,3	7,7	<0,2	34
GFS	3,2	1,2	0,3	3,4	5,4	1	0,1	60

Legende

- Teiche
- FLS-Messstellen 2.Schicht
- Richtung des Potentialgefälles Schicht 2



Quelle Kartengrundlage:
Bez.-Reg. Köln, Geobasis NRW

Aufraggeber:			
HERMANN NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG			
Projekt:	Projektnr.:	Maßstab:	
Tongrube / Verfüllung Mühlenberg	54201	1 : 5.000	
Hydrogeologische Verhältnisse in den Lintforter Schichten	Datum:	20.10.2022	
	An derungen:	Gezeichnet:	
		sb/MB	
Planbezeichnung:		Bearbeitet:	
Schwermetalle in den FLS-Mst. der Schicht 2 (März und Mai 2022)		MK	
Überschreitung der GFS-Werte nach LAWA rot markiert		Geprüft:	
		MB	
		Anlage:	
			X

Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung des Einflusses von Sickerwässern der Tongrube Mühlenberg auf das Grundwasser



[Quelle: <https://www.schermbeck-grenzenlos.de/images/03-2021/Dep2.jpg>]

Auftraggeber: GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Bruchstr. 5c
45883 Gelsenkirchen

Bearbeiter: Dr. Florian Heine (M.Sc. Ingenieur- und Hydrogeologe)

Schweitenkirchen, 20.10.2022



Dr. F. Eichinger

H:\GBA Bioanalytik\2022\Tongrube Mühlenberg\387530- 387371_Bericht_Mühlenberg.docx

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorbemerkung.....	3
2 Hydrochemische Beurteilung.....	4
3 Stabile Isotope am Sulfat $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ und $\delta^{18}\text{O-SO}_4$	6
3.1 Grundlagen.....	6
3.2 Ergebnisse und Interpretation.....	7
4 Zusammenfassung.....	10

Verzeichnis der Abbildungen und Anlagen

Abbildung 1 Übersichts- und Lageplan der untersuchten Schacht- und Grundwasserproben der Tongrube Mühlenberg.	4
Abbildung 2 Hydrochemische Beschaffenheit der zwei Grundwasserproben und drei Sickerwasserproben aus der Tongrube Mühlenberg im Schoeller-Diagramm... 5	5
Abbildung 3 Gemeinsame Darstellung der $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ - und $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ -Werte der untersuchten Grundwasser- und Sickerwasserproben.	8
Abbildung 4 Gemeinsame Darstellung der $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ Signaturen und Sulfatgehalte der untersuchten Grundwasser- und Sickerwasserproben.....	9
Anlage 1: Prüfbericht Nr. 387530.....	11
Anlage 2: Prüfbericht Nr. 387368 - 387371.....	13

1 Vorbemerkung

Die Fa. Hydroisotop GmbH wurde von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Gelsenkirchen beauftragt, an drei Sickerwasserproben aus den Schächten A, C und D aus der verfüllten Tongrube Mühlenberg, Schermbeck/Hünxe am Niederrhein (NRW) sowie an zwei Grundwasserproben FLS 13 und FLS 16 in An- und Abstrom der Tongrube isotopenhydrologische Untersuchungen durchzuführen. Die Tongrube Mühlenberg ist vollständig verfüllt worden. Die Untersuchung von Sulfatisotopen $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ und $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ soll zur Klärung beitragen, ob es einen schadhafte Einfluss von Sickerwässern der Tongrube auf das Grundwasser und somit auf die Flora und Fauna in der Umgebung gibt.

Zur Auswertung wurden der Hydroisotop ein Lageplan, Bohrausbaupläne der Grundwassermessstellen, Informationen zu den Sickerwasserschächten sowie die hydrochemischen Analysen (GBA Prüfbericht Nr.: 2022P233978 / 1, 11.10.2022) aller Proben zur Verfügung gestellt.

Die Grundwassermessstelle FLS 16 im Abstrom nordöstlich der Verfüllungen der Tongrube (Abbildung 1) zeigt laut Auftraggeber wiederholt auffällige Befunde in der spez. el. Leitfähigkeit sowie den Sulfat-, Calcium-, Magnesium- und Hydrogencarbonatgehalten im Vergleich zu den übrigen Grundwassermessstellen. Die Grundwassermessstelle mit einer Endteufe von 15 m u. GOK erschließt Grundwasser in der oberen Schicht 1 in den Feinsanden und Schluffen der Lintforter Schichten zwischen 12 und 13 m u. GOK. In diesen Lintforter Schichten sind Eisensulfide (Pyrit und Markasit) feinverteilt vorhanden, deren Oxidation, z.B. möglicherweise hervorgerufen durch den Messstellenbau und anschließenden hydraulischen Tests (Slug- und Bailversuche), zu den auffälligen Erhöhungen, v.a. der Sulfatgehalte, führen könnte. Da allerdings auch das Sickerwasser aus der Verfüllung der Tongrube in diese oberste Grundwasserschicht 1 übertreten kann, ist eine Beeinflussung durch das Sickerwasser grundsätzlich in der Diskussion.

Die Grundwassermessstelle FLS 13 mit einer Endteufe von 21 m u. GOK erschließt Grundwasser zwischen 14,2 und 15,8 m u. GOK in den feinsandigen Schluffen der Lintforter Schichten im Anstrom südwestlich der Tongrube.

Die drei beprobten Sickerwasserschächte A, C und D mit Ausbautiefen zwischen 31 und 47 m u. GOK liegen auf einer in etwa Nord-Süd verlaufenden Linie in der Tongrube zwischen den beiden Grundwassermessstellen, wobei der Schacht D am nächsten zur Grundwassermessstelle FLS 16 im Abstrom gelegen ist (Abbildung 1).

Die aktuellen Analyseergebnisse der Sulfatisotopengehalte sind im Prüfbericht Nr. 387530 und 387368 – 387371 aufgeführt und in den folgenden Abbildungen grafisch dargestellt.

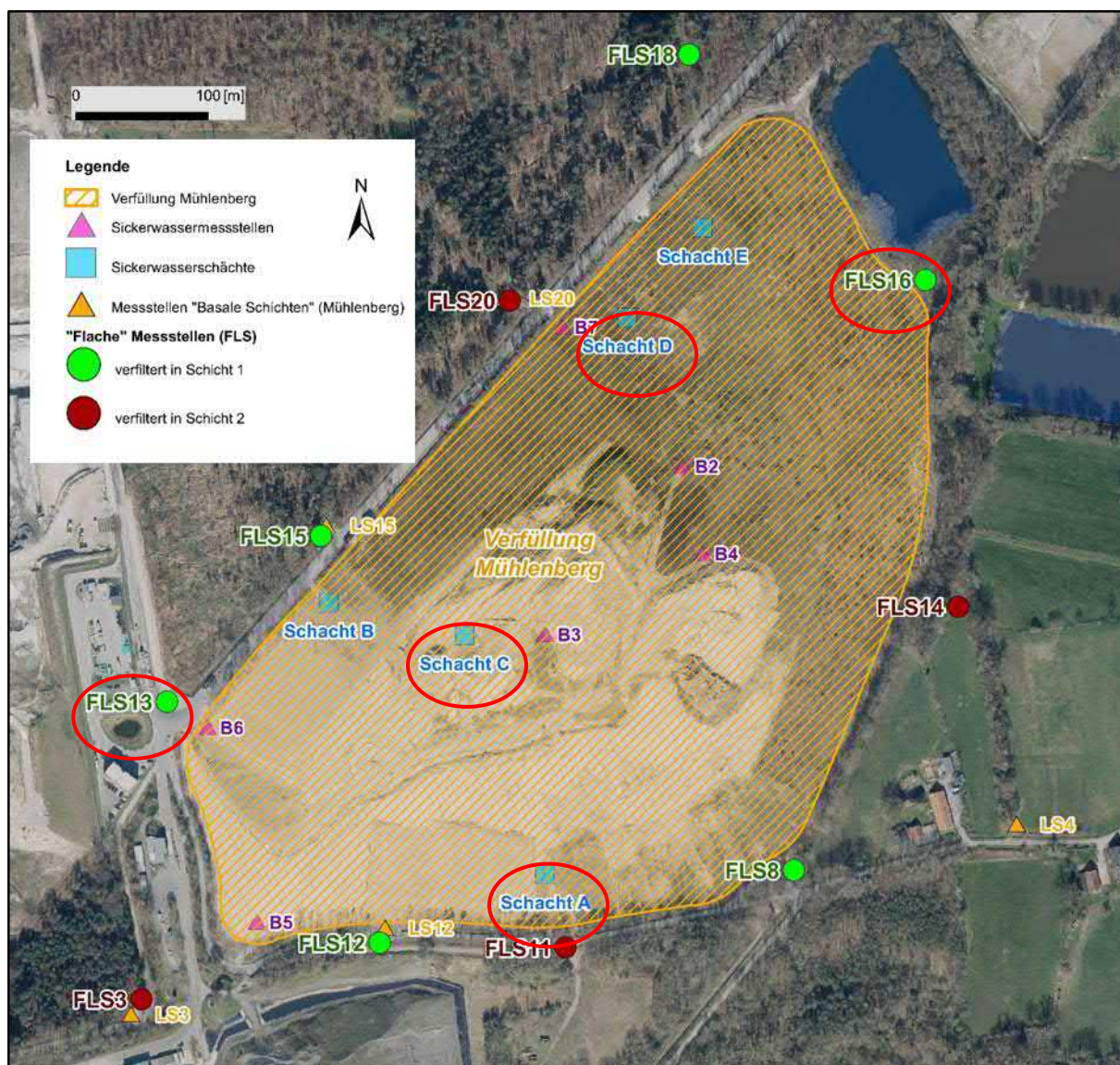


Abbildung 1 Übersichts- und Lageplan der untersuchten Schacht- und Grundwasserproben (rote Umrahmung) der Tongrube Mühlenberg (verändert nach Anlage_1_Lageplan von Consulaqua).

2 Hydrochemische Zusammensetzung

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Grundwassers der FLS 13 (Anstrom) lag bei $1.184 \mu\text{S}/\text{cm}$ und der FLS 16 (Abstrom) circa doppelt so hoch bei $2.080 \mu\text{S}/\text{cm}$. Somit sind beide Grundwässer moderat bis hoch mineralisiert. In den Sickerwässern der Schächte A, C und D waren die spez. el. Leitfähigkeiten zwischen 7.120 und $15.050 \mu\text{S}/\text{cm}$ demgegenüber deutlich erhöht.

Die pH-Werte der Grundwasserproben deuten mit Werten von $7,66$ und $7,51$ neutrale bis leicht basische Verhältnisse an und liegen beide deutlich unterhalb der hohen pH-Werte der Schachtproben zwischen $8,41$ und $9,96$.

Die Redoxpotentiale von 156 und 166 mV sowie sehr geringe Sauerstoffgehalte von 0,53 und 1,22 mg/L deuten in den beiden Grundwasserproben auf sauerstoffreduzierende Verhältnisse im Grundwasserleiter hin. Das Sickerwasser aus Schacht D deutet mit einem negativen Redoxpotential von -98 mV und einem sehr geringen Sauerstoffgehalt von 0,98 mg/L auf ein stark sauerstoffreduzierendes Wasser hin. Im Gegensatz dazu weisen die hohen Redoxpotentiale von 225 und 346 mV sowie Sauerstoffgehalte von 9,06 und 5,30 mg/L an den aus den Schachtproben A und C auf oxidierende Bedingungen in den Sickerwässern hin.

Die hydrochemische Beschaffenheit der beiden Grundwasserproben FLS 13 (Anstrom) und FLS 16 (Abstrom) ist trotz der höheren Mineralisierung an FLS 16 untereinander relativ ähnlich im Vergleich zu den Sickerwasserproben aus den Schächten A, C und D (Abbildung 2).

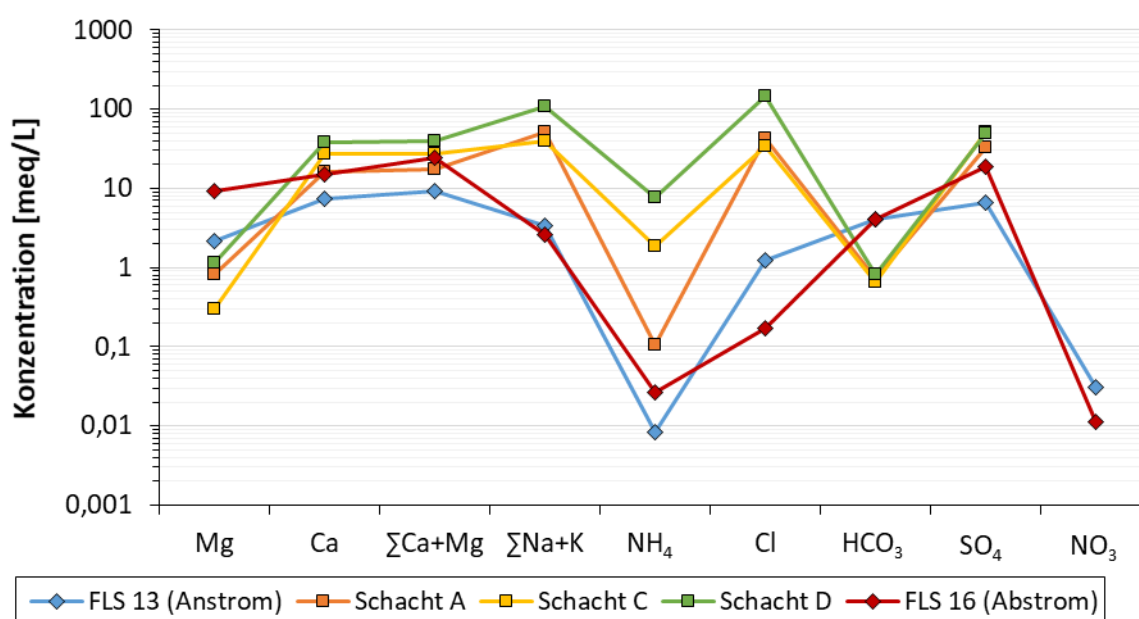


Abbildung 2 Hydrochemische Beschaffenheit der zwei Grundwasserproben und drei Sickerwasserproben aus der Tongrube Mühlenberg im Schoeller-Diagramm.

Das Grundwasser aus der FLS 13 (Anstrom) ist maßgeblich geprägt durch die Kationen Calcium (146 mg/L) und Natrium (69 mg/L) sowie die Anionen Sulfat (320 mg/L) und Hydrogencarbonat (244 mg/L). Es ist somit vom Ca-Na-SO₄-HCO₃-Wassertyp. Magnesium war mit 26 mg/L, Chlorid mit 44 mg/L und Kalium mit 17 mg/L gemessen worden. Das Grundwasser aus der FLS 16 (Abstrom) hingegen wird hauptsächlich durch die Kationen Calcium (301 mg/L) und Magnesium (113 mg/L) sowie das Anion Sulfat (900 mg/L) geprägt (Ca-Mg-SO₄-Wassertyp). Sowohl die Gehalte von Natrium (40 mg/L) als auch Chlorid (6 mg/L) waren wesentlich geringer als im Grundwasser der FLS 13 (Anstrom). Kalium wurde hingegen etwas höher bestimmt mit 34 mg/L und Hydrogencarbonat mit 250 mg/L in einem ähnlichen Wertebereich. Ammonium wurde in beiden Proben mit geringen Konzentrationen von 0,15 und 0,48 mg/L gemessen und Nitrat lag bei 1,9 und 0,71 mg/L. Die DOC-Gehalte in den beiden Grundwasserproben lagen bei 7,3 und 5,9 mg/L. Ein beobachteter Überschuss von Natrium gegenüber Chlorid in beiden

Grundwasserproben kann ein Hinweis auf Kationenaustauschprozesse im Grundwasser sein, bei dem durch das langsame Durchsickern von tonigen Schichten Calcium gegenüber Magnesium und schlussendlich Natrium ausgetauscht wird.

Die drei deutlich höher mineralisierten Sickerwasserproben aus den Schächten A, C und D hingegen werden alle von den im Vergleich zu den Grundwasserproben deutlich höheren Gehalten der Kationen Natrium (750 bis 2.170 mg/L) und Calcium (328 bis 756 mg/L) sowie Anionen Chlorid (1.200 bis 5.100 mg/L) und Sulfat (1.600 bis 2.500 mg/L) dominiert. Sie sind somit vom Na-Ca-Cl-SO₄- bzw. Na-Ca-SO₄-Cl-Wassertyp. Die Magnesiumgehalte liegen teilweise deutlich unterhalb der Werte der beiden Grundwasserproben (3,8 bis 14 mg/L) und die Kaliumgehalte deutlich höher zwischen 145 und 476 mg/L. Auch sind die Ammoniumgehalte zwischen 1,9 und 140 mg/L und die DOC-Gehalte zwischen 32 und 124 mg/L vor allem im Sickerwasser aus Schacht D um ein Vielfaches gegenüber den beiden Grundwasserproben erhöht. Nitrat war in den Sickerwasserproben aus Schacht A und D <1 mg/L nicht bestimmbar und aus Schacht C mit 3,1 mg/L etwas höher als in den Grundwasserproben.

Somit kann festgestellt werden, dass das Grundwasser aus der FLS 16 (Abstrom) im Vergleich zum Grundwasser aus der FLS 13 (Anstrom) nennenswert höhere Calcium, Magnesium und vor allem Sulfatkonzentrationen aufweist. Die circa dreifach höheren Sulfatgehalte im Grundwasser der abstromigen Grundwassermessstelle FLS 16 im Vergleich zur FLS 13 (Anstrom) können nun durch folgende Faktoren hervorgerufen werden:

- Natürliche Prozesse der Pyritoxidation, z.B. im Zuge des mikrobiellen Nitratabbaus im Grundwasserleiter.
- Beeinflussung der u.a. sulfatreichen Sickerwässer aus der Tongrube Mühlenberg.
- Mögliche Reoxidation von H₂S im Grundwasser bzw. von Pyrit durch den möglichen Sauerstoffeintrag bei der Probenahme bzw. beim Messstellenbau und anschließenden hydraulischen Tests.

Die Herkunft des Sulfats wird anhand der Sulfatisotope im folgenden Abschnitt 3.2 bestimmt.

3 Stabile Isotope am Sulfat $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ und $\delta^{18}\text{O-SO}_4$

3.1 Grundlagen

Schwefel tritt im Grundwasser meist in Form von Sulfat (SO₄²⁻) oder von sulfidischen Verbindungen (H₂S, S²⁻, HS⁻) auf. Aus dem Gehalt am stabilen Isotop Schwefel-32 und dessen Verhältnis zum Schwefel-34 können Ursprung sowie ablaufende Redox-Reaktionen des Schwefels (Schwefelkreislauf) beurteilt werden.

Die Ergebnisse der Messung der stabilen Isotope Schwefel-32 und Schwefel-34 (³⁴S/³²S) sowie Sauerstoff-16 und Sauerstoff-18 (¹⁸O/¹⁶O) des Sulfats werden auf den internationalen Standard des „Vienna Canyon-Diablo-Troilit“ (VCDT) bzw. „Vienna Mean Ocean Water“ (VSMOW) bezogen und als relative Abweichung hiervon in der so genannten δ -Notation angegeben.

Für die im Grundwasser vorkommende Sulfatgehalte und daraus resultierende unterschiedliche Isotopensignaturen ($\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{18}\text{O}$) sind folgende Ursprünge möglich:

- anthropogene Herkunft (Infiltration rezenter Niederschläge), Einfluss von Oberflächengewässern,

- sedimentär-evaporitisches Aquifermaterial (Gips- und Anhydritvorkommen) evtl. residuelle marine Formationswässer,
- Oxidation von sedimentären Sulfiden (Pyrit) im Zuge von Abbauprozessen im Grundwasser von organischen Materialien und Nitrat,
- mehrfach ablaufende Redox-Vorgänge (Reduktion von Sulfaten, Reoxidation von Sulfiden und H₂S).

Anthropogene Einträge von Schwefelverbindungen über den Niederschlag sind heutzutage in Nord- und Mitteleuropa in relevanten, messbaren Konzentrationen nicht mehr existent. Die als „Fall-Out“ bzw. saurer Regen bezeichneten Einträge sind lediglich noch in Grundwässern mit hoher Verweildauer denkbar.

Kommt es im Grundwasser zur mikrobiellen Sulfatreduktion, so wird durch die Bevorzugung der sulfatreduzierenden Bakterien der leichten Isotope das Restsulfat isotopisch immer schwerer (bzw. stärker angereichert). Das daraus entstehende Sulfid – identifizierbar durch Schwefelwasserstoffgeruch – kann gelöst vorliegen oder bei Anwesenheit von Metallionen als Sulfid ausfallen. Das entstehende Sulfid ist im Schwefel-34 abgereichert und nähert sich bei vollständiger Sulfatreduktion der Isotopie des ursprünglichen Sulfats an.

Wird Sulfid im Zuge mikrobiellen Abbaus von organischem Material oder Nitrat oxidiert, so ist das entstehende Sulfat sowohl im $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ als auch im $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ abgereichert. Bei sauerstoffarmen Verhältnissen können die Organik bzw. das Nitrat als Sauerstoffdonor agieren.

3.2 Ergebnisse und Interpretation

Die stabilen Isotope am Sulfat wurden in den Grundwasserproben aus der FLS 13 (Anstrom) mit $-33,4 \text{‰}_{\text{VCDT}}$ im $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ und $2,5 \text{‰}_{\text{VSMOW}}$ im $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ gemessen. In der Grundwasserprobe aus der Messstelle FLS 16 (Abstrom) liegen die stabilen Sulfatisotope mit $-35,4 \text{‰}_{\text{VCDT}}$ im $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ und $5,1 \text{‰}_{\text{VSMOW}}$ im $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ in einem sehr ähnlichen Wertebereich (Abbildung 3). Die deutlich abgereicherten $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ -Isotopensignaturen der beiden Grundwasserproben liegen somit in einem typischen Wertebereich für Pyrite in (marinen) tertiären Sedimenten in der Niederrheinischen Bucht (siehe Schulte et al, 1997¹) und können eindeutig auf eine Herkunft aus Sekundärsulfat zurückgeführt werden, welches aus der Oxidation von Sulfiden (Sulfidminerale oder H₂S) entsteht.

Im Gegensatz dazu weisen die Sickerwasserproben aus den Schächten A, C und D deutlich davon abweichende Isotopensignaturen auf. Die $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ -Signaturen mit Werten zwischen $2,8$ und $20,8 \text{‰}_{\text{VCDT}}$ sind, wie auch die $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ -Signaturen mit Werten zwischen $14,2$ und $19,2 \text{‰}_{\text{VSMOW}}$ stark angereichert und typisch für Sulfat aus der Gipslösung z.B. von Evaporiten (geogen) oder Baustoffen (anthropogen).

¹ Schulte, U., Strauß, H., Bergmann, A. & Obermann, P. (1997): Isotopenverhältnisse der Schwefel- und Kohlenstoffspezies aus Sedimenten und tiefen Grundwässern der Niederrheinischen Bucht. Grundwasser, 2(3), 103–110. doi:10.1007/s767-1997-8531-4.

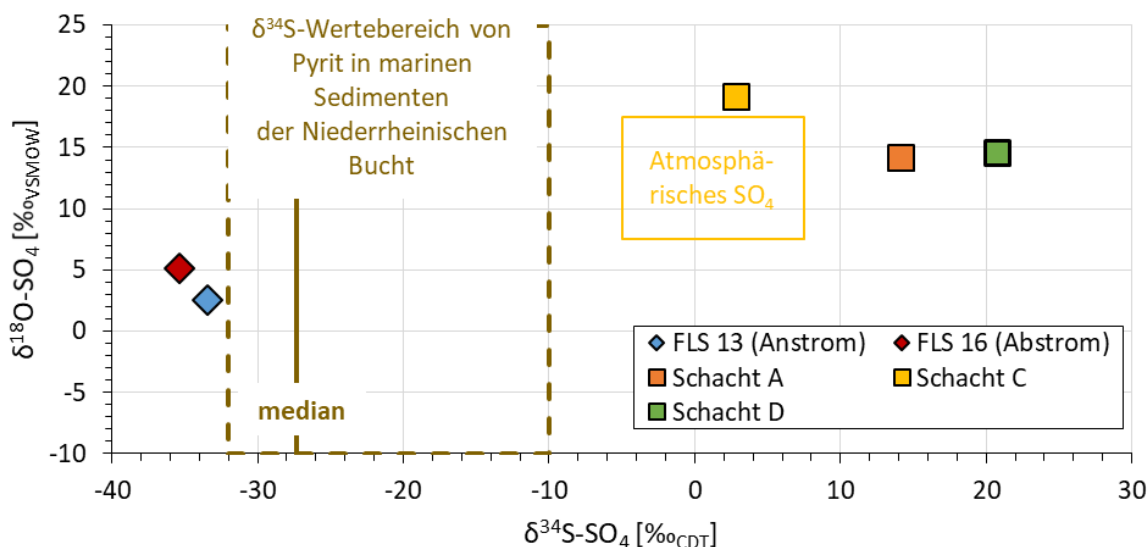


Abbildung 3 Gemeinsame Darstellung der $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ - und $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ -Werte der untersuchten Grundwasser- und Sickerwasserproben. Zusätzlich dargestellt sind typische Wertebereiche für $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ und $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ von atmosphärischen Sulfatquellen sowie für $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ von Pyritmineralen in der Niederrheinischen Bucht (dargestellt sind die unteren und oberen Quartilsgrenzen sowie der Median aus Schulte et al., 1997¹).

In Abbildung 4 sind die $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ -Signaturen und Sulfatgehalte dargestellt. Es ist dort eindeutig zu erkennen, dass sich die $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ -Signaturen trotz des deutlich erhöhten Sulfatgehalts von 900 mg/L im Grundwasser der FLS 16 (Abstrom) im Vergleich zum Grundwasser der FLS 13 (Anstrom) mit 320 mg/L nicht ändern. Daraus kann geschlossen werden, dass das gelöste Sulfat in beiden Grundwasserproben aus den Messstellen FLS 13 (Anstrom) und FLS 16 (Abstrom), unabhängig vom Sulfatgehalt, isotopenchemisch sehr wahrscheinlich eine vergleichbare Quelle besitzt, z.B. Sulfidoxidation von den in den Sedimenten enthaltenen Pyriten und Markasiten im Zuge des Abbaus von z.B. Nitrat. Der deutlich höhere Sulfatgehalt im Abstrom weist somit möglicherweise auf verstärkte Abbauprozesse z.B. von Nitrat im Grundwasser hin.

Das Sickerwasser aus den Schächten A, C und D kann auf Grundlage der isotopenphysikalischen Interpretation zumindest als direkte Sulfatquelle für das Grundwasser in der FLS 16 (Abstrom) ausgeschlossen werden, was im Einklang mit den vorliegenden hydrochemischen Untersuchungen liegt. Eine eindeutige Ursache für den höheren Sulfatgehalt kann aber anhand der vorliegenden Untersuchungen nicht abschließend geklärt werden und bedarf somit weitergehenden Untersuchungen.

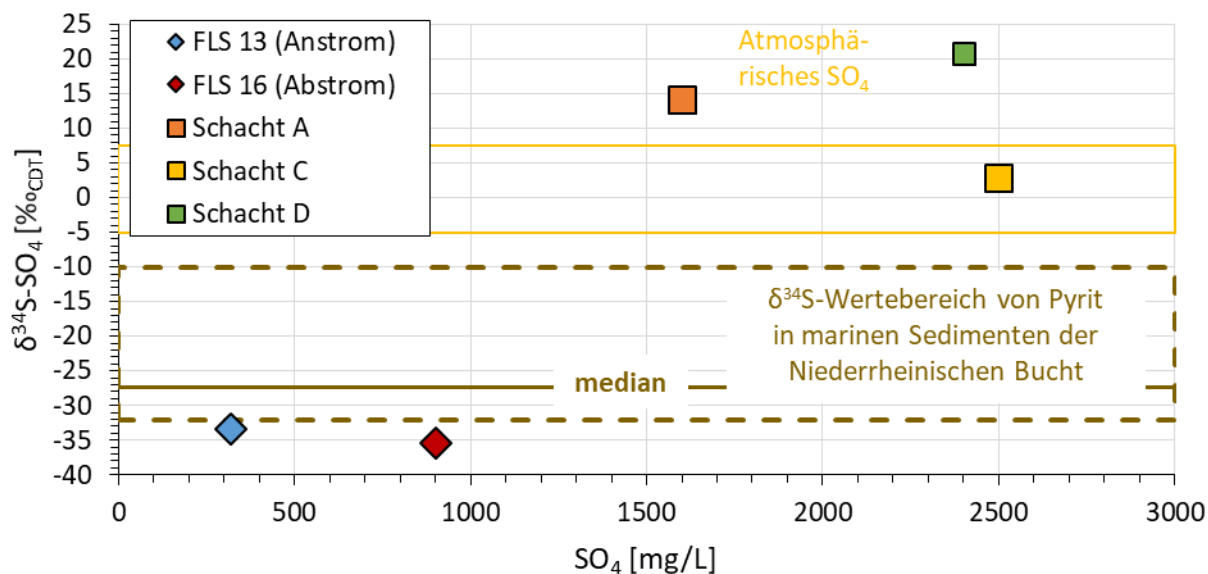


Abbildung 4 Gemeinsame Darstellung der $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ Signaturen und Sulfatgehalte der untersuchten Grundwasser- und Sickerwasserproben. Zusätzlich dargestellt sind typische Wertebereiche für $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ von atmosphärischen Sulfatquellen sowie von Pyritmineralen in der Niederrheinischen Bucht (dargestellt sind die unteren und oberen Quartilsgrenzen sowie der Median aus Schulte et al., 1997¹).

4 Zusammenfassung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der hydrochemischen und isotopenhydrologischen Untersuchungen an den Grundwässern aus den Grundwassermessstellen FLS 13 (Anstrom) und FLS 16 (Abstrom) sowie an den Sickerwässern aus den Schächten A, C und D aus der Tongrube Mühlenberg zusammengefasst:

- Die hydrochemische Beschaffenheit der Grundwasserprobe FLS 16 (Abstrom) unterscheidet sich hauptsächlich durch höhere Calcium-, Magnesium- und Sulfatgehalte von der Probe FLS 13 (Anstrom). Die deutlich höher mineralisierten Sickerwässer aus den Schächten A, C und D werden hauptsächlich durch sehr hohe Gehalte von Natrium und Chlorid sowie Calcium und Sulfat dominiert.
- Die stabilen Sulfatisotope der beiden Grundwasserproben FLS 13 (Anstrom) und FLS 16 (Abstrom) liegen in einem vergleichbaren Wertebereich und sind typisch für $\delta^{34}\text{S}$ - SO_4 von Pyriten in marinen Sedimenten der Niederrheinischen Bucht und deren Oxidationsprodukte. Es kann auf eine vergleichbare Sulfatquelle im Untergrund bzw. auf einen vergleichbaren Bildungsprozess unabhängig vom Sulfatgehalt geschlossen werden.
- Die Werte der stabilen Sulfatisotope an den Sickerwasserproben sind im Vergleich zu den Grundwasserproben deutlich höher. Ein direkter Einfluss von Sulfat aus den drei untersuchten Sickerwasserproben in der abstromigen Grundwasserprobe der FLS 16 (Abstrom) kann somit nach der isotopenphysikalischen Interpretation ausgeschlossen werden.
- Der wesentlich höhere Sulfatgehalt im Abstrom der Tongrube weist auf eine verstärkte Bildung von Sekundärsulfat im Grundwasser hin, deren Ursache mit dieser Untersuchung nicht geklärt werden kann.

Auf Grundlage der Ergebnisse kann es daher ratsam sein, die Untersuchungen noch einmal zeitlich versetzt zu wiederholen, um mögliche Ursachen für den erhöhten Sulfatgehalt in der abstromigen Messstelle FLS 16 in Zusammenhang mit der Tongrube auszuschließen.

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Bruchstr. 5c

45883 Gelsenkirchen

per Email: gelsenkirchen@gba-group.de

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 10.10.2022
23-Dr.Lo

Prüfbericht Nr. 387530

Blatt 1 von 2

Probenbezeichnung: **22210740-003**

Bestell-Nr.:	B-22-03784		
Auftraggeber:	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH		
Angebot:	420-2022 / GL		
Labor-Nr.:	387530	Probenart:	flüssig
Probenahmedatum:	keine Angabe	Probenahme:	Auftraggeber
Laboreingang:	22.08.2022	Analytikbeginn:	22.08.2022
		Analytikende:	10.10.2022

Prüfparameter	Prüfergebnis	Einheit
ISOTOPE		
Schwefel-34 ($\delta^{34}\text{S-SO}_4$)	2,8	‰ _{VCDT}
Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O-SO}_4$)	19,2	‰ _{VSMOW}

H:\GBA Bioanalytik\2022\Tongrube Mühlenberg\387530- 387371_Bericht_Mühlenberg.docx

Bestell-Nr.: B-22-03784
 Auftraggeber: GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH

Prüfparameter	Prüfverfahren
Schwefel-34 ($\delta^{34}\text{S-SO}_4$)	QMA504-2/28: 2015-03: Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (EA-IRMS) bezogen auf V-CDT-Std.; $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$
Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O-SO}_4$)	QMA504-2/29: 2015-03: Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (EA-IRMS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$

Legende

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

Anmerkungen

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.

Rückstellmuster von Feststoffproben und flüssigen KW-Proben werden 8 Wochen nach Ergebnismitteilung, Rückstellmuster von wässrigen Proben werden 16 Wochen nach Ergebnismitteilung entsorgt - sofern nicht anders vereinbart.

Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.

Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.

Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.


 Dr. Elchinger
 (Geschäftsführer)
 10.10.2022

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Bruchstr. 5c

45883 Gelsenkirchen

per Email: gelsenkirchen@gba-group.de

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 10.10.2022
23-Dr.Lo

Prüfbericht Nr. 387368 - 387371

Blatt 1 von 2

Bestell-Nr.:	B-22-03745	Probenahme:	Auftraggeber
Auftraggeber:	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH	Analytikbeginn:	16.08.2022
Angebot:	420-2022 / GL	Analytikende:	10.10.2022
Probenart:	flüssig		
Laboreingang:	16.08.2022		

Lab.-Nr.	Probenbezeichnung	Schwefel-34	Sauerstoff-18
		($\delta^{34}\text{S-SO}_4$)	($\delta^{18}\text{O-SO}_4$)
		%oVCDT	%oVSMOW
387368	22210740-001	-33,4	2,5
387369	22210740-002	14,1	14,2
387370	22210740-004	20,8	14,6
387371	22210740-005	-35,4	5,1

Bestell-Nr.: B-22-03745
 Auftraggeber: GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH

Prüfparameter	Prüfverfahren
Schwefel-34 ($\delta^{34}\text{S-SO}_4$)	QMA504-2/28: 2015-03: Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (EA-IRMS) bezogen auf V-CDT-Std.; $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$
Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O-SO}_4$)	QMA504-2/29: 2015-03: Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (EA-IRMS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$

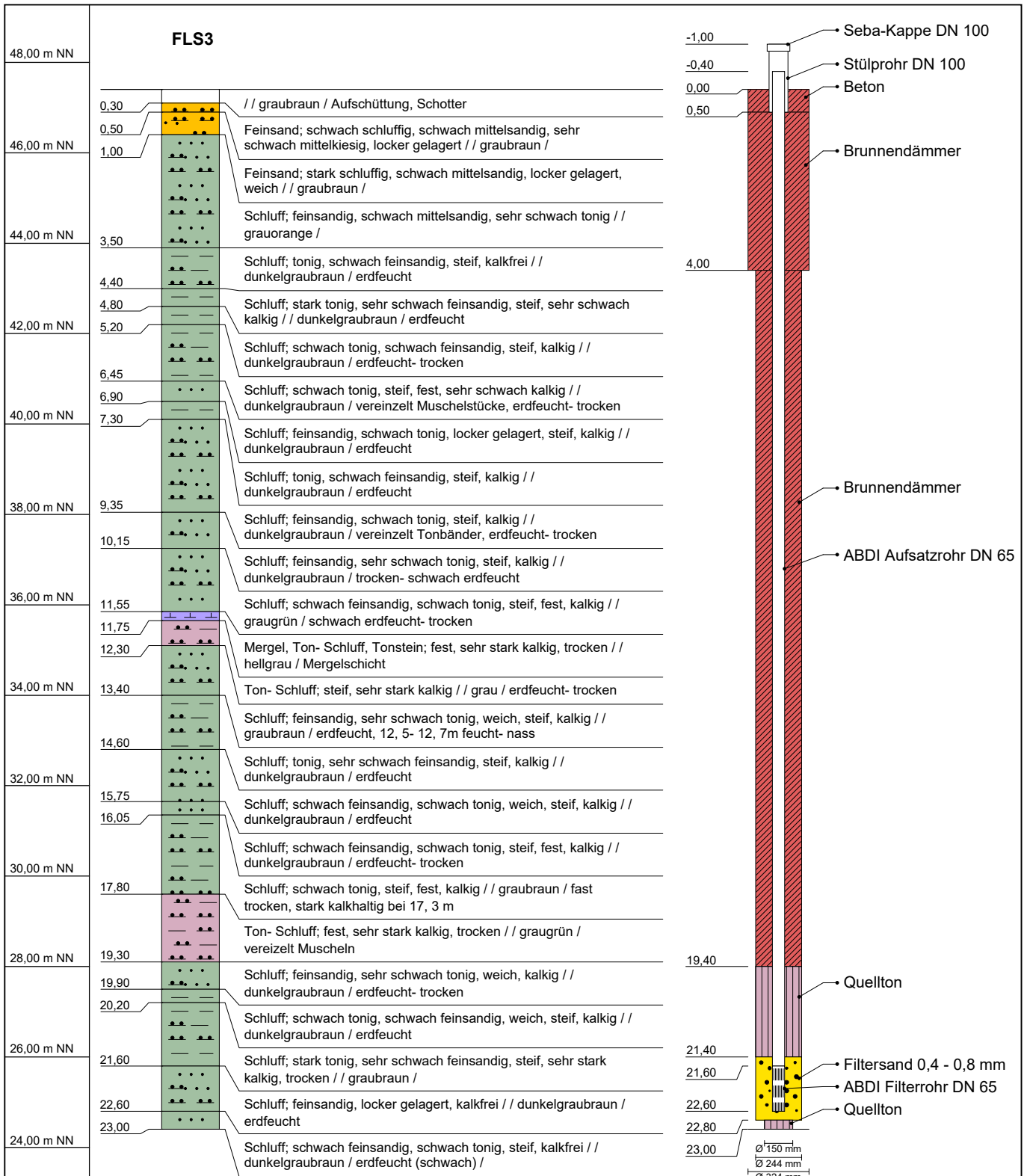
Legende

- * Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
- n.b. nicht bestimmt, Konzentration zu gering
- < für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
- nicht beauftragt
- x qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

Anmerkungen

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.
 Rückstellmuster von Feststoffproben und flüssigen KW-Proben werden 8 Wochen nach Ergebnismitteilung, Rückstellmuster von wässrigen Proben werden 16 Wochen nach Ergebnismitteilung entsorgt - sofern nicht anders vereinbart.
 Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.
 Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.
 Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.


 Dr. Eichinger
 (Geschäftsführer)
 10.10.2022

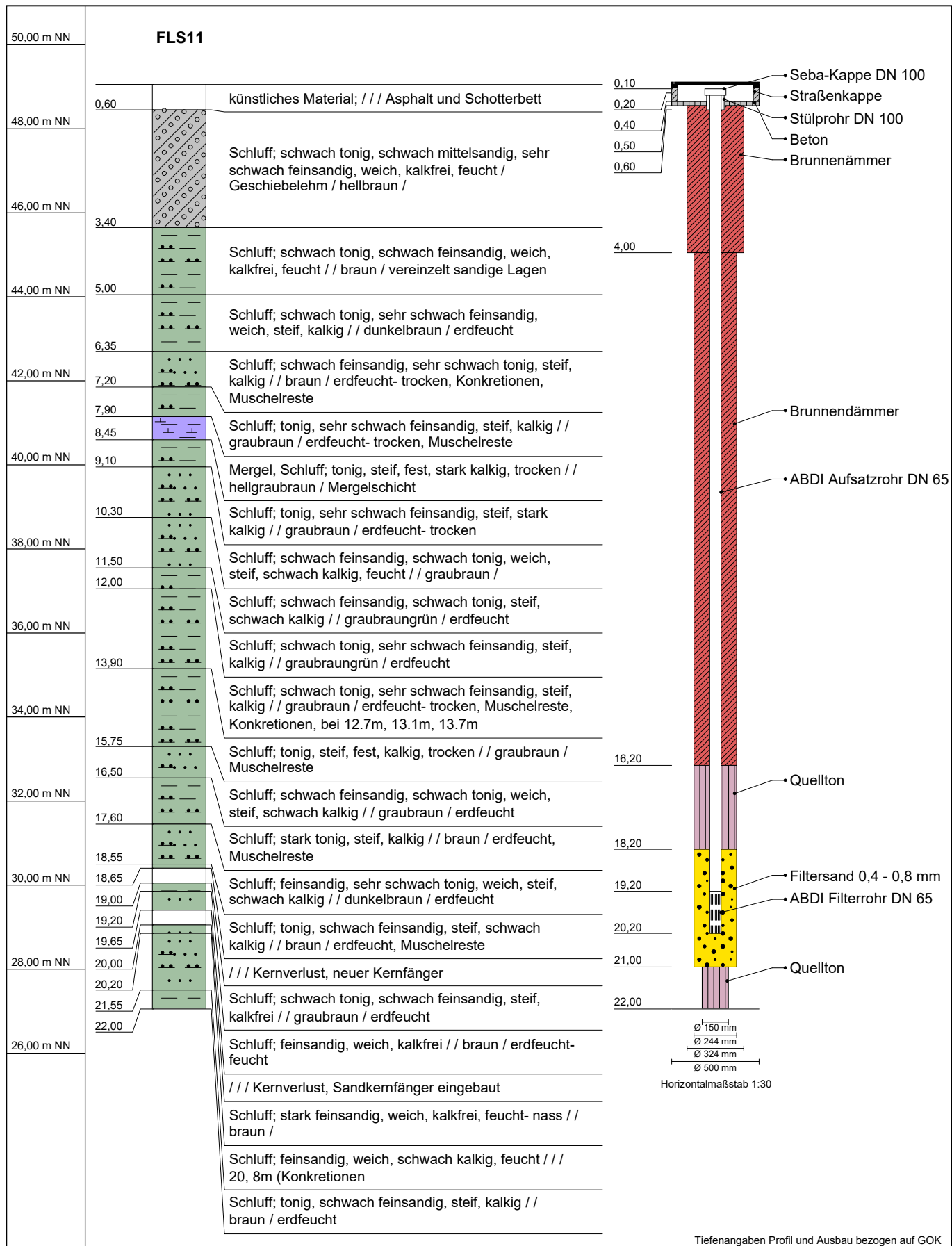



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

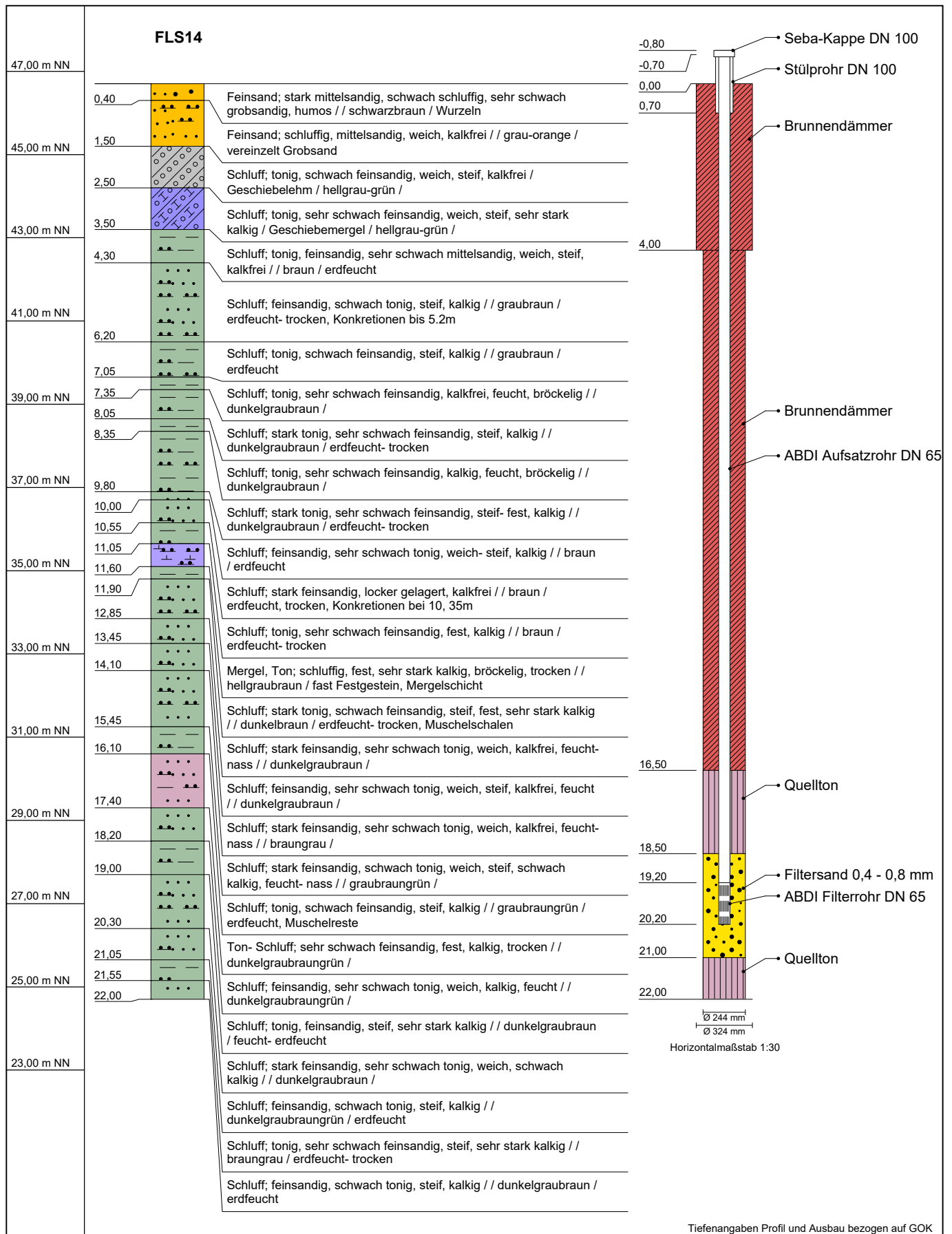
Name d. Bhrg.	FLS3	Bhrg. Id: 22120003
Autor	Georg Schroeter	RW: 350680,9
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5724990,9
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 47,4
Anlage	Anlage 7.1.1	Maßstab : 1:125



Bördestraße 3
31135 Hildesheim
www.consulaqua.de
Tel.: +49 5121 7682 0
Fax: +49 5121 7682 82

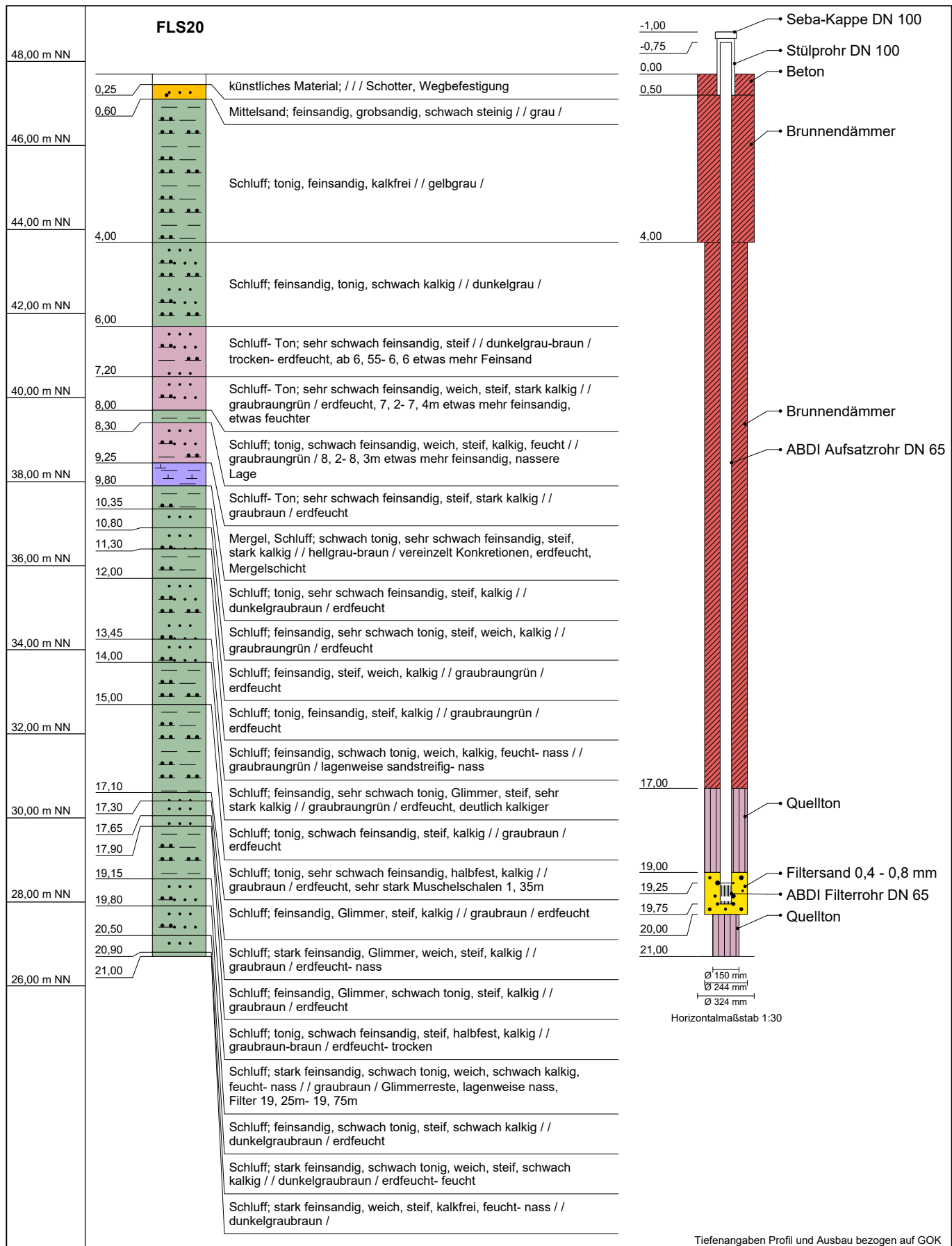



Name d. Bhrg.	FLS11	Bhrg. Id: 22120011	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 351001,8	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725029,9	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 49,05	
Anlage	Anlage 7.1.2	Maßstab : 1:125	



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	FLS14	Bhrg. Id: 22120014	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 351298,7	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725287,6	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 46,7	
Anlage	Anlage 7.1.3	Maßstab : 1:125	



Name d. Bhrg.	FLS20	Bhrg. Id: 22120020	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 350959,7	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725518,9	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 47,7	
Anlage	Anlage 7.1.4	Maßstab : 1:125	

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Bruchstr. 5c · 45883 Gelsenkirchen

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenallee 1



46569 Hünxe

Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1

Auftraggeber	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eingangsdatum	siehe Tabelle
Projekt	22210740
Material	Grund- / Stauwasser
Auftrag	Analytik gem. Vorgabe des Auftraggebers
Verpackung	/ Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	siehe Tabelle
GBA-Nummer	22210740
Probenahme	GBA mbH, Peter Brylla
Probentransport	durch den Probenehmer
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Analysenbeginn / -ende	15.08.2022 - 11.10.2022
Bemerkung	keine
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Gelsenkirchen, 11.10.2022



Dr. Büschler
Standortleitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 7 zu Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1
22210740

GBA-Nummer		22210740	22210740	22210740	22210740
Probe-Nummer		001	002	003	004
Material		Grund- / Stauwasser	Grund- / Stauwasser	Grund- / Stauwasser	Grund- / Stauwasser
Probenbezeichnung		FLS 13 (Anstrom)	Schacht A	Schacht C	Schacht D
Probenahme		12.08.2022	12.08.2022	18.08.2022	12.08.2022
Probenahme-Uhrzeit		11:15	09:40	08:45	10:10
Probeneingang		15.08.2022	15.08.2022	19.08.2022	15.08.2022
Analysenergebnisse	Einheit				
Aussehen		leicht trüb	klar	klar	klar
Farbe		schwach gelb	farblos	farblos	schwach gelb
Geruch		geruchlos	geruchlos	schwach erdig	schwach moderig
Luft-Temperatur	°C	29,0	25,0	24,0	26,0
Wasser-Temperatur	°C	13,7	19,5	22,4	21,4
Förderstrom	L/min	3			
Abpumpdauer	min	20			
Entnahmetiefe unter Pegelloberkante	m	16,0			
Brunnensohle	m	16,3			
Wasserstand v. Oberfl. vor Abpumpen	m	4,85			
Wasserstand v. Oberfl. nach Abpumpen	m	16,00			
pH-Wert vor Ort		7,66	8,41	8,83	9,96
Leitfähigkeit vor Ort	µS/cm	1184	7200	7120	15050
Sauerstoffgehalt (O2) vor Ort	mg/L	0,53	9,06	5,30	0,98
Redoxpotential vor Ort (nicht korrigiert)	mV	-59	14	137	-308
Redoxpotential vor Ort (korrigiert)	mV	156	225	346	-98
Arsen	mg/L	0,0050	0,011	0,017	0,0072
Blei	mg/L	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Cadmium	mg/L	<0,00030	<0,00030	<0,00030	<0,00030
Chrom ges.	mg/L	<0,0010	<0,0010	0,0048	0,020
Chrom (VI)	mg/L	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Kupfer	mg/L	0,0020	0,0011	0,0039	<0,0010
Molybdän	mg/L	0,013	0,95	4,3	0,012
Nickel	mg/L	0,0015	0,0018	0,0057	0,020
Quecksilber	mg/L	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Titan	mg/L	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,0075
Vanadium	mg/L	0,015	0,0063	0,081	0,083
Zink	mg/L	0,0062	0,017	0,11	<0,0050
Analytische Dienstleistungen		Schwefel-34: -33,4 o/oo, Sauerstoff-18: 2,5 o/oo	Schwefel-34: 14,1 o/oo, Sauerstoff-18: 14,2 o/oo	Schwefel-34: 2,8 o/oo, Sauerstoff-18: 19,2 o/oo	Schwefel-34: 20,8 o/oo, Sauerstoff-18: 14,6 o/oo
Filtration		Metallanalytik von filtrierter Probe	Metallanalytik von filtrierter Probe	Metallanalytik von filtrierter Probe	Metallanalytik von filtrierter Probe
Calcium	mg/L	146	328	537	756
Magnesium	mg/L	26	10	3,6	14

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1
22210740

GBA-Nummer		22210740	22210740	22210740	22210740
Probe-Nummer		001	002	003	004
Material		Grund- / Stauwasser	Grund- / Stauwasser	Grund- / Stauwasser	Grund- / Stauwasser
Probenbezeichnung		FLS 13 (Anstrom)	Schacht A	Schacht C	Schacht D
Probenahme		12.08.2022	12.08.2022	18.08.2022	12.08.2022
Probenahme-Uhrzeit		11:15	09:40	08:45	10:10
Natrium	mg/L	69	1110	750	2170
Kalium	mg/L	17	145	267	476
Eisen, ges.	mg/L	0,0077	0,18	0,035	0,27
Mangan	mg/L	0,014	0,33	0,12	0,037
Ammonium	mg/L	0,15	1,9	34	140
Nitrat	mg/L	1,9	<1,0	3,1	<1,0
Sulfat	mg/L	320	1600	2500	2400
Chlorid	mg/L	44	1500	1200	5100
Hydrogencarbonat	mmol/L	4,0	0,72	0,66	0,83
DOC	mg/L	7,3	32	18	124
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	6,2	2,3	1,9	9,4

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar

Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1
22210740

GBA-Nummer		22210740
Probe-Nummer		005
Material		Grund- / Stauwasser
Probenbezeichnung		FLS 16 (Abstrom)
Probenahme		12.08.2022
Probenahme-Uhrzeit		10:30
Probeneingang		15.08.2022
Analysenergebnisse	Einheit	
Aussehen		leicht trüb
Farbe		schwach gelb
Geruch		geruchlos
Luft-Temperatur	°C	26,0
Wasser-Temperatur	°C	13,2
Förderstrom	L/min	6
Abpumpdauer	min	20
Entnahmetiefe unter Pegeloberkante	m	13,5
Brunnensohle	m	13,9
Wasserstand v. Oberfl. vor Abpumpen	m	3,76
Wasserstand v. Oberfl. nach Abpumpen	m	12,02
pH-Wert vor Ort		7,51
Leitfähigkeit vor Ort	µS/cm	2080
Sauerstoffgehalt (O ₂) vor Ort	mg/L	1,22
Redoxpotential vor Ort (nicht korrigiert)	mV	-49
Redoxpotential vor Ort (korrigiert)	mV	166
Arsen	mg/L	0,00059
Blei	mg/L	<0,0010
Cadmium	mg/L	<0,00030
Chrom ges.	mg/L	<0,0010
Chrom (VI)	mg/L	<0,050
Kupfer	mg/L	0,0014
Molybdän	mg/L	0,0076
Nickel	mg/L	0,0063
Quecksilber	mg/L	<0,00020
Titan	mg/L	<0,0050
Vanadium	mg/L	0,0012
Zink	mg/L	0,044
Analytische Dienstleistungen		Schwefel-34: -35,4 o/oo, Sauerstoff-18: 5,1 o/oo
Filtration		Metallanalytik von filtrierter Probe
Calcium	mg/L	301
Magnesium	mg/L	113

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1
 22210740

GBA-Nummer		22210740
Probe-Nummer		005
Material		Grund- / Stauwasser
Probenbezeichnung		FLS 16 (Abstrom)
Probenahme		12.08.2022
Probenahme-Uhrzeit		10:30
Natrium	mg/L	40
Kalium	mg/L	34
Eisen, ges.	mg/L	0,23
Mangan	mg/L	0,15
Ammonium	mg/L	0,48
Nitrat	mg/L	0,71
Sulfat	mg/L	900
Chlorid	mg/L	6,0
Hydrogencarbonat	mmol/L	4,1
DOC	mg/L	5,9
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	9,2

**Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1
22210740**

Angewandte Verfahren

Parameter	BG	Einheit	Methode
Aussehen			organoleptisch ²
Farbe			organoleptisch ²
Geruch			organoleptisch ²
Luft-Temperatur		°C	DIN 38404-4: 1976-12 ³ ²
Wasser-Temperatur		°C	DIN 38404-4: 1976-12 ³ ²
Förderstrom		L/min	E DIN 38402-13: 2016-09 ^a ²
Abpumpdauer		min	E DIN 38402-13: 2016-09 ^a ²
Entnahmetiefe unter Pegeloberkante		m	E DIN 38402-13: 2016-09 ^a ²
Brunnensohle		m	
Wasserstand v. Oberfl. vor Abpumpen		m	E DIN 38402-13: 2016-09 ^a ²
Wasserstand v. Oberfl. nach Abpumpen		m	E DIN 38402-13: 2016-09 ^a ²
pH-Wert vor Ort			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a ²
Leitfähigkeit vor Ort		µS/cm	DIN EN 27888: 1993-11 ^a ²
Sauerstoffgehalt (O ₂) vor Ort		mg/L	DIN EN ISO 5814: 2013-02 ^a ²
Redoxpotential vor Ort (nicht korrigiert)		mV	DIN 38404-6: 1984-05 ^a ²
Redoxpotential vor Ort (korrigiert)		mV	DIN 38404-6: 1984-05 ^a ²
Arsen	0,00050	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Blei	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Cadmium	0,00030	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Chrom ges.	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Chrom (VI)	0,050	mg/L	DIN 38405-24: 1987-05/DIN EN ISO 18412: 2007-02 ^a ²
Kupfer	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Molybdän	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Nickel	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Quecksilber	0,00020	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Titan	0,0050	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 ^a ⁵
Vanadium	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Zink	0,0050	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Analytische Dienstleistungen			
Filtration			
Calcium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Natrium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Kalium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Eisen, ges.	0,0050	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Mangan	0,010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a ⁵
Ammonium	0,050	mg/L	DIN EN ISO 11732: 2005-05 ^a ²
Nitrat		mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a ²²
Sulfat	0,040	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a ²²

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Prüfbericht-Nr.: 2022P233978 / 1

22210740

Parameter	BG	Einheit	Methode
Chlorid	0,030	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a 22
Hydrogencarbonat		mmol/L	DEV D8/ DIN 38405-D8: 1971-1975 ^a 2
DOC	1,0	mg/L	DIN EN 1484: 2019-04 ^a 2
Säurekapazität bis pH 4,3		mmol/L	DIN 38409-7: 2005-12 ^a 2

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.
Untersuchungslabor: 2GBA Gelsenkirchen 5GBA Pinneberg 22GBA Herten

DR. PEER-L. GEHLKEN

DIPLOM-MINERALOGE

Von der Industrie- und Handelskammer Erfurt
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Geochemie und Mineralogie
anorganischer Rohstoffe und deren Produkte

Gutachten

26001/22

über

Schadstoffrückhaltevermögen Ton Nottenkämper

für

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Eichenallee 1

46569 Hünxe

23. September 2022

Umfang 19 Seiten

Dr. rer. nat. Peer-L. Gehlken, Mühlengasse 1, 37136 Ebergötzen, Telefon 05507/9791907, Fax 05507/9791908

1. Vorgang

Zur Ermittlung des Schadstoffrückhaltevermögens des Tons der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG erhielt ich von der Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, Hünxe, insgesamt 14 tonige Materialproben.

Nach Angaben des Auftraggebers stammen von den übersandten Materialproben 4 Proben aus Teufen, in denen die damalige Tagebausohle vermutet wird, die weiteren 10 Proben sind aus etwas tieferen Zonen genommen worden.

Die von dem Auftraggeber übersandten Proben und die gewünschten Untersuchungsumfänge sind in Tabelle 1 dargestellt. Nach telefonischer Rücksprache mit dem Auftraggeber sollten die effektiven Kationenaustauschkapazitäten KAK_{eff} bestimmt werden.

Tabelle 1: Proben und Untersuchungsumfänge

Bohrung	Beprobung Kernabschnitt (Bohrmeter u. GOK)	Untersuchungsumfang
FLS 11	14 - 15	- Mineralogie - Kationenaustauschkapazität
	18 - 19	
FLS 14	12 - 13	- TOC
	16 - 17	
FLS 3	20,2 - 21,6	- TOC - TIC - Kationenaustauschkapazität - Feststoffdichte
	21,6 - 22,6	
	22,6 - 23,0	
FLS 11	19,2 - 19,65	
	20,2 - 21,55	
	21,55 - 22,0	
FLS 14	21,05 - 21,55	
	21,55 - 22,0	
FLS 20	17,9 - 19,15	
	19,8 - 20,5	

Insgesamt wurden somit:

- 4 mineralogische Phasenanalysen an den Gesamtproben mittels einer Methodenkombination aus Röntgendiffraktometrie (RDA) und Infrarotspektroskopie (FTIR)
- 14 Bestimmungen der effektiven Kationenaustauschkapazität (mit Bariumchlorid) gemäß DIN EN ISO 11260:2018-11
- 14 Bestimmungen des organischen Kohlenstoffs (TOC) nach DIN ISO 10694:1995-03 nach trockener Verbrennung (Elementaranalysen)
- 10 Bestimmungen des gesamten Kohlenstoffs (TC) nach DIN ISO 10694:1995-03 nach trockener Verbrennung (Elementaranalysen) und Berechnung des anorganischen Kohlenstoffs (TIC)
- 10 Bestimmungen der Reindichte (Feststoffdichte) mittels Heliumpyknometer

durchgeführt.

Das Probenmaterial wurde am 15.08.2022 auf dem Postweg zugestellt.

2. Methodik

Die Bestimmung des semiquantitativen Mineralbestandes erfolgt mit Hilfe einer Methodenkombination, bestehend aus röntgendiffraktometrischen (RDA) und infrarotspektroskopischen (FTIR) Arbeitsverfahren.

Vor Versuchsbeginn wird das Probenmaterial schonend bei 40 °C getrocknet, repräsentativ geteilt und im Zuge der Probenpräparation werden für die Röntgendiffraktometraufnahmen (RDA) und für die Infrarotspektren (FTIR) folgende Spezialpräparate angefertigt:

1. Pulverpräparate für die Röntgendiffraktometrie (RDA)
2. glycerinbehandelte Pulverpräparate für die Röntgendiffraktometrie (RDA)
3. Kaliumbromid-Tabletten gemäß der KBr-Preßmethode für die Infrarotspektroskopie (FTIR).

Die anschließenden RDA- und FTIR-Messungen werden dabei am Material der Gesamtproben (nicht fraktioniertes Probenmaterial) vorgenommen.

Die röntgendiffraktometrischen Analysen werden an einem BRUKER D2 PHASER Röntgendiffraktometer (Cu-Strahlung) und die Infrarot-Messungen an einem THERMO NICOLET NEXUS 470 FTIR-Spektrometer im Wellenzahlenbereich von 4000 - 400 cm⁻¹ ausgeführt. Bei den FTIR-Messungen werden 32 Scans unter Benutzung eines DTGS Detektors bei einer Auflösung von 4 cm⁻¹ gewählt.

Die Auswertung der Röntgendiffraktometer- und Infrarot-Diagramme erfolgt manuell nach mineralogischen Standardverfahren.

Aufgrund der Methodenkombination aus Röntgendiffraktometrie (RDA) und Infrarotspektroskopie (FTIR) lässt sich bei den Bestimmungen der einzelnen Mineralphasen ein relativer Fehler von kleiner 10 % einhalten.

Die Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität (KAK eff.) zur Beschreibung des Schadstoffrückhaltevermögens erfolgt gemäß DIN EN ISO 11260:2018-11.

Nach der DIN EN ISO 11260 wird die Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität und der Basensättigung unter Verwendung von Bariumchloridlösung vorgenommen.

Dr. rer. nat. Peer-L. Gehlken

Sachverständiger für Geochemie und Mineralogie anorganischer Rohstoffe und deren Produkte

Die Bestimmungen des organischen Kohlenstoffs (TOC) werden nach DIN ISO 10694:1995-03 nach trockener Verbrennung (Elementaranalysen) durchgeführt.

Die Bestimmungen des gesamten Kohlenstoffs (TC) erfolgen nach DIN ISO 10694:1995-03 nach trockener Verbrennung (Elementaranalysen), der anorganische Kohlenstoff (TIC) wird rechnerisch ermittelt.

Die Bestimmungen der Reindichte (Feststoffdichte) erfolgen mittels Heliumpyknometer an dem auf eine Korngröße von $< 63 \mu\text{m}$ gemahlene und homogenisierte Probenmaterial. An jeder Probe wird eine 10-fach Bestimmung durchgeführt.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Mineralogische Zusammensetzung

Wie die in Tabelle 1 zusammengestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, wird in dem hier analysierten Probenmaterial folgende Tonmineral/Phyllosilikat-Paragenese

Illit/dioktaedrischer Glimmer + Illit-Smektit + Smektit + Kaolinit-D + Chlorit

nachgewiesen, wobei die Illit-Smektit-Phasen als unregelmäßige Wechsellagerungen vorliegen.

Tabelle 2: Nachgewiesene Mineralphasen und organische Substanz (Gew. %)

Bohrung / Kernabschnitt	Σ TM/Phyllos.	Il./Gl.	Il.-Sm.	Smektit	Kaol.-D	Chlorit	Quarz	Albit	Kalifsp.	Calcit	Gips	Goethit	org. Subst.
FLS 11 14 - 15 m	52	24	5	7	11	5	33	< 1	< 1	11	< 1	1	1
FLS 11 18 - 19 m	49	25	3	7	10	4	30	< 1	1	14	2	1	2
FLS 14 12 - 13 m	40	20	3	5	8	4	52	1	2	< 1	2	1	1
FLS 14 16 - 17 m	49	24	3	5	13	4	41	< 1	< 1	5	1	1	2

(Σ TM/Phyllos. Summe Tonminerale/Phyllosilikate; Il./Gl. Illit/dioktaedrischer Glimmer (Muskovit – Phengit); Il.-Sm. unregelmäßige Illit-Smektit-Wechsellagerungen; Kaol.-D Kaolinit-D; Kalifsp. Kalifeldspat; org. Subst. organische Substanz)

Hinsichtlich der mengenmäßigen Verteilung der Tonminerale/Phyllosilikate dominieren in dem Untersuchungsmaterial die Illite/dioktaedrischen Glimmer (20 – 25 Gew. %) gegenüber den anderen Tonmineralen/Phyllosilikaten.

Die tonmineralogischen Eigenschaften der untersuchten Proben werden daher in erster Linie von den Illiten/dioktaedrischen Glimmern geprägt.

Illite/dioktaedrische Glimmer sind innerkristallin nicht quellfähige Dreischichtminerale.

Durch Solvationstests mit Glycerin konnte festgestellt werden, dass in den Proben außerdem innerkristallin quellfähige Smektite (5 – 7 Gew. %) und quellfähige Illit-Smektit-Wechselagerungen (3 – 5 Gew. %) vorhanden sind.

Während es sich bei Smektiten um innerkristallin quellfähige Dreischichtminerale handelt, handelt es sich bei den Illit-Smektit-Phasen um unregelmäßige Wechsellagerungen aus dem innerkristallin nicht quellfähigen Dreischichtmineral Illit und dem innerkristallin quellfähigen Dreischichtmineral Smektit.

Außerdem können in dem Probenmaterial fehlgeordnete Kaolinite (Kaolinit-D) (8 – 13 Gew. %) und Chlorite (4 – 5 Gew. %) diagnostiziert werden.

Kaolinite werden als innerkristallin nicht quellfähige Zweischichtminerale klassifiziert und bei Chloriten handelt es sich um innerkristallin nicht quellfähige Dreischichtminerale.

Die tonmineralogischen Eigenschaften der untersuchten Proben werden nicht nur von den Illiten/dioktaedrischen Glimmern, sondern untergeordnet auch von den Smektiten, den unregelmäßigen Illit-Smektit-Wechsellagerungen, den fehlgeordneten Kaoliniten und den Chloriten beeinflusst.

Der Tonmineral-/Phyllosilikatanteil der Gesamtproben beträgt:

$$\Sigma \text{ TM/Phyllosilikate} = 40 - 52 \text{ Gew. \%}.$$

Neben den Tonmineralen/Phyllosilikaten liegen in den Proben das Oxid/Tektosilikat Quarz (30 – 52 Gew. %) und außerdem die Tektosilikate Albit (< 1 – 1 Gew. %) und Kalifeldspat (< 1 – 2 Gew. %) vor.

Darüber hinaus ist in den hier analysierten Proben ein beträchtlich schwankender Karbonatgehalt in Form von Calcit (< 1 – 14 Gew. %) enthalten.

Bemerkenswert ist das Auftreten des wasserhaltigen Sulfatminerals Gips (< 1 – 2 Gew. %).

Die Braunfärbung des Probenmaterials ist auf das Auftreten des Eisenoxidhydroxids Goethit (1 Gew. %) zurückzuführen.

Infrarotspektroskopisch kann in den Proben organische Substanz (1 – 2 Gew. %) nachgewiesen werden.

3.2 Effektive Kationenaustauschkapazität

In den Tabellen 3a – 3n sind die aus dem Bariumchlorid-Extrakt bestimmten effektiven Kationenaustauschkapazitäten (KAK eff.), die austauschbaren Kationen und die Basensättigung der Proben aufgeführt.

Tabelle 3a: Bohrung / Kernabschnitt FLS 11 14 - 15 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	20
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	4,6
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,7
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,13
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	24
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	26,4

Tabelle 3b: Bohrung / Kernabschnitt FLS 11 18 - 19 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	21
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	3,8
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,2
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,11
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	17
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	26,1

Tabelle 3c: Bohrung / Kernabschnitt FLS 14 12 - 13 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	11
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	3,6
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,2
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,092
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	14
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	15,9

Tabelle 3d: Bohrung / Kernabschnitt FLS 14 16 - 17 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	14
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	5,2
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,6
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,11
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	18
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	20,9

Tabelle 3e: Bohrung / Kernabschnitt FLS 3 20,2 - 21,6 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	28
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	6,2
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,9
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,093
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	25
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	36,2

Tabelle 3f: Bohrung / Kernabschnitt FLS 3 21,6 - 22,6 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	7,7
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	4,6
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,4
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,10
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	13
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	13,8

Tabelle 3g: Bohrung / Kernabschnitt FLS 3 22,6 - 23,0 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	12
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	7,9
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,8
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,14
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	5,2
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	21,8

Tabelle 3h: Bohrung / Kernabschnitt FLS 11 19,2 - 19,65 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	3,4
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	4,9
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,0
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,11
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	9,2
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	9,4

Tabelle 3i: Bohrung / Kernabschnitt FLS 11 20,2 - 21,55 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	11
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	3,7
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,3
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,11
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	9,5
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	16,1

Tabelle 3j: Bohrung / Kernabschnitt FLS 11 21,55 - 22,0 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	15
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	5,4
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	2,0
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,13
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	17
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	22,5

Tabelle 3k: Bohrung / Kernabschnitt FLS 14 21,05 - 21,55 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	24
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	5,1
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,5
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,10
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	21
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	30,7

Tabelle 3l: Bohrung / Kernabschnitt FLS 14 21,55 - 22,0 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	13
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	3,8
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,3
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,086
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	9,0
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	18,2

Tabelle 3m: Bohrung / Kernabschnitt FLS 20 17,9 - 19,15 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	18
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	4,1
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,7
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,066
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	16
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	23,9

Tabelle 3n: Bohrung / Kernabschnitt FLS 20 19,8 - 20,5 m
Bestimmung aus dem Bariumchlorid-Extrakt

Parameter	Einheit	Methode	
Calcium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	10
Magnesium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	5,4
Kalium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	1,7
Natrium, effektiv austauschbar	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	0,082
Kationenaustauschkapazität, effektiv	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	10
Summe eff. austauschb. Kationen (Basensättigung)	cmol+/kg	DIN EN ISO 11260:2018-11	17,2

3.3 Organischer Kohlenstoff (TOC), Gesamtkohlenstoff (TC) und anorganischer Kohlenstoff (TIC)

In Tabelle 4a sind die Gehalte an organischem Kohlenstoff (TOC) der 4 Proben, die aus den Teufen, in denen die damalige Tagebausohle vermutet wird, entnommen worden sind, aufgeführt.

Tabelle 4a: Organischer Kohlenstoff, gesamt (% TS)

Bohrung / Kernabschnitt	TOC (DIN ISO 10694)
FLS 11 / 14 - 15 m	0,60
FLS 11 / 18 - 19 m	0,89
FLS 14 / 12 - 13 m	0,71
FLS 14 / 16 - 17 m	0,88

Tabelle 4b enthält die in den 10 darüber hinaus analysierten Proben vorliegenden Gehalte an organischem Kohlenstoff (TOC), Gesamtkohlenstoff (TC) und anorganischem Kohlenstoff (TIC).

Tabelle 4b: Organischer Kohlenstoff, Gesamtkohlenstoff (TC) und anorganischer Kohlenstoff (TIC) (% TS)

Bohrung / Kernabschnitt	TOC (DIN ISO 10694)	TC (DIN ISO 10694)	TIC (berechnet)
FLS 3 / 20,2 - 21,6 m	0,90	3,03	2,13
FLS 3 / 21,6 - 22,6 m	0,62	0,70	0,08
FLS 3 / 22,6 - 23,0 m	0,63	0,72	0,09
FLS 11 / 19,2 - 19,65 m	0,57	0,61	0,04
FLS 11 / 20,2 - 21,55 m	0,61	0,84	0,23
FLS 11 / 21,55 - 22,0 m	1,01	1,69	0,68
FLS 14 / 21,05 - 21,55 m	0,78	2,90	2,12
FLS 14 / 21,55 - 22,0 m	0,60	1,33	0,73
FLS 20 / 17,9 - 19,15 m	0,89	2,82	1,93
FLS 20 / 19,8 - 20,5 m	0,64	0,71	0,07

3.4 Reindichte (Feststoffdichte) mittels Heliumpyknometer

In Tabelle 5 sind die mittels Heliumpyknometer ermittelten Reindichten (Feststoffdichten) aufgeführt.

An jeder Probe wurde eine 10-fach Bestimmung durchgeführt.

Tabelle 5: Die mittels Heliumpyknometer ermittelten Reindichten (Feststoffdichten)

Bohrung / Kernabschnitt	Reindichte (Feststoffdichte) [g/cm ³]	Standardabweichung [g/cm ³]
FLS 3 / 20,2 - 21,6 m	2,643	0,001
FLS 3 / 21,6 - 22,6 m	2,654	0,001
FLS 3 / 22,6 - 23,0 m	2,665	0,001
FLS 11 / 19,2 - 19,65 m	2,652	0,001
FLS 11 / 20,2 - 21,55 m	2,626	< 0,001
FLS 11 / 21,55 - 22,0 m	2,614	0,001
FLS 14 / 21,05 - 21,55 m	2,630	< 0,001
FLS 14 / 21,55 - 22,0 m	2,611	< 0,001
FLS 20 / 17,9 - 19,15 m	2,640	0,001
FLS 20 / 19,8 - 20,5 m	2,631	< 0,001

4. Beurteilung

4.1 Beurteilung des Schadstoffrückhaltevermögens

Die tonigen Proben FLS 11 / 14 - 15 m, FLS 3 / 20,2 - 21,6 m und FLS 14 / 21,05 - 21,55 m besitzen aufgrund ihrer nachgewiesenen bzw. vermuteten hohen Tonmineralgehalte der Gesamtproben und der hohen effektiven Kationenaustauschkapazitäten (21 - 25 cmol+/kg) günstige Eigenschaften hinsichtlich des Schadstoffrückhaltevermögens.

Die tonigen Materialproben FLS 11 / 18 - 19 m, FLS 14 / 12 - 13 m, FLS 14 / 16 - 17 m, FLS 3 / 21,6 - 22,6 m, FLS 11 / 21,55 - 22,0 m und FLS 20 / 17,9 - 19,15 m besitzen aufgrund ihrer nachgewiesenen bzw. vermuteten hohen Tonmineralgehalte der Gesamtproben und der relativ hohen effektiven Kationenaustauschkapazitäten (13 - 18 cmol+/kg) relativ günstige Eigenschaften hinsichtlich des Schadstoffrückhaltevermögens.

Auch die Proben FLS 11 / 19,2 - 19,65 m, FLS 11 / 20,2 - 21,55 m, FLS 14 / 21,55 - 22,0 m und FLS 20 / 19,8 - 20,5 m weisen aufgrund ihrer vermuteten hohen Tonmineralgehalte der Gesamtproben und der moderaten effektiven Kationenaustauschkapazitäten (9,0 - 10 cmol+/kg) noch relativ günstige Eigenschaften hinsichtlich des Schadstoffrückhaltevermögens auf.

Lediglich das Material FLS 3 / 22,6 - 23,0 m besitzt aufgrund der niedrigen effektiven Kationenaustauschkapazität (5,2 cmol+/kg) keine günstige Eigenschaften hinsichtlich des Schadstoffrückhaltevermögens.

Insgesamt wirkt sich auch das in den Proben nachgewiesene bzw. vermutete Karbonatmineral Calcit auf die Bindung von Schwermetallionen positiv aus, da Karbonate zur Bildung von Karbonat- und Hydroxokomplexen führen, die an Tonmineraloberflächen adsorbiert werden.

Ebergötzen, den 23. September 2022

(Dr. Peer-L. Gehlken)

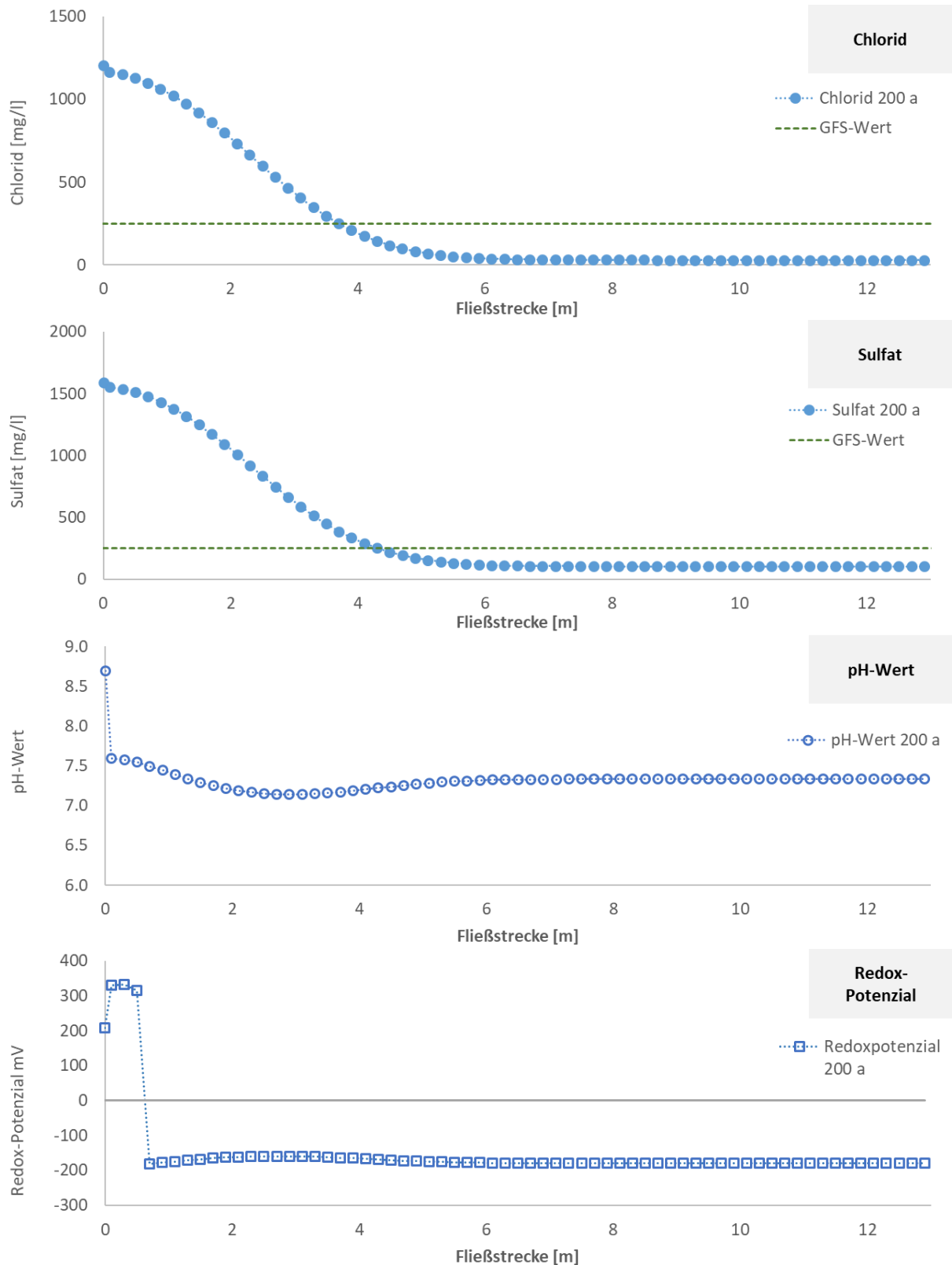


Abbildung 1: Konzentrationsentwicklung von Chlorid und Sulfat sowie Entwicklung des pH-Wertes und des Redox-Potenzials entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

Anlage 7.3.1

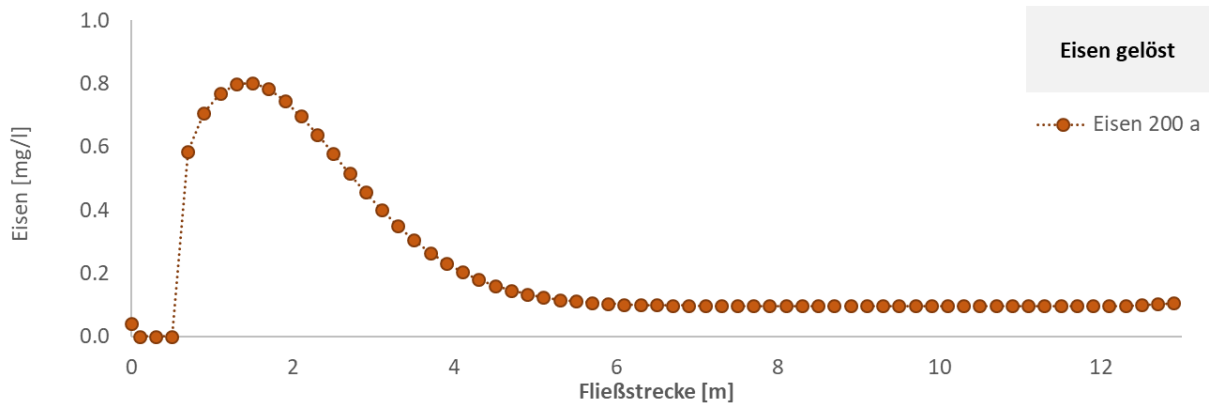


Abbildung 2: Konzentrationsentwicklung von Eisen entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

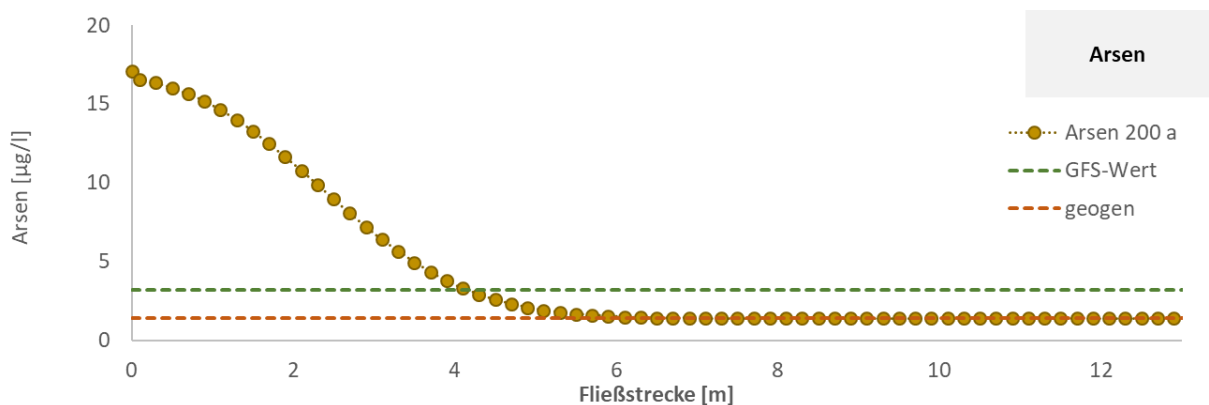


Abbildung 3: Konzentrationsentwicklung von Arsen entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

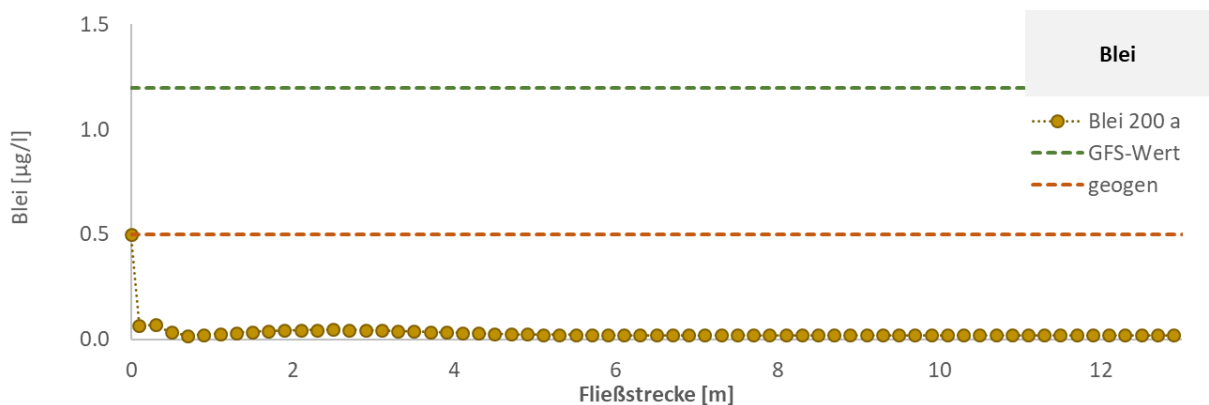


Abbildung 4: Konzentrationsentwicklung von Blei entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

Anlage 7.3.1

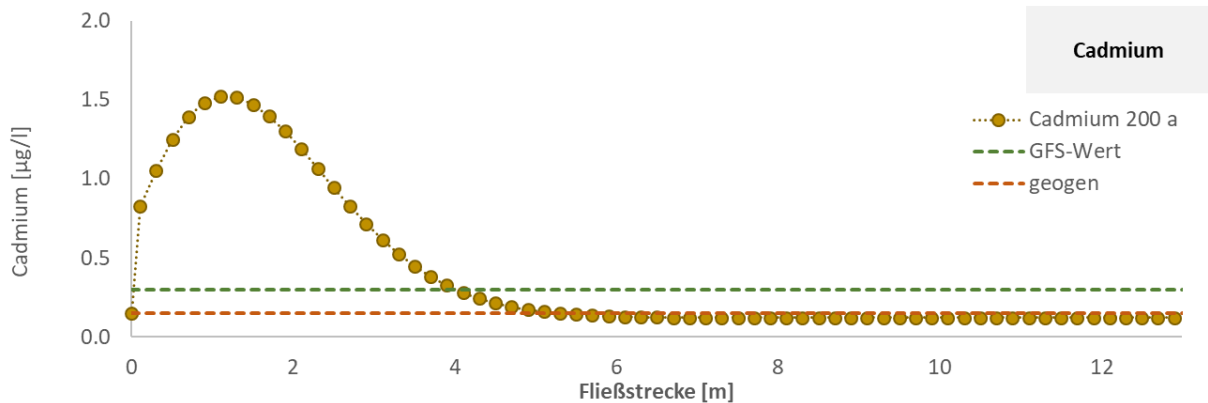


Abbildung 5: Konzentrationsentwicklung von Cadmium entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

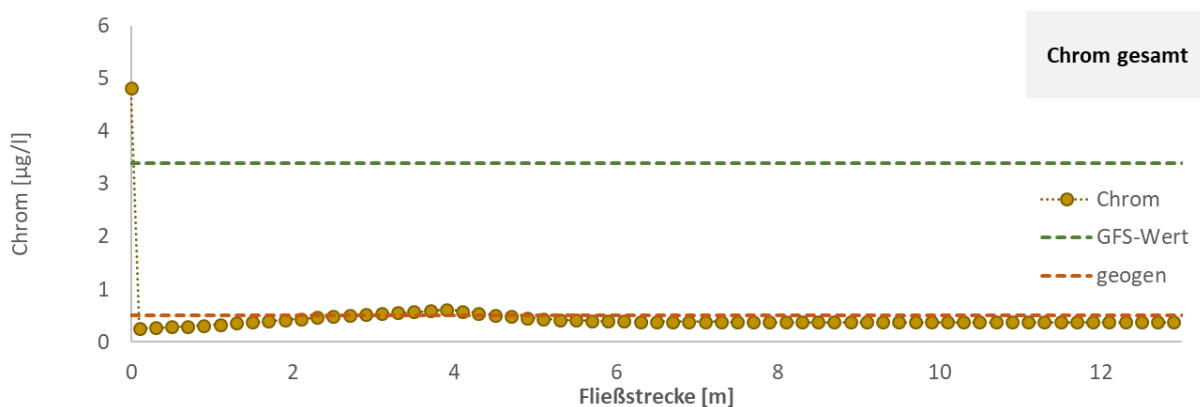


Abbildung 6: Konzentrationsentwicklung von Chrom gesamt entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

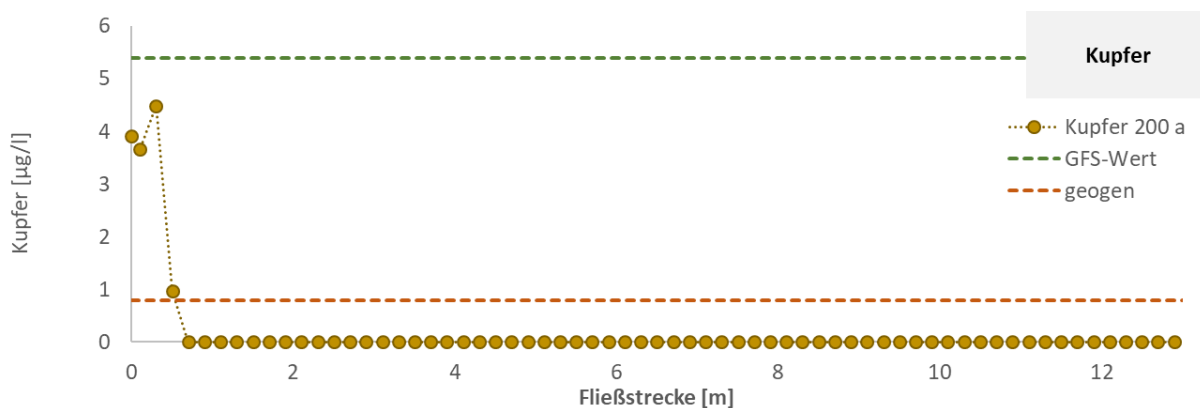


Abbildung 7: Konzentrationsentwicklung von Kupfer entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

Anlage 7.3.1

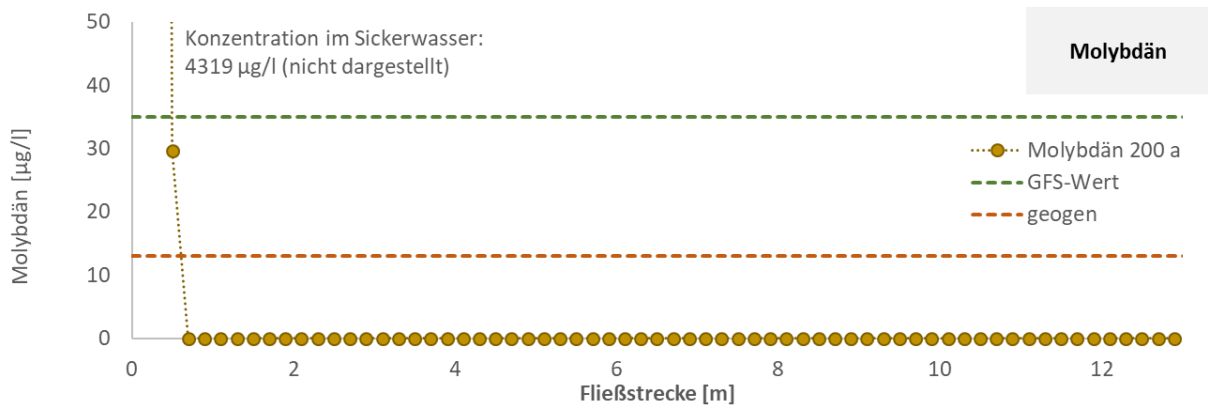


Abbildung 8: Konzentrationsentwicklung von Molybdän entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

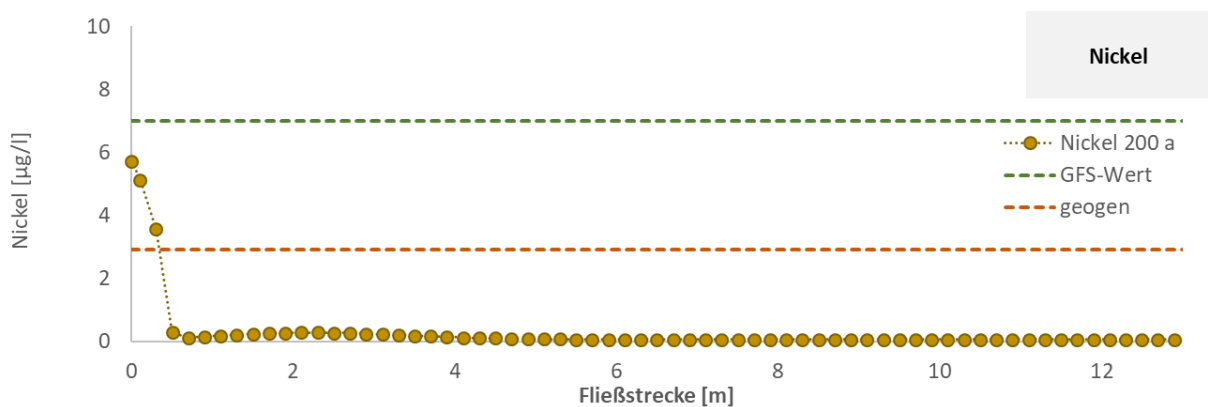


Abbildung 9: Konzentrationsentwicklung von Nickel entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

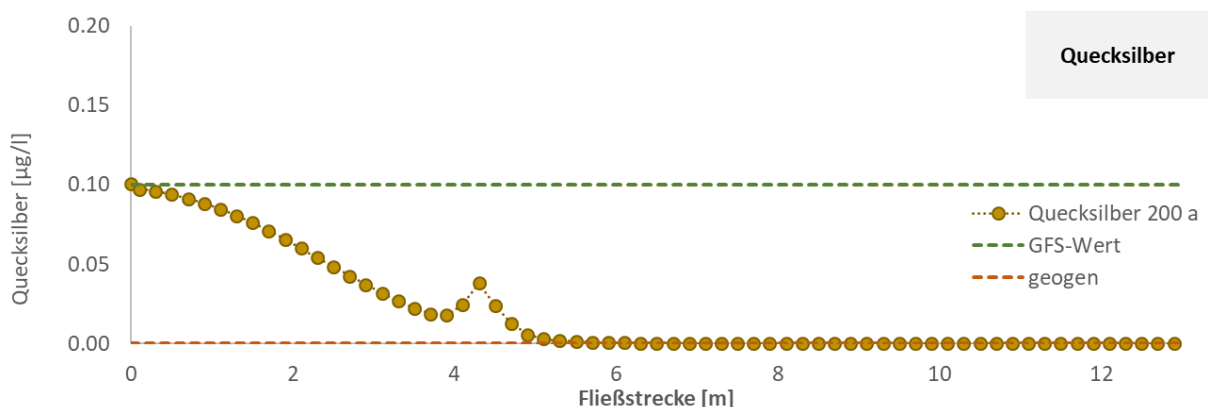


Abbildung 10: Konzentrationsentwicklung von Quecksilber entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

Anlage 7.3.1

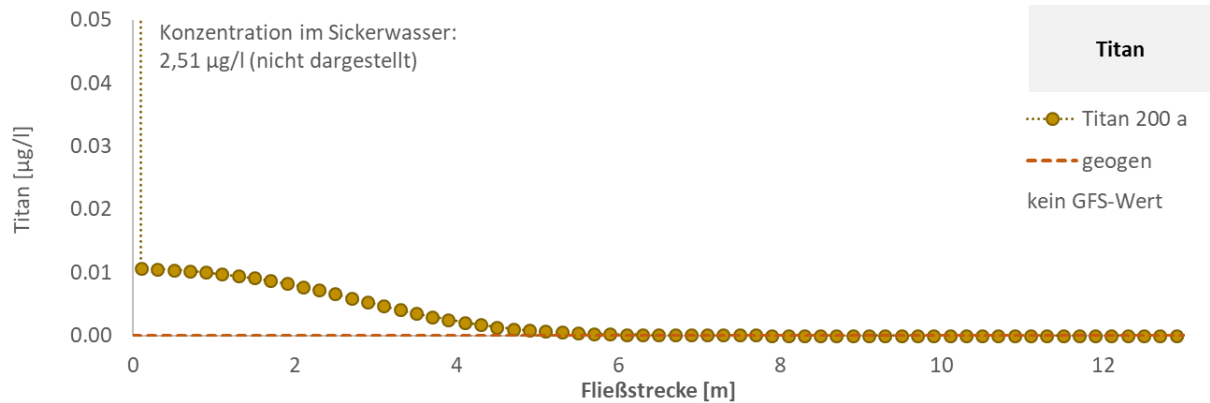


Abbildung 11: Konzentrationsentwicklung von Titan entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

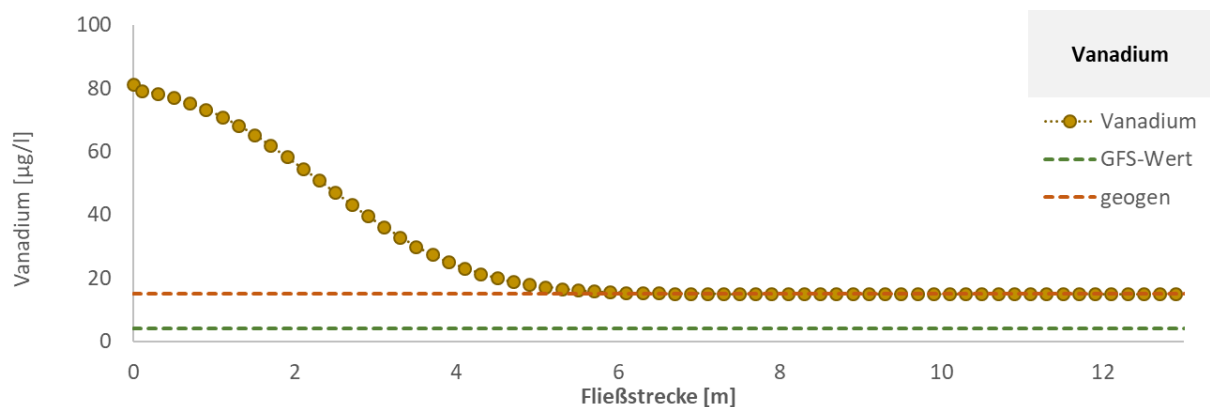


Abbildung 12: Konzentrationsentwicklung von Vanadium entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

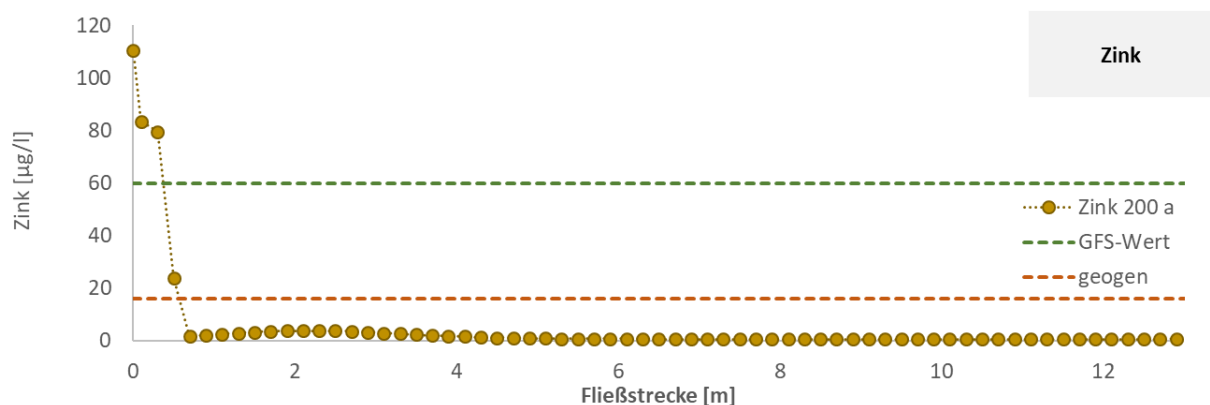


Abbildung 13: Konzentrationsentwicklung von Zink entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

Anlage 7.3.1

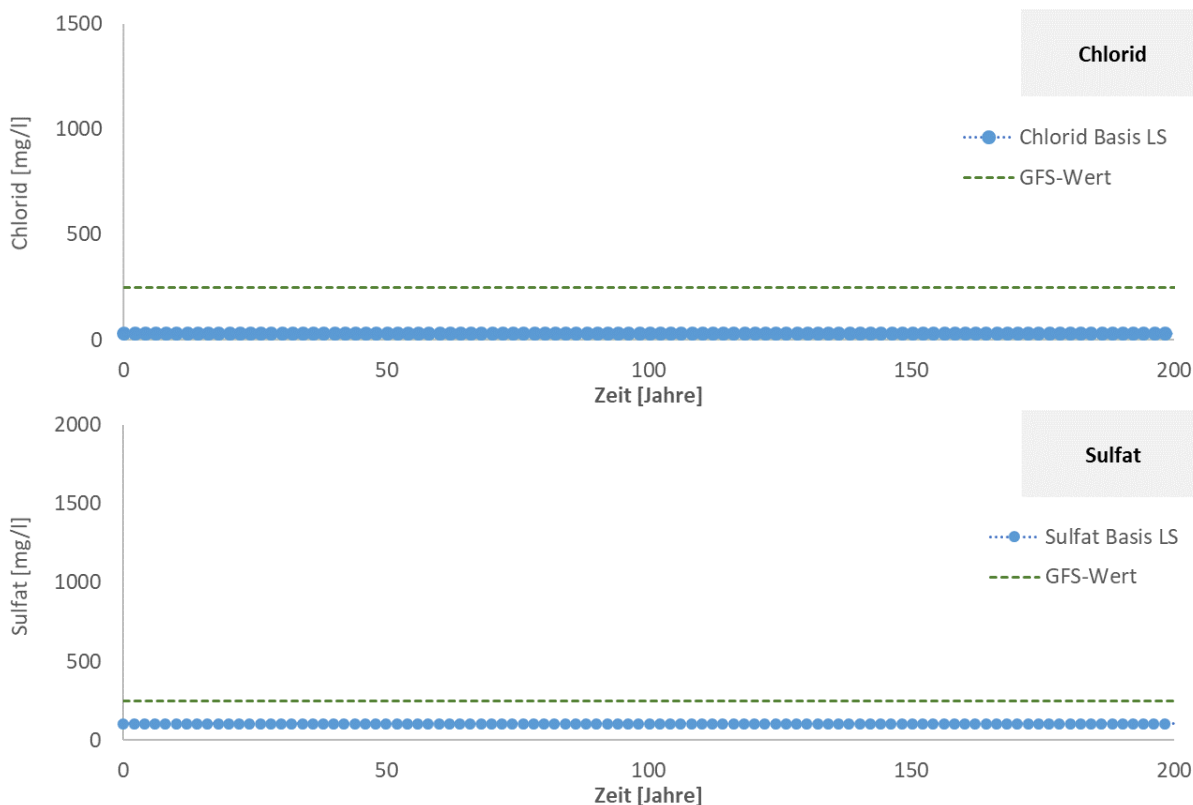


Abbildung 1: Konzentrationsentwicklung von Chlorid und Sulfat am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Linforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

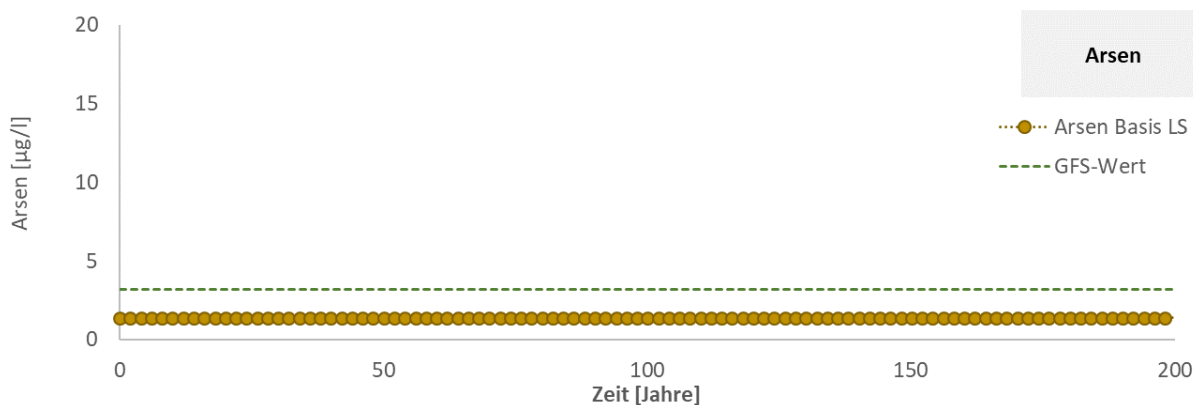


Abbildung 2: Konzentrationsentwicklung von Arsen am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Linforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

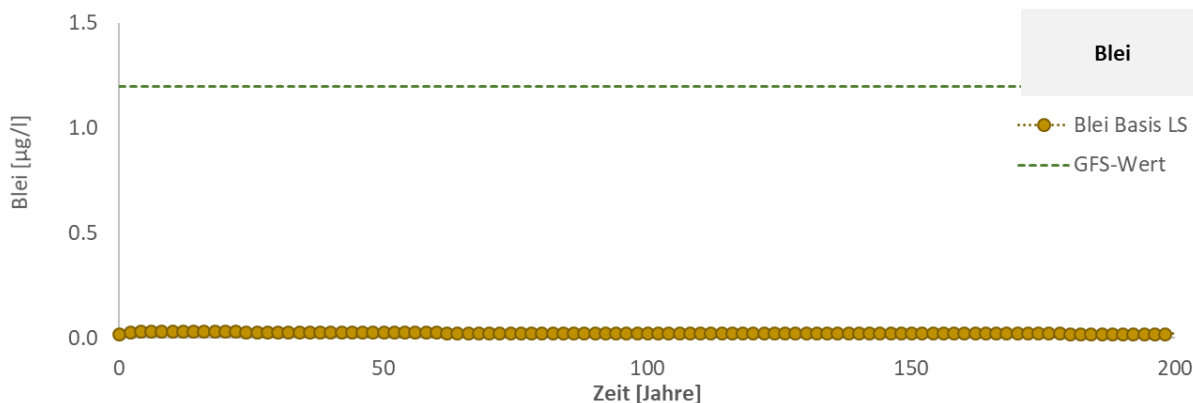


Abbildung 3: Konzentrationsentwicklung von Blei am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

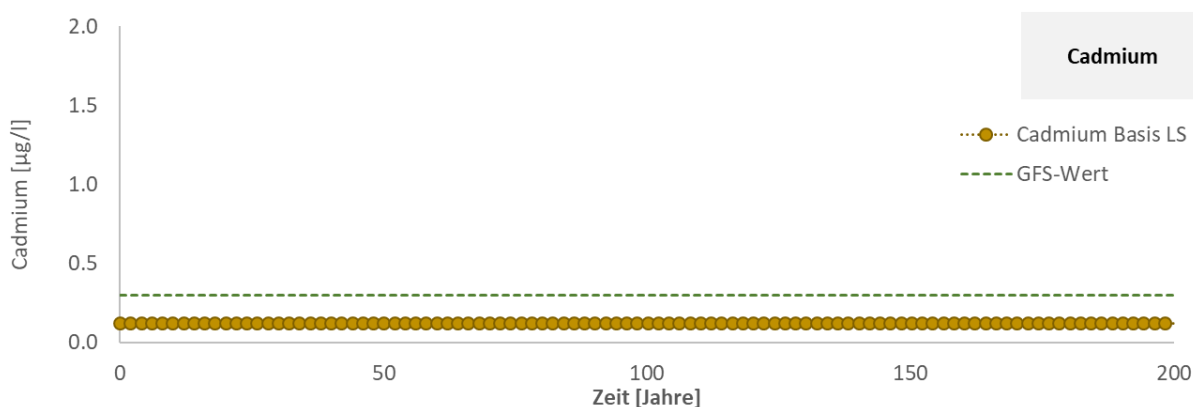


Abbildung 4: Konzentrationsentwicklung von Cadmium am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

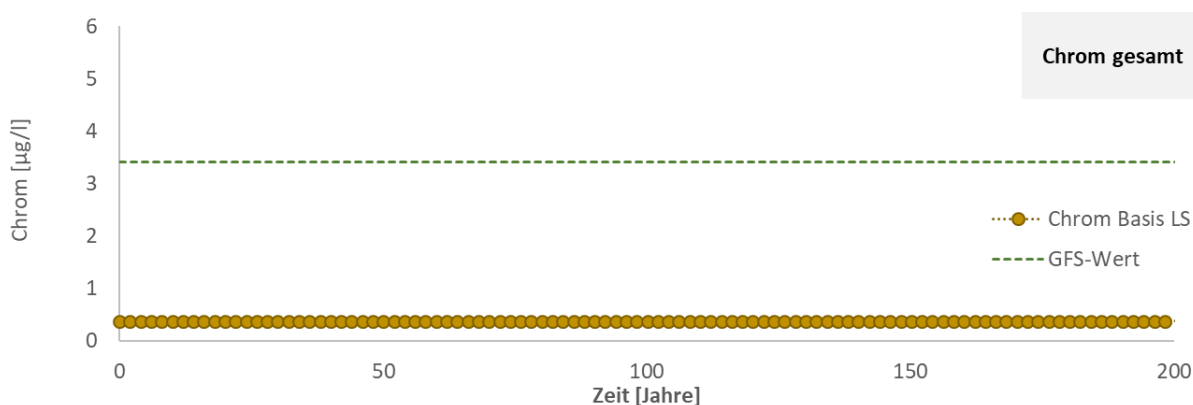


Abbildung 5: Konzentrationsentwicklung von Chrom gesamt am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

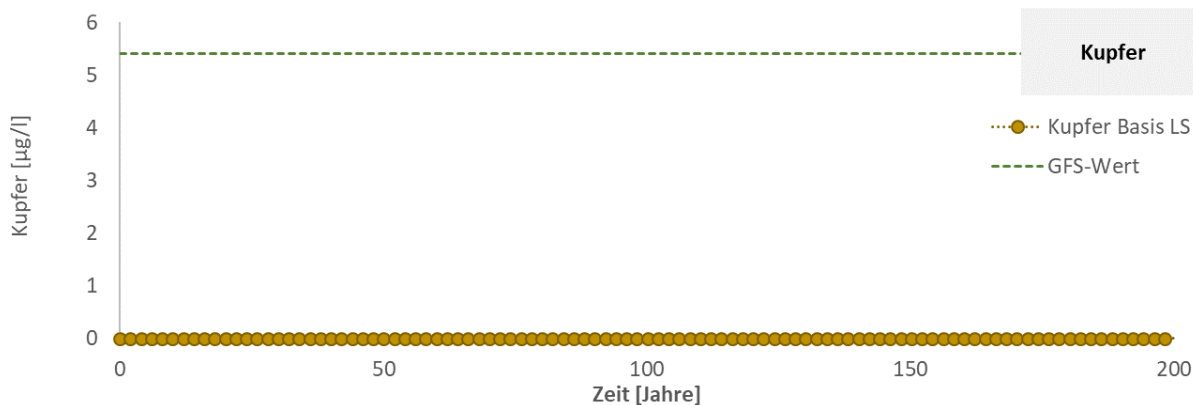


Abbildung 6: Konzentrationsentwicklung von Kupfer am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

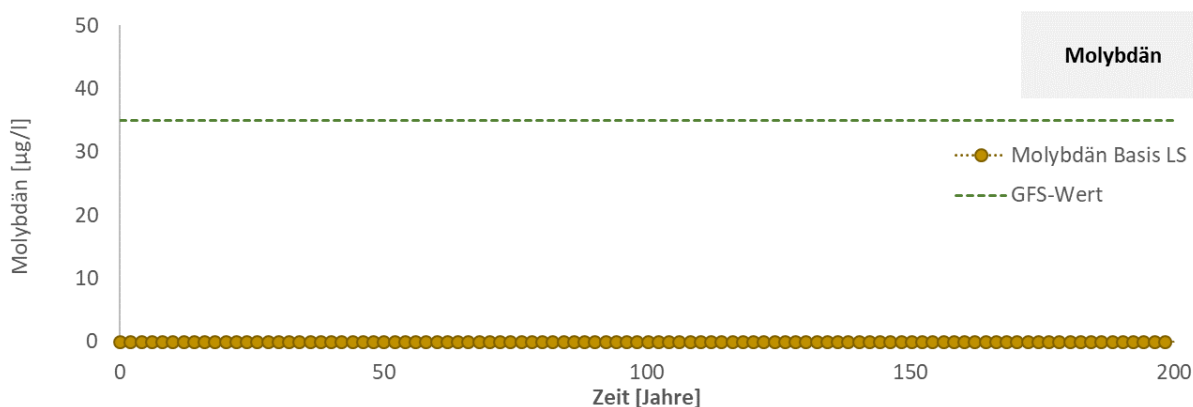


Abbildung 7: Konzentrationsentwicklung von Molybdän am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

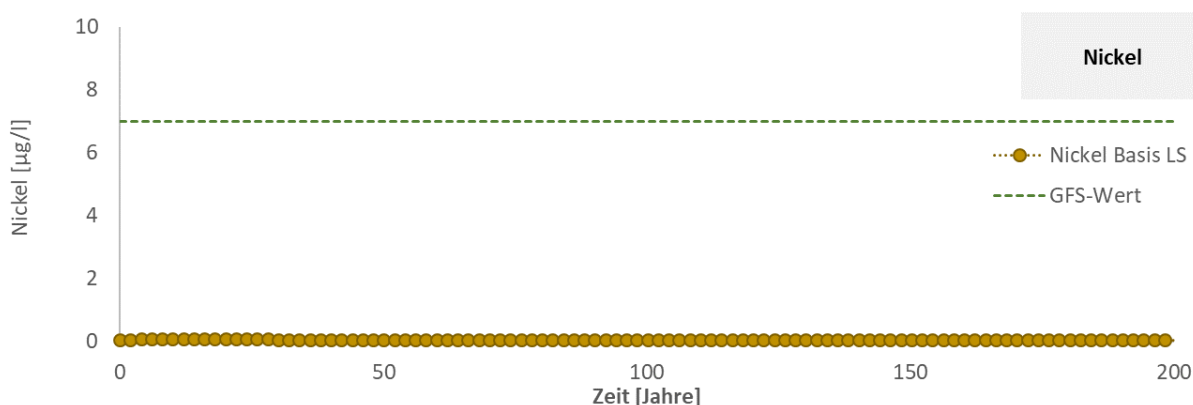


Abbildung 8: Konzentrationsentwicklung von Nickel am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

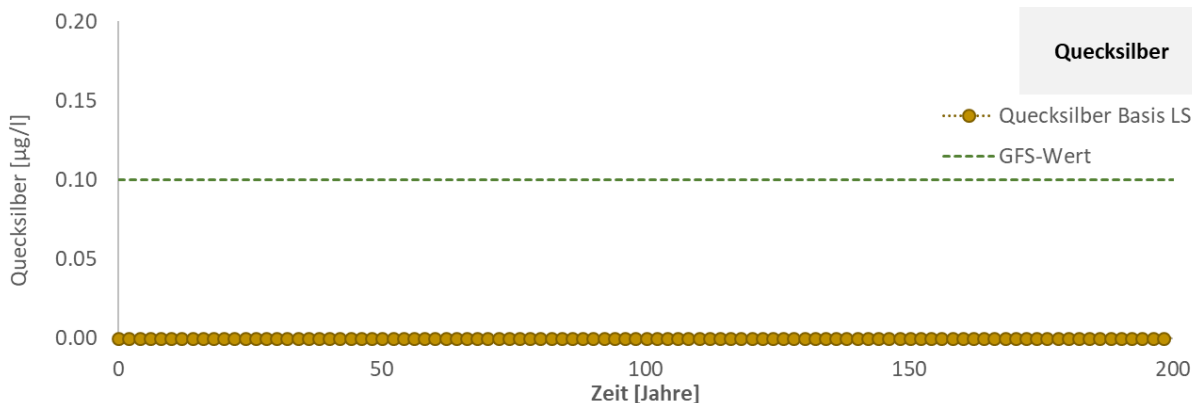


Abbildung 9: Konzentrationsentwicklung von Quecksilber am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

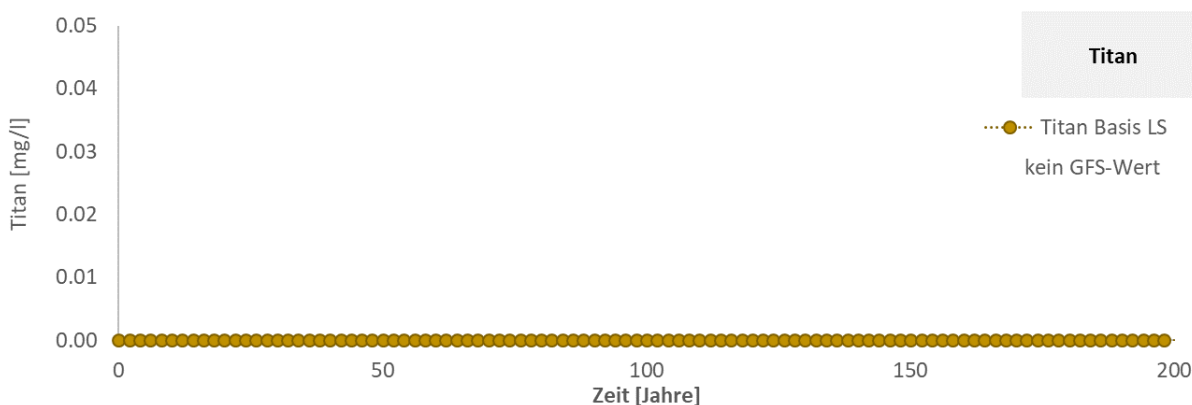


Abbildung 10: Konzentrationsentwicklung von Titan am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

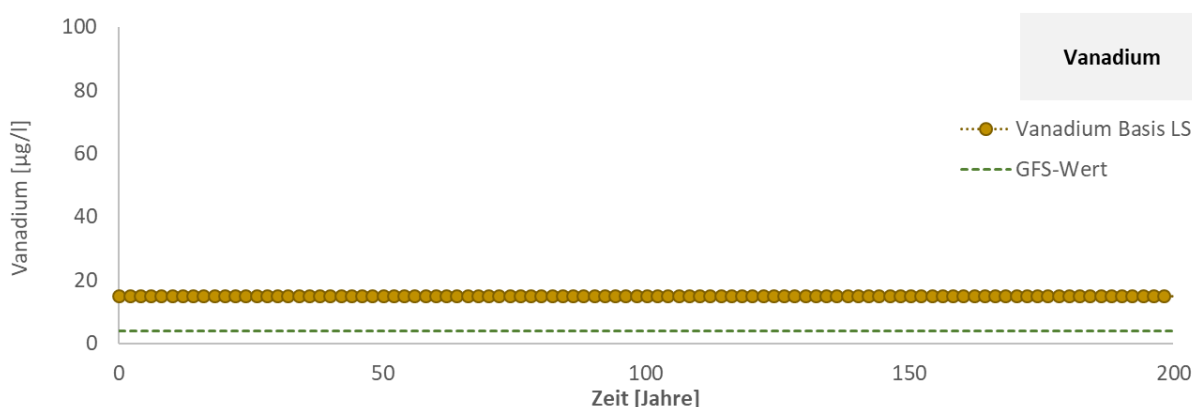


Abbildung 11: Konzentrationsentwicklung von Vanadium am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

Anlage 7.3.2

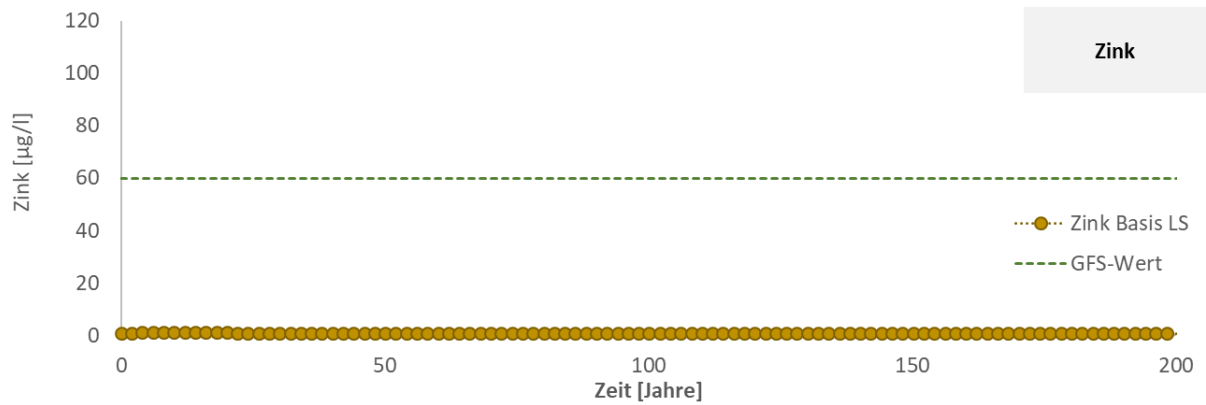


Abbildung 12: Konzentrationsentwicklung von Zink am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen des Schachtes C.

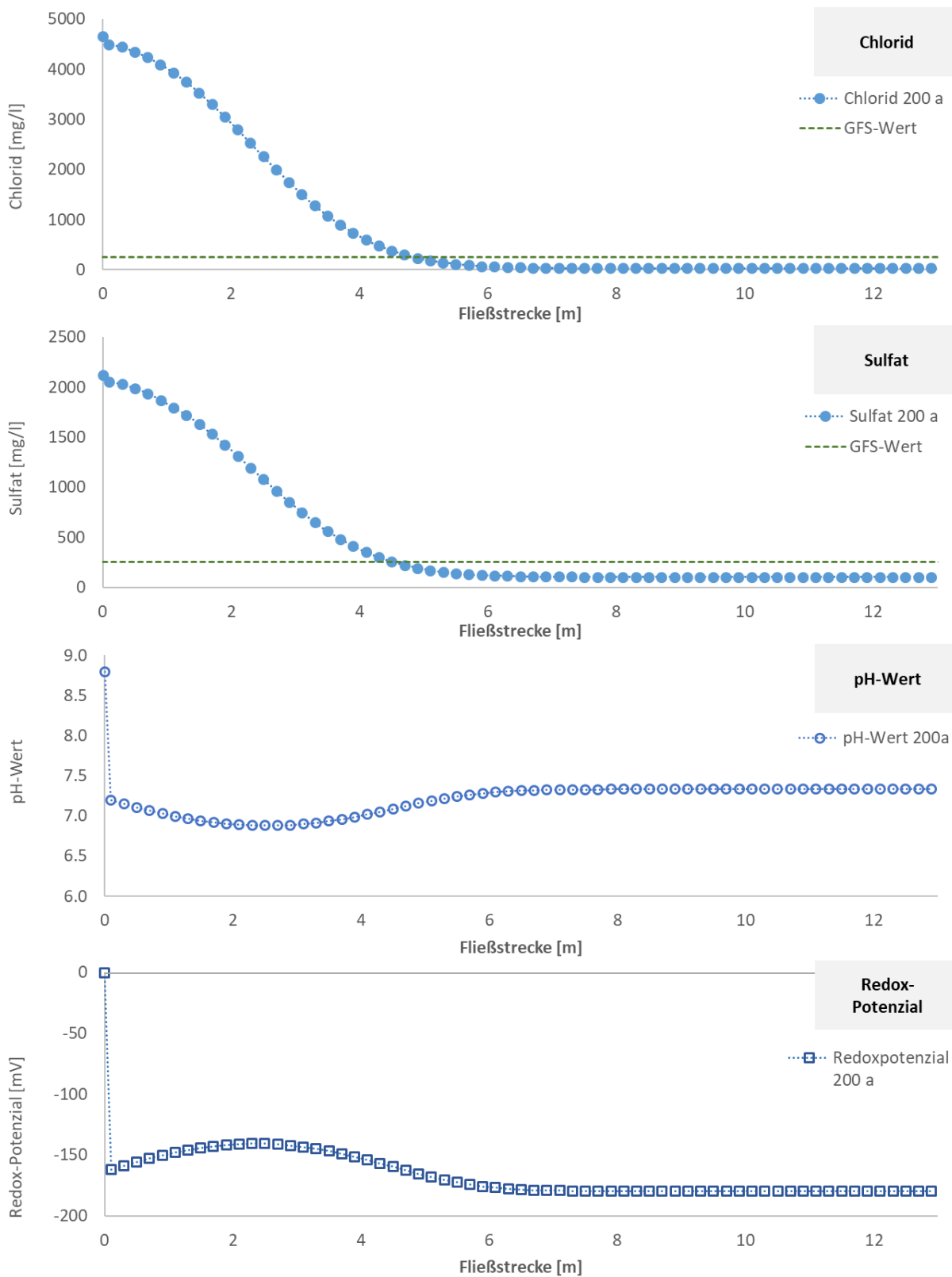


Abbildung 1: Konzentrationsentwicklung von Chlorid und Sulfat sowie Entwicklung des pH-Wertes und des Redox-Potenzials entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

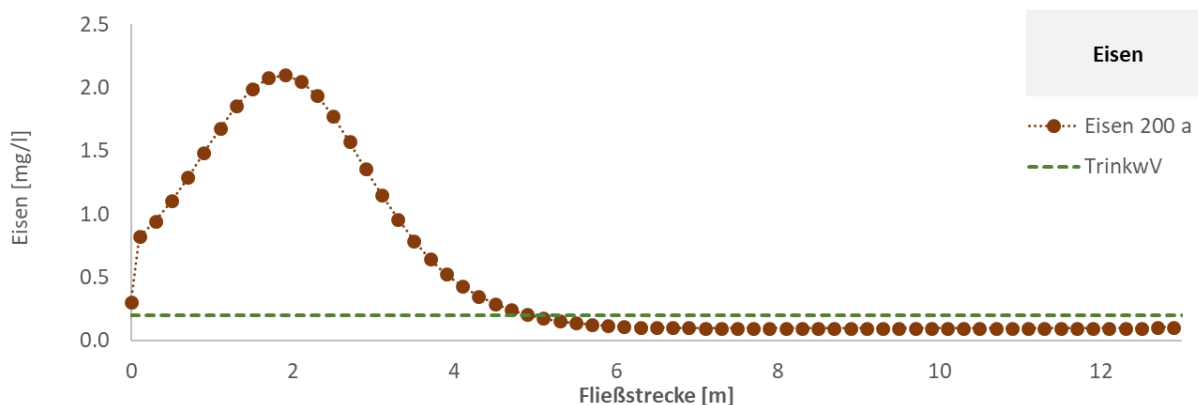


Abbildung 2: Konzentrationsentwicklung von Eisen entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

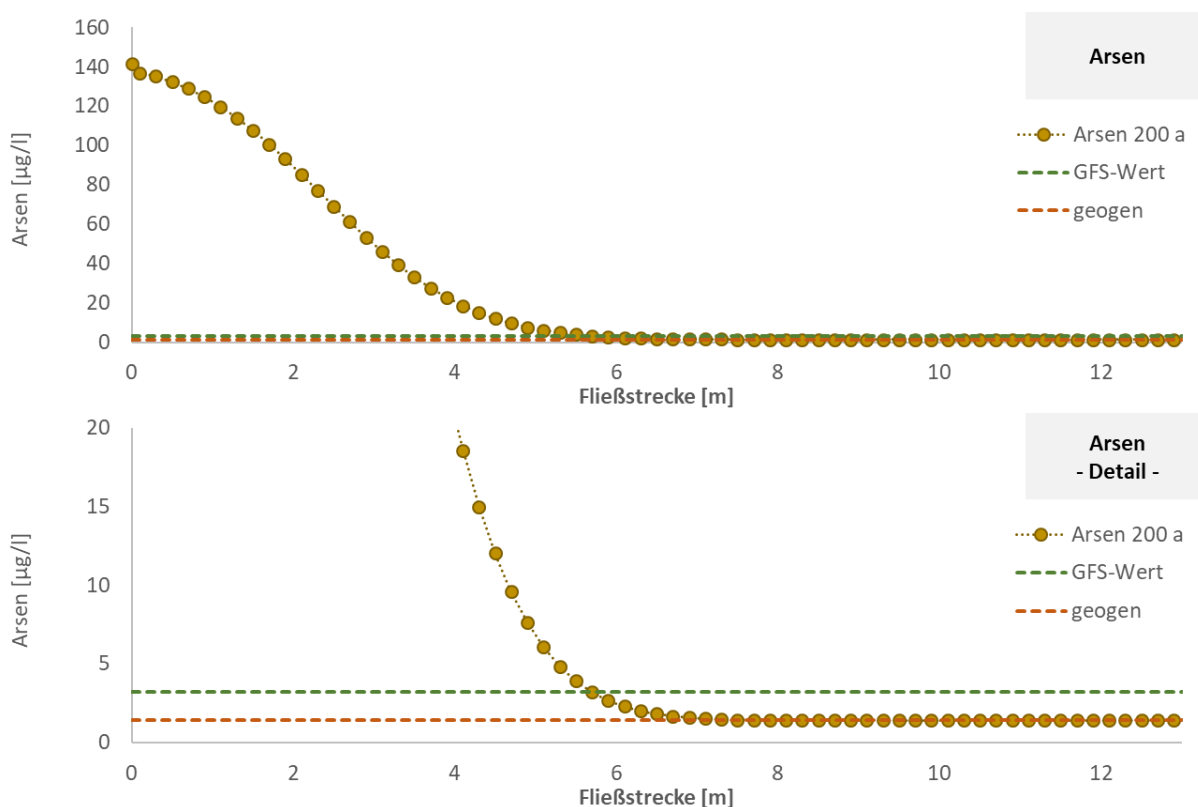


Abbildung 3: Konzentrationsentwicklung von Arsen entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Dargestellt über den gesamten Konzentrationsbereich (oben) sowie als Detail mit auf 20 µg/l reduzierter y-Achse (unten). Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

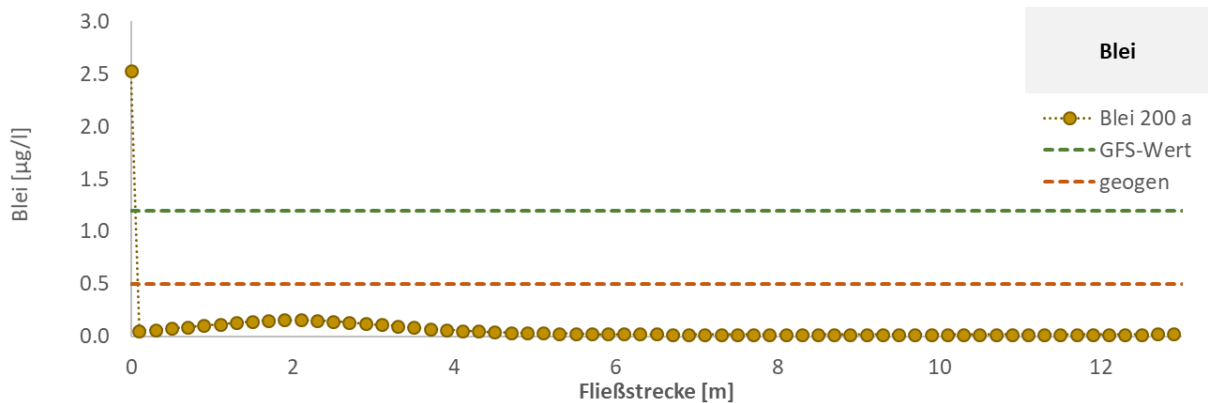


Abbildung 4: Konzentrationsentwicklung von Blei entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

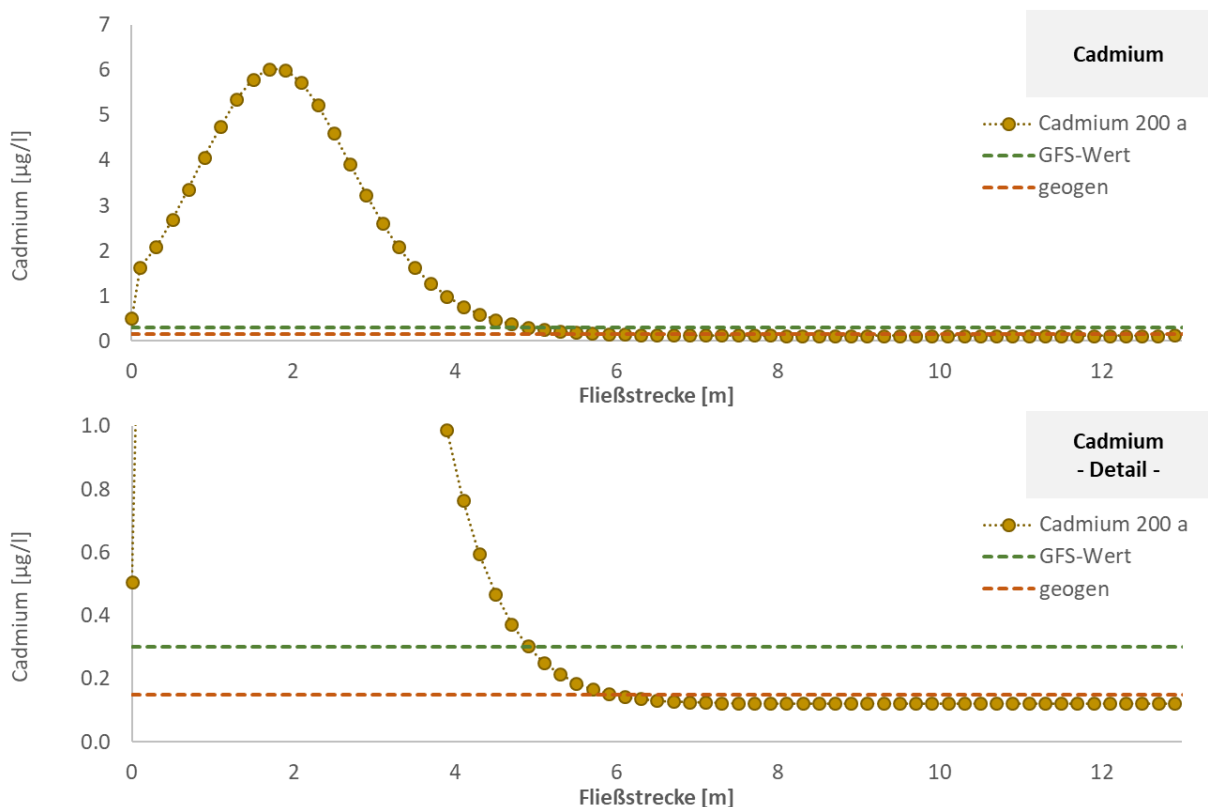


Abbildung 5: Konzentrationsentwicklung von Cadmium entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Dargestellt über den gesamten Konzentrationsbereich (oben) sowie als Detail mit auf 1,0 µg/l reduzierter y-Achse (unten). Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

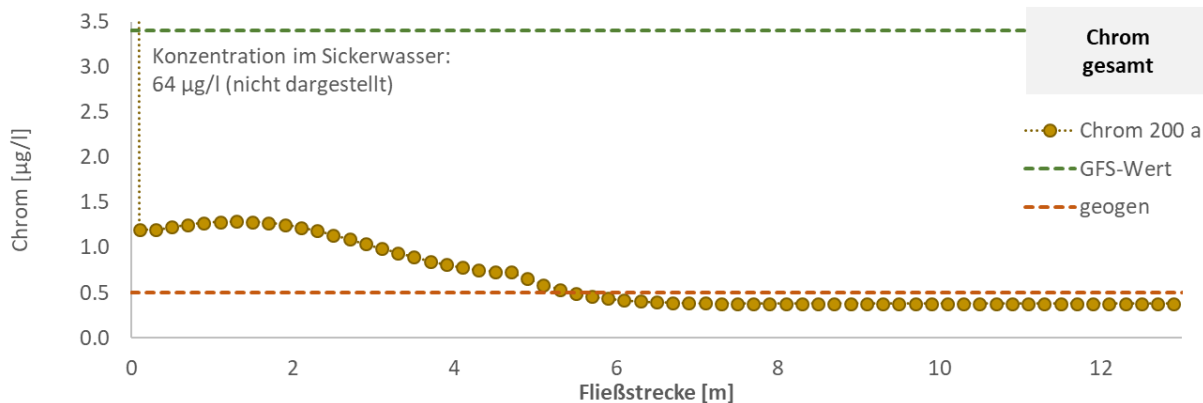


Abbildung 6: Konzentrationsentwicklung von Chrom gesamt entlang der Fließstrecke der Linforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

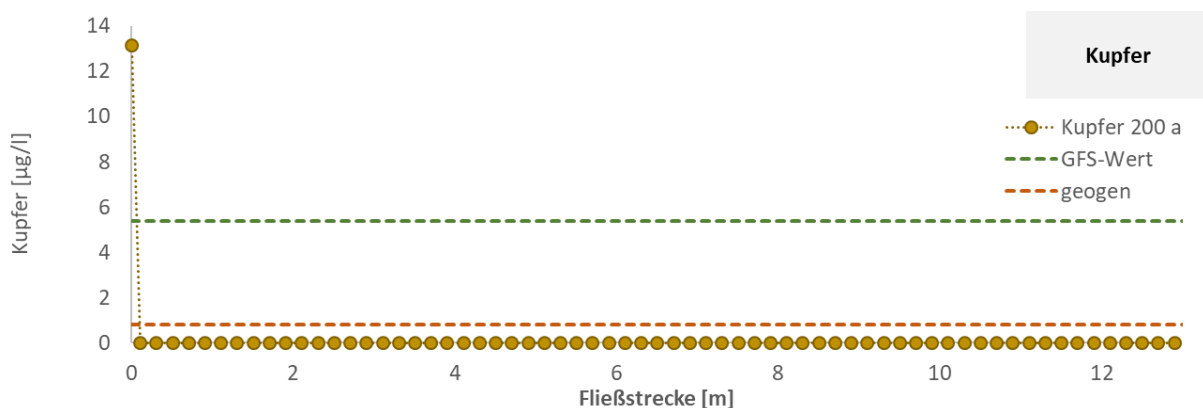


Abbildung 7: Konzentrationsentwicklung von Kupfer entlang der Fließstrecke der Linforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

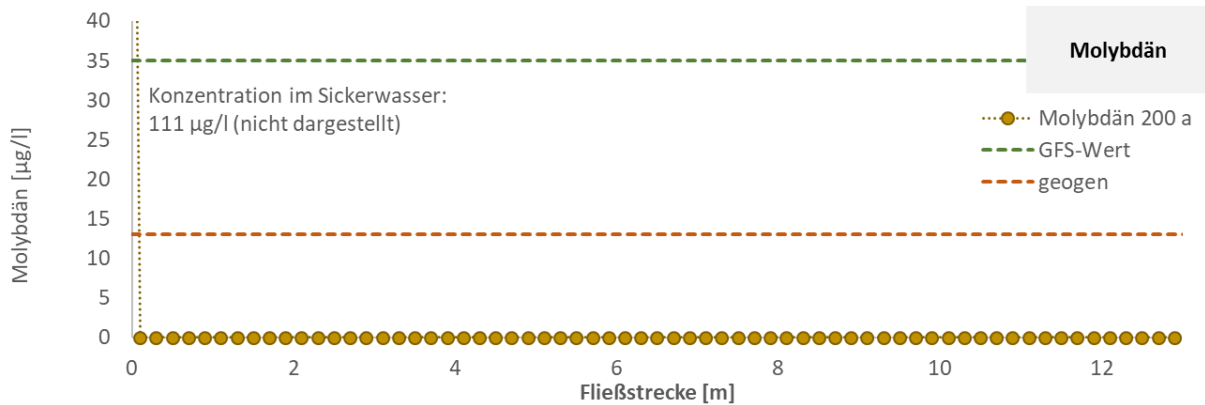


Abbildung 8: Konzentrationsentwicklung von Molybdän entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

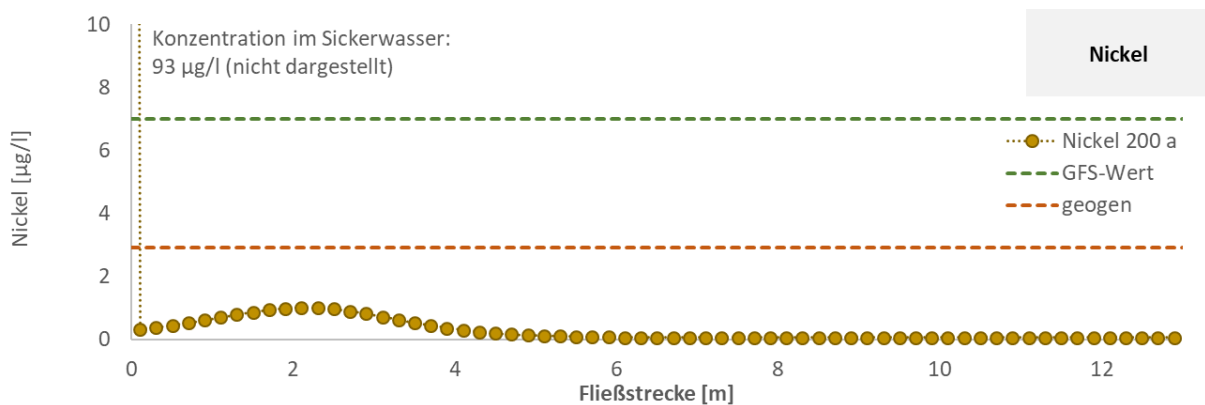


Abbildung 9: Konzentrationsentwicklung von Nickel entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

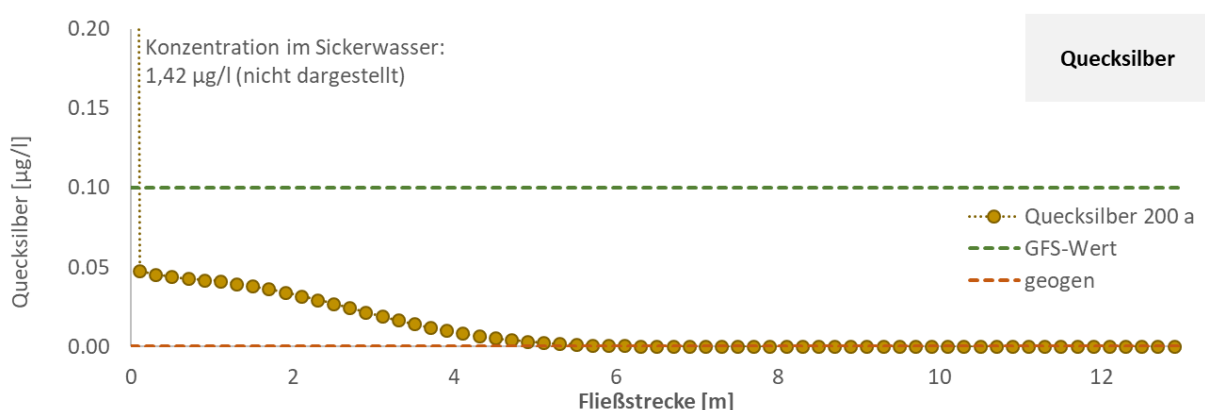


Abbildung 10: Konzentrationsentwicklung von Quecksilber entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

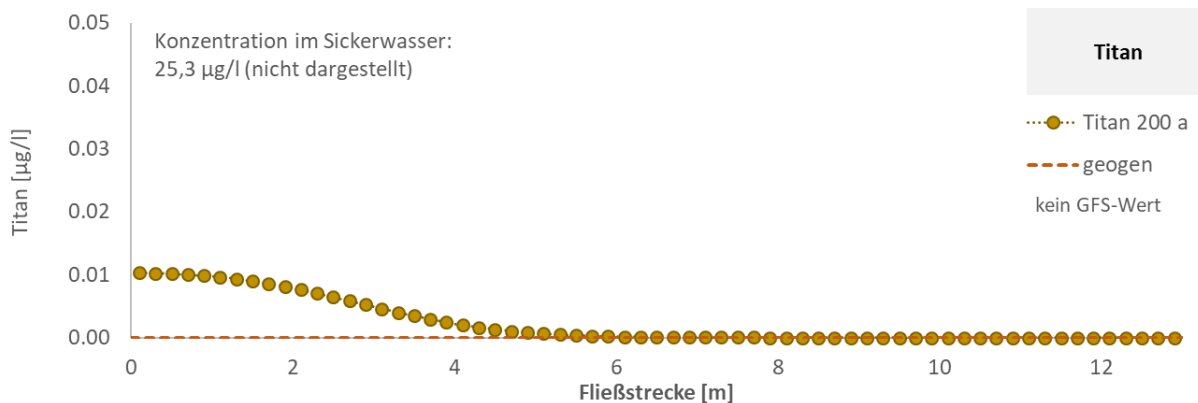


Abbildung 11: Konzentrationsentwicklung von Titan entlang der Fließstrecke der Linforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

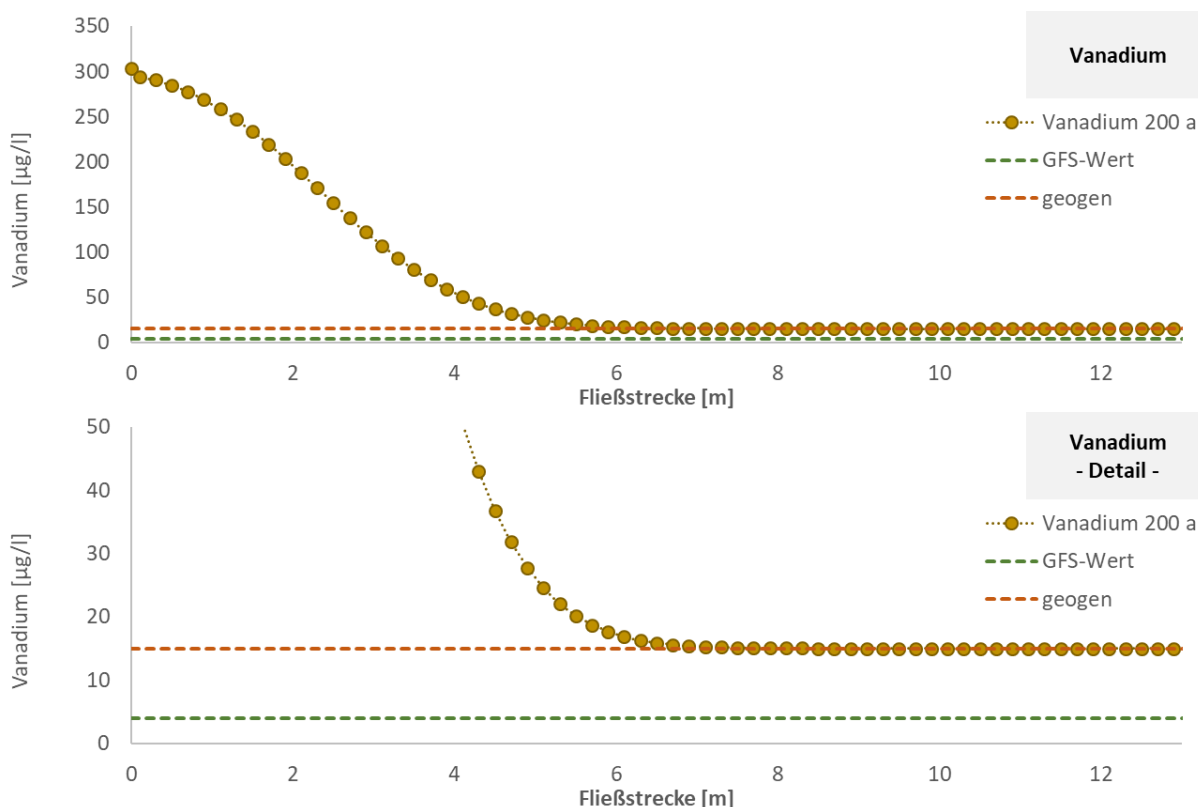


Abbildung 12: Konzentrationsentwicklung von Vanadium entlang der Fließstrecke der Linforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Dargestellt über den gesamten Konzentrationsbereich (oben) sowie als Detail mit auf 20 µg/l reduzierter y-Achse (unten). Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

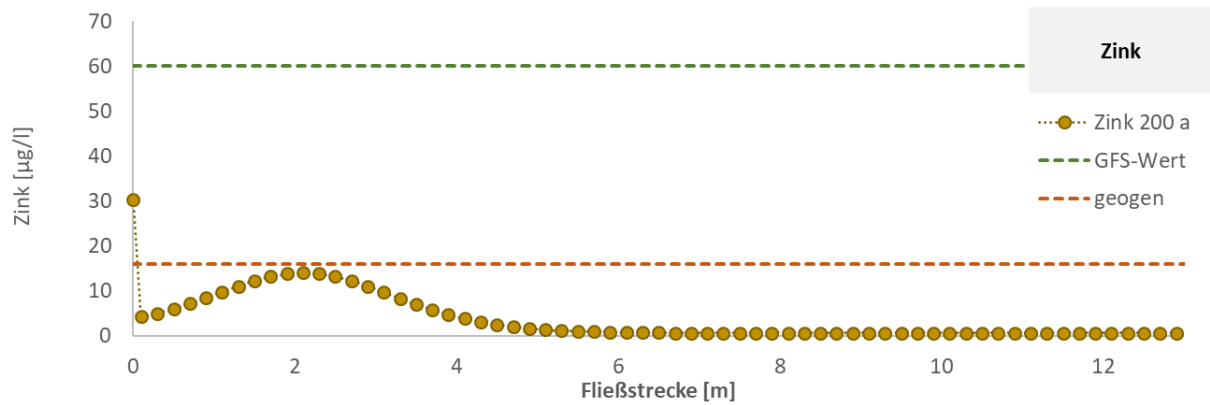


Abbildung 13: Konzentrationsentwicklung von Zink entlang der Fließstrecke der Lintforter Schichten nach einer Eintragsdauer von 200 Jahren. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen auf der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren

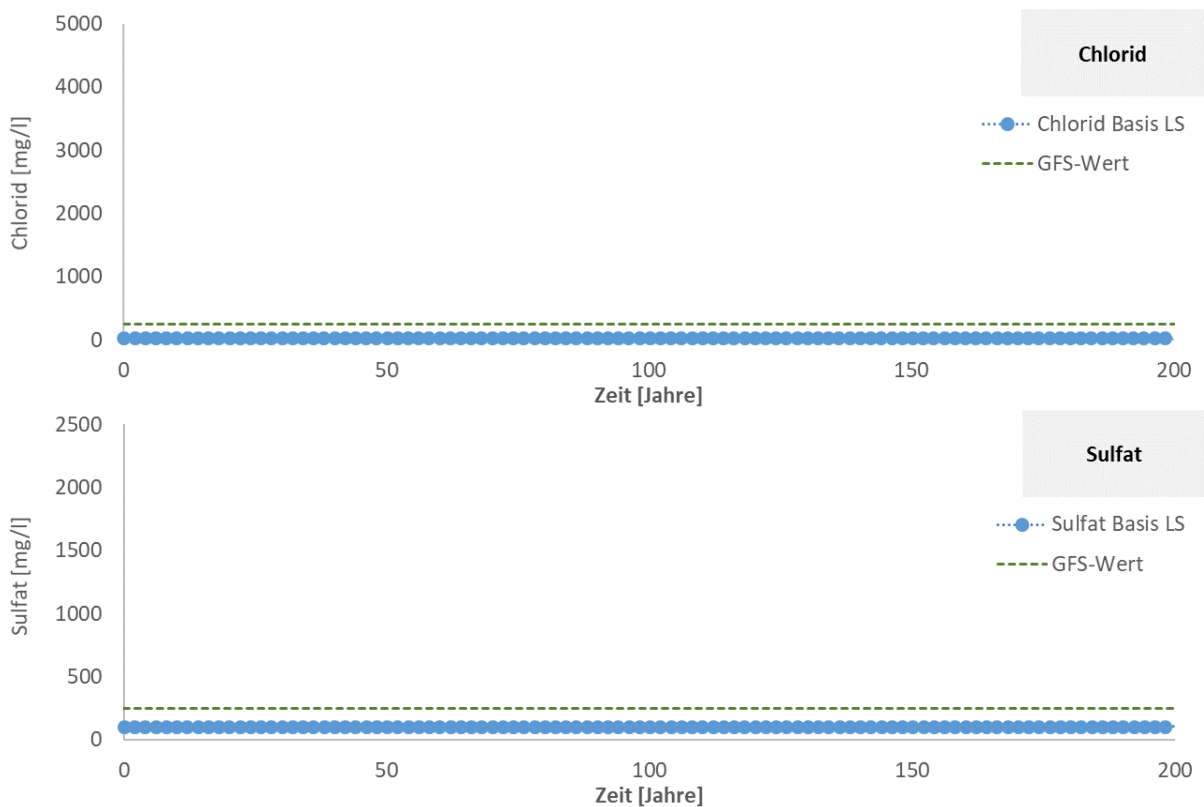


Abbildung 1: Konzentrationsentwicklung von Chlorid und Sulfat am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

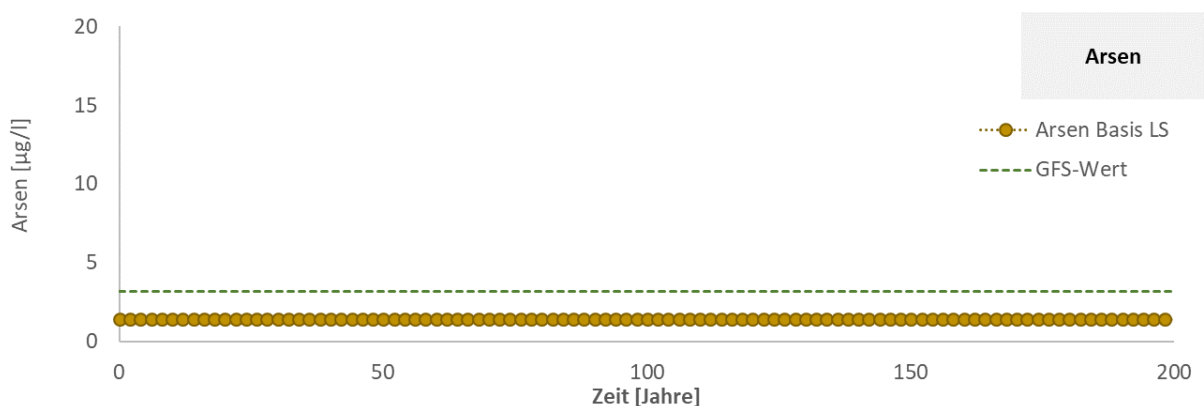


Abbildung 2: Konzentrationsentwicklung von Arsen am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

Anlage 7.4.2

Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen auf der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren

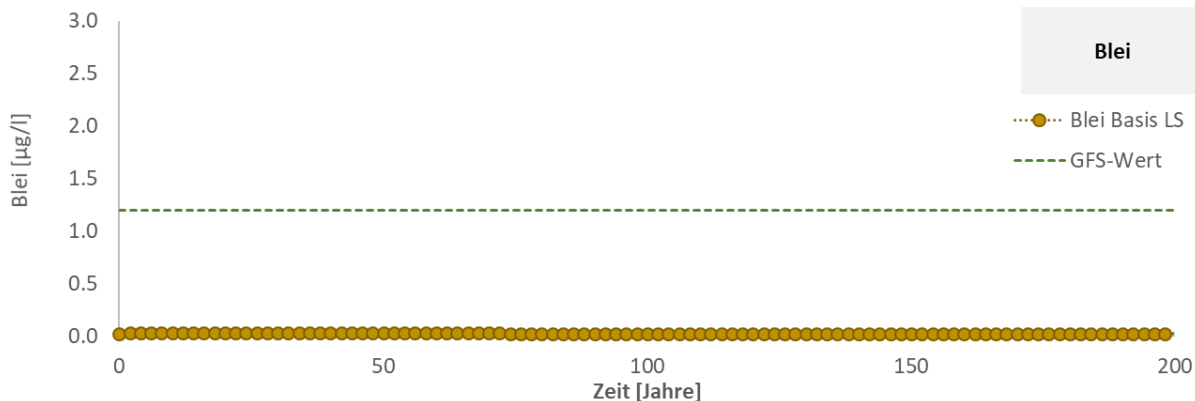


Abbildung 3: Konzentrationsentwicklung von Blei am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

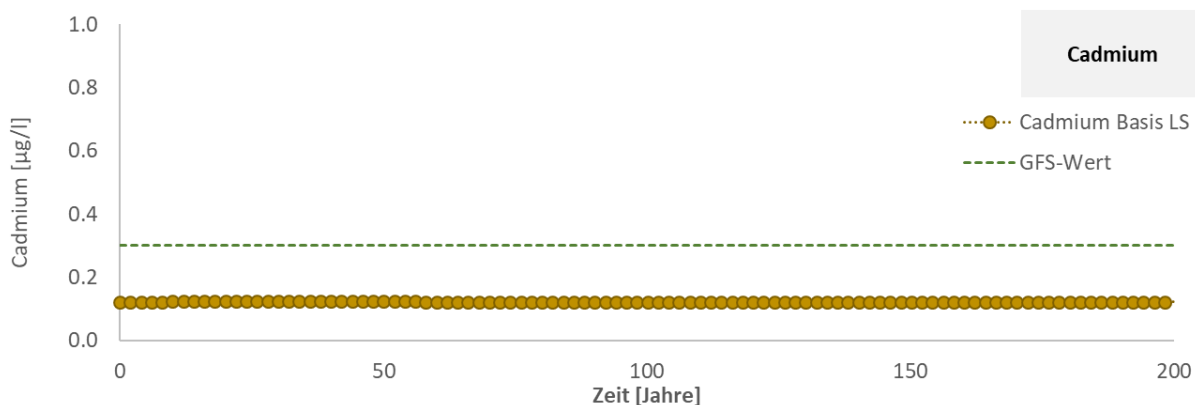


Abbildung 4: Konzentrationsentwicklung von Cadmium am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

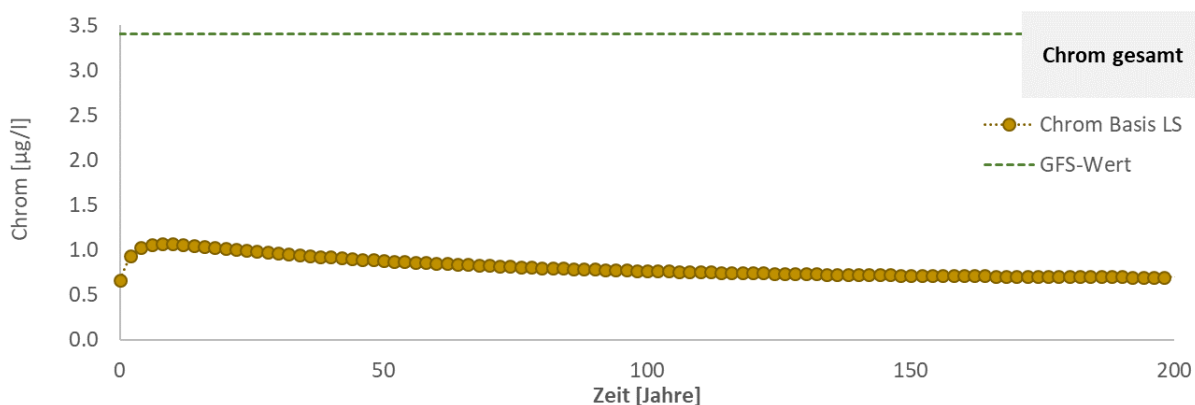


Abbildung 5: Konzentrationsentwicklung von Chrom gesamt am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen auf der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren

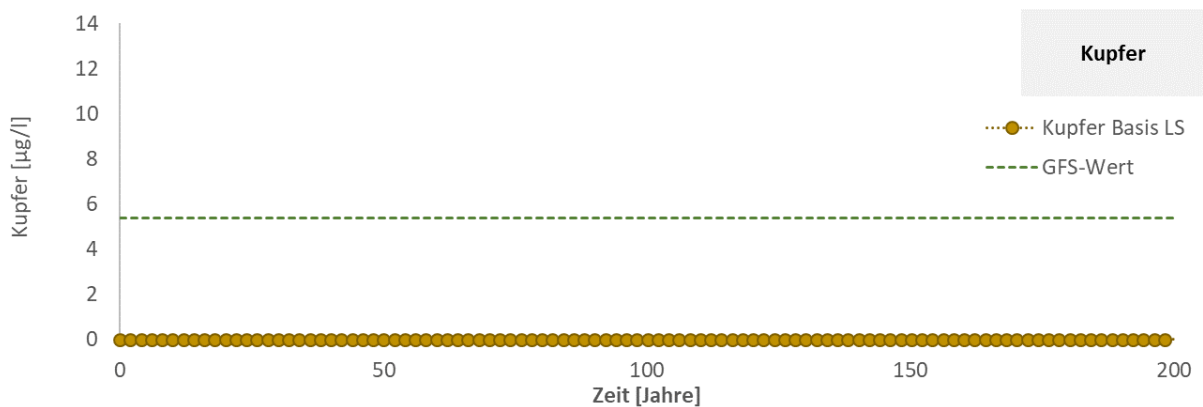


Abbildung 6: Konzentrationsentwicklung von Kupfer am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

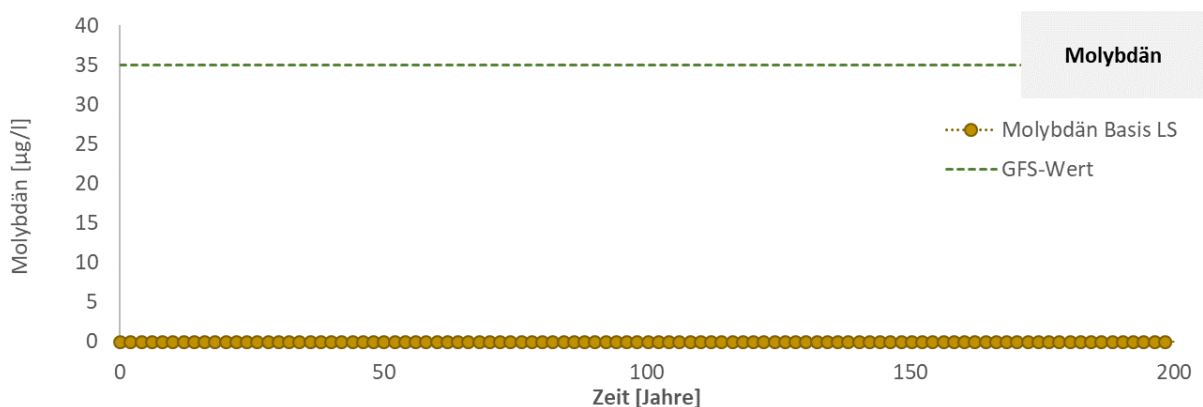


Abbildung 7: Konzentrationsentwicklung von Molybdän am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

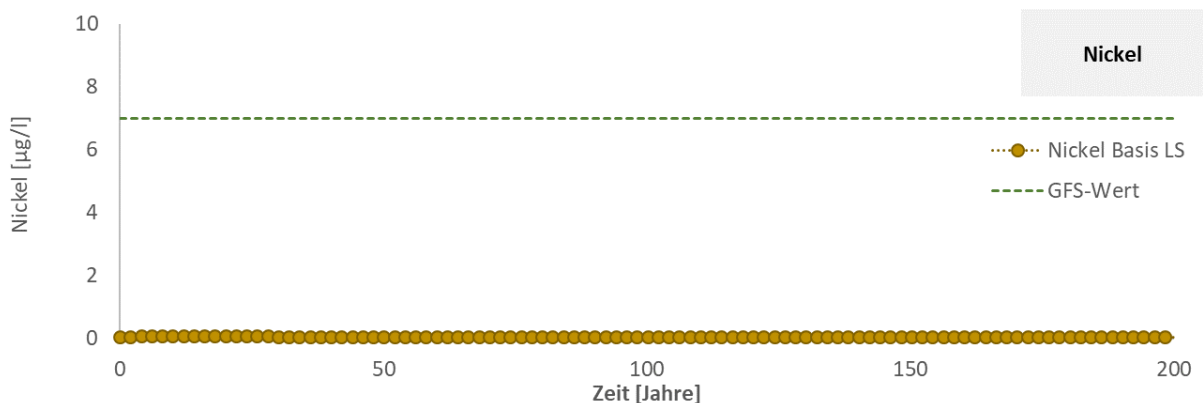


Abbildung 8: Konzentrationsentwicklung von Nickel am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

Anlage 7.4.2

Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen auf der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren

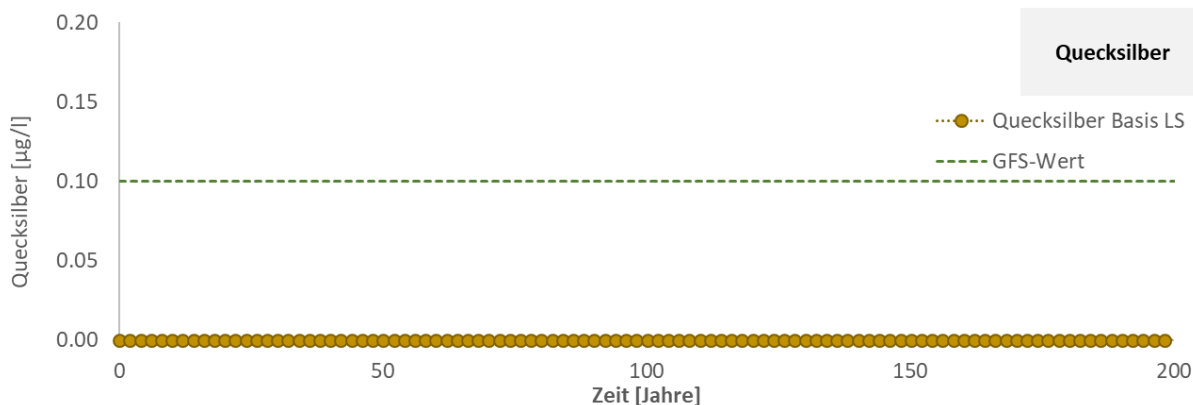


Abbildung 9: Konzentrationsentwicklung von Quecksilber am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

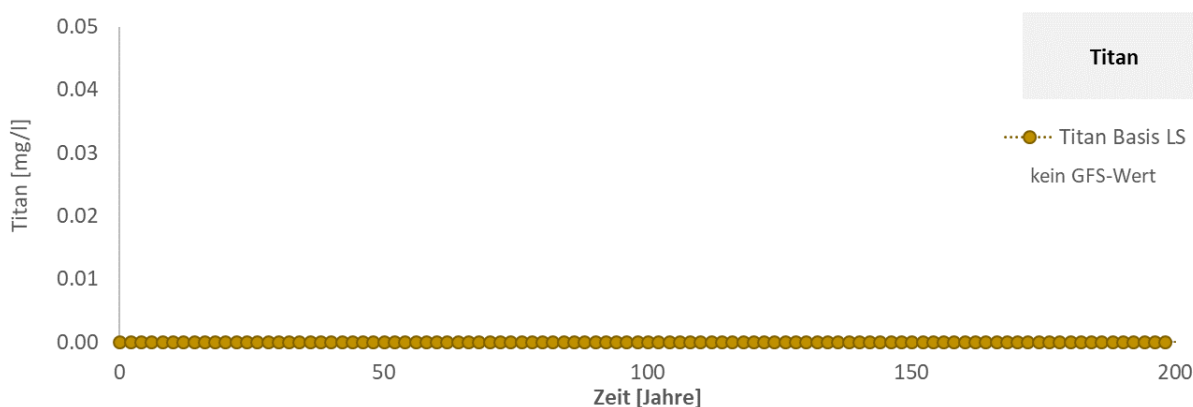


Abbildung 10: Konzentrationsentwicklung von Titan am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

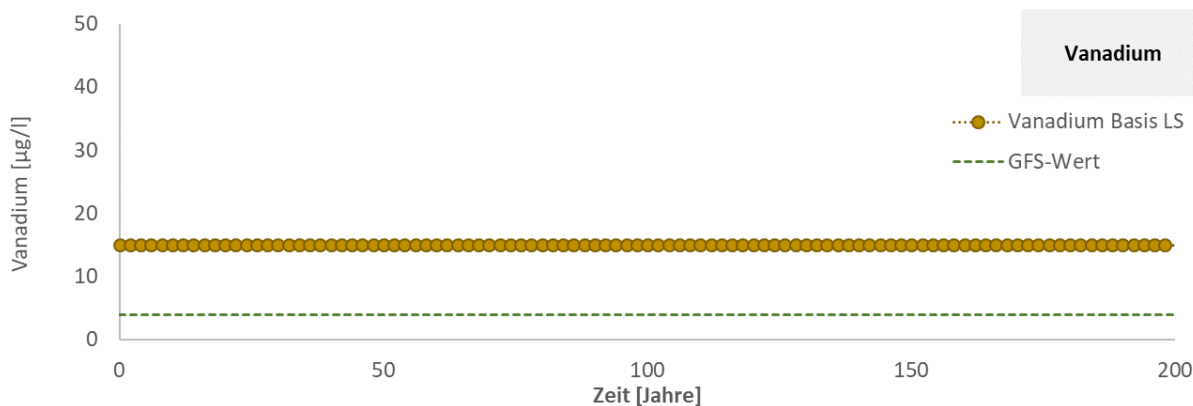


Abbildung 11: Konzentrationsentwicklung von Vanadium am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

Anlage 7.4.2

Modellberechnete Entwicklung der Stoffkonzentrationen auf der Fließstrecke durch die Lintforter Schichten nach 200 Jahren

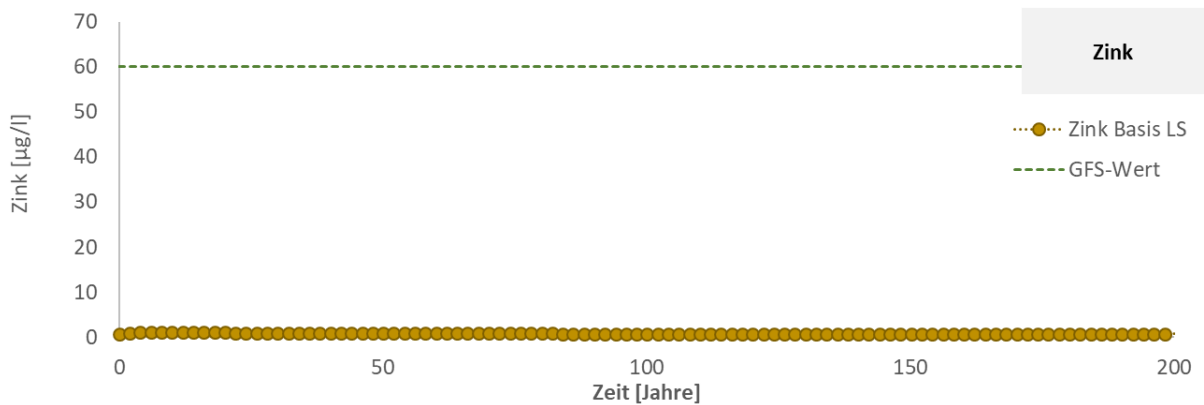


Abbildung 12: Konzentrationsentwicklung von Zink am Übergang zur Basalen Schicht (Basis Lintforter Schichten, LS) über 200 Jahre Eintragsdauer. Die Ausgangskonzentrationen im Sickerwasser entsprechen denen der Messstelle B2.

Tongrube Mühlenberg Hünxe/Schermbbeck, Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

**Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau
angeschnittenen Abschnitts der Lintforter Schichten**

Anhang

**Dokumentation der durchgeführten Arbeiten zur
Errichtung der neuen Grundwassermessstellen
„FLS – Messstellen“**

Auftraggeber:

Hermann Nottenkämper GmbH Co. KG
Eichenallee 1
46569 Hünxe

Bearbeiter:

CONSULAQUA Hildesheim
Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg
Beratungsgesellschaft mbH
Bördestraße 3
31135 Hildesheim

Dipl.-Geol. Michael **Bruns**
Dipl.-Geol. Georg **Schroeter**

Projektnummer: 54201

Hildesheim, im Oktober 2022

pdf-Ausfertigung

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
ANLAGENVERZEICHNIS.....	5
1 VORGEHENSWEISE ZUR ERSTELLUNG DER FLACHEN GRUNDWASSERMESSSTELLEN (FLS-MESSSTELLEN)	8
1.1 GENERELLE VORGEHENSWEISE	8
1.2 AUSFÜHRENDE FIRME.....	8
1.3 BAUSTELLENÜBERWACHUNG.....	8
1.4 BESCHREIBUNG DES BOHRVERFAHRENS ZUR ERKUNDUNG DES UNTERGRUNDES UND ZUR ERRICHTUNG DER NEUEN MESSSTELLEN	10
1.5 VERWENDETES BAUMATERIAL.....	11
1.6 ZUORDNUNG DES MESSSTELLENAUSBAUES	13
1.7 GEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG DES OFFENEN BOHRLOCHS (MESSSTELLENNEUBAU)	13
1.8 GEOPHYSIKALISCHE KONTROLLE DES MESSSTELLENAUSBAUS	13
1.9 KLARPUMPEN	14
2 BESCHREIBUNG DER NEUEN GRUNDWASSERMESSSTELLEN.....	15
2.1 MESSSTELLE FLS3	15
<i>Lage und Stammdaten FLS3.....</i>	<i>15</i>
<i>Beschreibung FLS3.....</i>	<i>16</i>
<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS3</i>	<i>17</i>
<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbau FLS3.....</i>	<i>17</i>
<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS3.....</i>	<i>17</i>
<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS3</i>	<i>17</i>
2.2 MESSSTELLE FLS8	18
<i>Lage und Stammdaten FLS8.....</i>	<i>18</i>
<i>Beschreibung FLS8.....</i>	<i>19</i>
<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS8</i>	<i>20</i>
<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbau FLS8.....</i>	<i>20</i>
<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS8.....</i>	<i>20</i>
<i>Auffüllversuch FLS8</i>	<i>20</i>
<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS8</i>	<i>20</i>
2.3 MESSSTELLE FLS11	21
<i>Lage und Stammdaten FLS11.....</i>	<i>21</i>
<i>Beschreibung FLS11</i>	<i>22</i>
<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS11</i>	<i>23</i>
<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbau FLS11.....</i>	<i>23</i>
<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS11.....</i>	<i>23</i>
<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS11</i>	<i>23</i>
2.4 MESSSTELLE FLS12	24
<i>Lage und Stammdaten FLS12.....</i>	<i>24</i>
<i>Beschreibung FLS12</i>	<i>25</i>
<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS12</i>	<i>26</i>
<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbau FLS12.....</i>	<i>26</i>
<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS12.....</i>	<i>26</i>
<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS12</i>	<i>26</i>

2.5	MESSSTELLE FLS13	27
	<i>Lage und Stammdaten FLS13</i>	27
	<i>Beschreibung FLS13</i>	28
	<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS13</i>	29
	<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS13</i>	29
	<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS13</i>	29
	<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS13</i>	29
2.6	MESSSTELLE FLS14	30
	<i>Lage und Stammdaten FLS14</i>	30
	<i>Beschreibung FLS14</i>	31
	<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS14</i>	32
	<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS14</i>	32
	<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS14</i>	33
	<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS14</i>	33
2.7	MESSSTELLE FLS15	34
	<i>Lage und Stammdaten FLS15</i>	34
	<i>Beschreibung FLS15</i>	35
	<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS15</i>	36
	<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS15</i>	36
	<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS15</i>	36
	<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS15</i>	36
2.8	MESSSTELLE FLS16	37
	<i>Lage und Stammdaten FLS16</i>	37
	<i>Beschreibung FLS16</i>	38
	<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS16</i>	39
	<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS16</i>	39
	<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS16</i>	40
	<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS16</i>	40
2.9	MESSSTELLE FLS18	41
	<i>Lage und Stammdaten FLS18</i>	41
	<i>Beschreibung FLS18</i>	42
	<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS18</i>	43
	<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS18</i>	43
	<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS18</i>	43
	<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS18</i>	43
2.10	MESSSTELLE FLS20	44
	<i>Lage und Stammdaten FLS20</i>	44
	<i>Beschreibung FLS20</i>	45
	<i>Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS20</i>	46
	<i>Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS20</i>	46
	<i>Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS20</i>	47
	<i>Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS20</i>	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Exemplarische Darstellung eines aufgeschnittenen Bohrkerns	11
Abbildung 2	ABDI-Filterrohe (links) bzw. gedichtete Verschraubungen (rechts)	11
Abbildung 3	Angelieferter Filtersand.....	12
Abbildung 4	Foto FLS3 (Aufnahme vom 15.12.2021)	15
Abbildung 5	Lageausschnitt FLS3	15
Abbildung 6	Foto FLS8 (Aufnahme vom 15.12.2021)	18
Abbildung 7	Lageausschnitt FLS8	18
Abbildung 8	Foto FLS11 (Aufnahme vom 15.12.2021)	21
Abbildung 9	Lageausschnitt FLS11	21
Abbildung 10	Foto FLS12 (Aufnahme vom 15.12.2021)	24
Abbildung 11	Lageausschnitt FLS12	24
Abbildung 12	Foto FLS13 (Aufnahme vom 15.12.2021)	27
Abbildung 13	Lageausschnitt FLS13	27
Abbildung 14	Foto FLS14 (Aufnahme vom 15.12.2021)	30
Abbildung 15	Lageausschnitt FLS14	30
Abbildung 16	Foto FLS15 (Aufnahme vom 15.12.2021)	34
Abbildung 17	Lageausschnitt FLS15	34
Abbildung 18	Foto FLS16 (Aufnahme vom 15.12.2021)	37
Abbildung 19	Lageausschnitt FLS16	37
Abbildung 20	Foto FLS18 (Aufnahme vom 15.12.2021)	41
Abbildung 21	Lageausschnitt FLS18	41
Abbildung 22	Foto FLS20 (Aufnahme vom 15.12.2021)	44
Abbildung 23	Lageausschnitt FLS20	44

Anlagenverzeichnis

<u>Anlage A1</u>	<u>Übersichts- und Lageplan Mühlenberg</u>	M 1 : 4.000
<u>Anlage A2</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS3</u>	
Anlage A2.1	FLS3 Schichtenverzeichnis	
Anlage A2.2	FLS3 Bohr-/Ausbauzeichnung	
Anlage A2.3	FLS3 Fotos Kernaufnahme	
Anlage A2.4	FLS3 Geophysik offenes Bohrloch Bericht	
Anlage A2.5	FLS3 Geophysik offenes Bohrloch Logs	
Anlage A2.6	FLS3 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung	
Anlage A2.7	FLS3 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht	
Anlage A2.8	FLS3 Geophysik Ausbaukontrolle Logs	
Anlage A2.9	FLS3 Klarpumpen	
<u>Anlage A3</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS8</u>	
Anlage A3.1	FLS8 Schichtenverzeichnis	
Anlage A3.2	FLS8 Bohr-/Ausbauzeichnung	
Anlage A3.3	FLS8 Fotos Kernaufnahme	
Anlage A3.4	FLS8 Geophysik offenes Bohrloch Bericht	
Anlage A3.5	FLS8 Geophysik offenes Bohrloch Logs	
Anlage A3.6	FLS8 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung	
Anlage A3.7	FLS8 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht	
Anlage A3.8	FLS8 Geophysik Ausbaukontrolle Logs	
Anlage A3.9	FLS8 Klarpumpen	
<u>Anlage A4</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS11</u>	
Anlage A4.1	FLS11 Schichtenverzeichnis	
Anlage A4.2	FLS11 Bohr-/Ausbauzeichnung	
Anlage A4.3	FLS11 Fotos Kernaufnahme	
Anlage A4.4	FLS11 Geophysik offenes Bohrloch Bericht	
Anlage A4.5	FLS11 Geophysik offenes Bohrloch Logs	
Anlage A4.6	FLS11 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung	
Anlage A4.7	FLS11 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht	
Anlage A4.8	FLS11 Geophysik Ausbaukontrolle Logs	
Anlage A4.9	FLS11 Klarpumpen	
<u>Anlage A5</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS12</u>	
Anlage A5.1	FLS12 Schichtenverzeichnis	
Anlage A5.2	FLS12 Bohr-/Ausbauzeichnung	
Anlage A5.3	FLS12 Fotos Kernaufnahme	
Anlage A5.4	FLS12 Geophysik offenes Bohrloch Bericht	
Anlage A5.5	FLS12 Geophysik offenes Bohrloch Logs	
Anlage A5.6	FLS12 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung	
Anlage A5.7	FLS12 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht	

Anlage A5.8	FLS12 Geophysik Ausbaukontrolle Logs
Anlage A5.9	FLS12 Klarpumpen
<u>Anlage A6</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS13</u>
Anlage A6.1	FLS13 Schichtenverzeichnis
Anlage A6.2	FLS13 Bohr-/Ausbauzeichnung
Anlage A6.3	FLS13 Fotos Kernaufnahme
Anlage A6.4	FLS13 Geophysik offenes Bohrloch Bericht
Anlage A6.5	FLS13 Geophysik offenes Bohrloch Logs
Anlage A6.6	FLS13 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung
Anlage A6.7	FLS13 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht
Anlage A6.8	FLS13 Geophysik Ausbaukontrolle Logs
Anlage A6.9	FLS13 Klarpumpen
<u>Anlage A7</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS14</u>
Anlage A7.1	FLS14 Schichtenverzeichnis
Anlage A7.2	FLS14 Bohr-/Ausbauzeichnung
Anlage A7.3	FLS14 Fotos Kernaufnahme
Anlage A7.4	FLS14 Geophysik offenes Bohrloch Bericht
Anlage A7.5	FLS14 Geophysik offenes Bohrloch Logs
Anlage A7.6	FLS14 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung
Anlage A7.7	FLS14 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht
Anlage A7.8	FLS14 Geophysik Ausbaukontrolle Logs
Anlage A7.9	FLS14 Klarpumpen
<u>Anlage A8</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS15</u>
Anlage A8.1	FLS15 Schichtenverzeichnis
Anlage A8.2	FLS15 Bohr-/Ausbauzeichnung
Anlage A8.3	FLS15 Fotos Kernaufnahme
Anlage A8.4	FLS15 Geophysik offenes Bohrloch Bericht
Anlage A8.5	FLS15 Geophysik offenes Bohrloch Logs
Anlage A8.6	FLS15 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung
Anlage A8.7	FLS15 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht
Anlage A8.8	FLS15 Geophysik Ausbaukontrolle Logs
Anlage A8.9	FLS16 Klarpumpen
<u>Anlage A9</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS16</u>
Anlage A9.1	FLS16 Schichtenverzeichnis
Anlage A9.2	FLS16 Bohr-/Ausbauzeichnung
Anlage A9.3	FLS16 Fotos Kernaufnahme
Anlage A9.4	FLS16 Geophysik offenes Bohrloch Bericht
Anlage A9.5	FLS16 Geophysik offenes Bohrloch Logs
Anlage A9.6	FLS16 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung
Anlage A9.7	FLS16 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht

Anlage A9.8	FLS16 Geophysik Ausbaukontrolle Logs
Anlage A9.9	FLS16 Klarpumpen
<u>Anlage A10</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS18</u>
Anlage A10.1	FLS18 Schichtenverzeichnis
Anlage A10.2	FLS18 Bohr-/Ausbauzeichnung
Anlage A10.3	FLS18 Fotos Kernaufnahme
Anlage A10.4	FLS18 Geophysik offenes Bohrloch Bericht
Anlage A10.5	FLS18 Geophysik offenes Bohrloch Logs
Anlage A10.6	FLS18 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung
Anlage A10.7	FLS18 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht
Anlage A10.8	FLS18 Geophysik Ausbaukontrolle Logs
Anlage A10.9	FLS18 Klarpumpen
<u>Anlage A11</u>	<u>Neu errichtete Messstelle FLS20</u>
Anlage A11.1	FLS20 Schichtenverzeichnis
Anlage A11.2	FLS20 Bohr-/Ausbauzeichnung
Anlage A11.3	FLS20 Fotos Kernaufnahme
Anlage A11.4	FLS20 Geophysik offenes Bohrloch Bericht
Anlage A11.5	FLS20 Geophysik offenes Bohrloch Logs
Anlage A11.6	FLS20 Geophysik offenes Bohrloch Bohrlochabweichung
Anlage A11.7	FLS20 Geophysik Ausbaukontrolle Bericht
Anlage A11.8	FLS20 Geophysik Ausbaukontrolle Logs
Anlage A11.9	FLS20 Klarpumpen

1 Vorgehensweise zur Erstellung der flachen Grundwassermessstellen (FLS-Messstellen)

1.1 Generelle Vorgehensweise

Die Bauarbeiten zur Erstellung der flachen Grundwassermessstellen gliedern sich in folgende Schritte:

- Auswahl von Standorten zum Bau flacher Beobachter im Umfeld der Verfüllung Mühlenberg
- Vorerkundung der ausgewählten Standorte bzgl. pot. Kampfmittelbelastung/ Blindgängersichtung
- Entnahme von Bohrkernen, Sichten der angetroffenen Schichten und exakte Festlegung des Messstellenausbau
- Bau der neuen Messstellen in den oberen Bereichen der Lintforter Schichten

Die Bohrarbeiten sind im Kernbohr- sowie nachfolgend im Lufthebebohrverfahren entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 115 durchgeführt worden. Der Bohrdurchmesser lag für die Kernbohrungen bei etwa 150 mm, für das Aufweiten zum Messstellenbau bei ca. 244 mm. Er ist ausreichend dimensioniert, um einen Messstellenausbau in DN 65 (DA 75 / 90 mm) und Ringraumverfüllung gem. DVGW Arbeitsblatt W121 aufzunehmen.

Das jeweils angewendete Verfahren ist für jeden Messstellenstandort im Folgenden beschrieben.

1.2 Ausführende Firmen

Bohrungen, Messstellenbau und Dokumentation

Die auszuführenden Arbeiten wurden in den Herbstmonaten des Jahres 2021 ausgeführt. Die Arbeiten wurden durch die Bietergemeinschaft der Firmen

- Vormann Bohrgesellschaft mbH & Co.KG, Liebigstraße 36, D-48301 Nottuln,
- Johannes Bonhoff GmbH, Freiheit 14, D-46348 Raesfeld

durchgeführt, in der Folge als ARGE bezeichnet. Die Fa. Vormann trat dabei federführend, die Fa. Bonhoff ausführend auf.

Geophysikalische Vermessungen:

- TEGEO, Tegmeyer Geophysik GmbH, Bruchkampweg 28A, 29227 Celle

1.3 Baustellenüberwachung

Baubesprechungen, Ortsbegehungen

Eine Übersicht über die durchgeführten Geländebegehungen und Baubesprechungen gibt die folgende Aufstellung. Die Erweiterung B steht für Besprechung, O für Ortsbegehung:

Nr.	Ort	Datum	Inhalt / Thema
1 B	Bespr. m. Nottenkämpfer	22.09.2021	1. Bauanlaufbesprechung, Detailfragen zur Verfahrensabsprache
2 O	Baustelle	15.10.2021	Bauanlauf Vorort, FLS20
3 O	Baustelle	18.10.2021	Bohraufsicht FLS20, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
4 O	Baustelle	19.10.2021	FLS20 Abnahme
5 O	Baustelle	22.10.2021	Bohraufsicht FLS13, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
6 O	Baustelle	28.10.2021	Bohraufsicht FLS3, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
7 O	Baustelle	03.11.2021	Bohraufsicht FLS12, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
8 O	Baustelle	08.11.2021	Bohraufsicht FLS11, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
9 O	Baustelle	11.11.2021	Bohraufsicht FLS8, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
10 O	Baustelle	30.11.2021	Bohraufsicht FLS14, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
11 O	Baustelle	07.12.2021	Bohraufsicht FLS15, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
12 O	Baustelle	10.12.2021	Bohraufsicht FLS18, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung
13 O	Baustelle	15.12.2021	Bohraufsicht FLS16, Schichtenaufnahme, Ausbaufestlegung

Tabelle 1 Übersicht über die Baustellenüberwachung und -steuerung

Die regelmäßigen Bautermine dienen zum Abgleich der angetroffenen Schichten, zur Korrelation mit den Ergebnissen der Geophysik und zur Festlegung des jeweils auszubauenden (wasserführenden) Horizontes.

Fachtechnische Betreuung der Bohr- und Ausbaurbeiten

Die Bohr- und Ausbaurbeiten wurden organisatorisch und fachgutachterlich begleitet durch:

- Herrn Dipl.-Geol. Georg Schroeter (CAH, CONSULAQUA Hamburg)
- Herrn Dipl.-Geol. Michael Bruns (Projektleiter, CONSULAQUA Hildesheim)

Grundsätzlich wurden durch die fachtechnische Betreuung die Durchführung der Bohrarbeiten überwacht, die erbohrte Schichtenfolge aufgenommen sowie in Verbindung mit einer Felddauswertung der geophysikalischen Vermessungen eine Anweisung des Messstellenausbaus erstellt und übergeben. Darüber hinaus sind vorläufige Bauwerksabnahmen vorgenommen und eventuelle Nachbesserungen angewiesen worden. Schließlich wurden die einzubauenden Materialien gesichtet, auf Eignung bzw. Zulassung geprüft und die Einhaltung der Baustellenordnung überwacht.

1.4 Beschreibung des Bohrverfahrens zur Erkundung des Untergrundes und zur Errichtung der neuen Messstellen

Um den Untergrund des Umfeldes der Verfüllung Mühlenberg besser verstehen zu können, wurden zunächst Bohrungen zur Gewinnung von Bohrkernen abgeteuft. Dabei werden 1,0 m lange, 100 mm starke Kunststoffrohre durch Einbohren in den Boden getrieben. Die Bohrkern bieten einen weitgehend ungestörten Einblick in den Aufbau des Untergrundes und dienen im Zusammenhang mit den geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch zur Festlegung der Aufweitung der Bohrung und des Ausbaus der Messstelle. Als Kennhorizont im Untergrund ist eine helle Mergellage in den Schluff-Ton-Abfolgen der Lintforter Schichten (s. Foto, Abbildung 1) herangezogen worden. Der Einbau eines auch für Probenahmen geeigneten Messstellenausbaus erforderte das Aufweiten des ursprünglichen Bohrloches (\varnothing ca. 150 mm) auf einen Durchmesser von mind. 200 mm und bis in die geplante Filterstellungstiefe. Die Bohrungen zur Erstellung der neuen Messstellen wurden im Lufthebebohrverfahren mit \varnothing 244 mm ausgeführt.

Die eingesetzte Spülung wurde, wenn nötig, mit einem Spülungszusatz versetzt, um einerseits die Bohrlochwand oberhalb des Schneidwerkzeuges stabil zu halten, und um andererseits die Spülungsdichte zu erhöhen und damit eine Auftriebshilfe für das Bohrgut zu stellen. Wegen der hohen Standsicherheit der Bohrlöcher, die von den tonig-schluffigen Materialien im Untergrund verursacht worden sind, sind nur geringe Mengen an Spülungszusätzen verwendet worden. Zum Einsatz kam dabei Antisol®.

Für das Lufthebebohren muss aus technischen Gründen grundsätzlich ein Standrohr gesetzt werden, hier bis in eine Teufe von 4 – 6 m. Die notwendige Teufe ist davon abhängig, ab wann das Bohrloch stabil ist, so dass die Bohrspülung nicht mehr in das oberflächennahe Lockergestein (Sand, Kies, Geröll) eindringen kann und ab welcher Tiefe mittels eingeblassener Luft genügend Auftrieb für die Förderung von Bohrgut erzeugt werden kann. Für das Setzen des Standrohres erfolgt eine Vorbohrung mit Hilfe einer Bohrschnecke. Dies erfolgte schon zu Beginn der Arbeiten, also auch vor dem Beginn der Kernbohrungen. Das Kernbohren begann dann etwa an der Basis des gesetzten Standrohres.



Abbildung 1 Exemplarische Darstellung eines aufgeschnittenen Bohrkerns

Die Auswertung der Kerne ist durch Aufschneiden und exakte Aufnahme des Inhalts der PVC-Rohre durchgeführt worden. Ziel der Aufnahme war die Ermittlung eines potentiell wasser- oder sickerwasserführenden Horizonts im Bereich der Verfüllungen der ehemaligen Tonabgrabungen, um diesen ausbauen und zukünftig beproben zu können.

1.5 Verwendetes Baumaterial

Es sind PVC Voll- und Filterrohre mit dem Innendurchmesser DN 65 mm der Fa. STÜWA zum Einsatz gekommen.



Abbildung 2 ABDI-Filterrohre (links) bzw. gedichtete Verschraubungen (rechts)

Bei den verwendeten ABDI-Rohren wird das Eindringen von Sickerwasser und/ oder Sediment an der Verschraubung mit zwei Dichtringen verhindert. Die Ausbaumaterialien sind für die Herstellung druckdichter Pegelrohre, wie hier gefordert, geeignet.

Die Filterrohre der neuen Messstellen sollten angepasst auf die angetroffenen Verhältnisse mit einer fest verschraubten oder verschweißten Bodenkappe ausgestattet sein. Die Filter wiesen eine Schlitzweite von 0,3 mm auf. Für jede Messstelle wurde die entsprechende Filterstellung in einer Ausbauanweisung festgelegt, in einer Ausbauskizze übergeben und seitens des Bohrführers quittiert.

Um den Ringraum zwischen dem erbohrten Gebirge und den Filterrohren aufzufüllen bzw. zu über- und unterschütten, stand Filtersand in der Korngrößenfraktion 0,71-1,25 mm zur Verfügung.

Das Material wurde in BigBags angeliefert.



Abbildung 3 Angelieferter Filtersand

Oberhalb des Filtersandes wurde jeweils eine mindestens 2,0 m mächtige Quelltonschicht eingebaut.

Darüber ist die Messstelle dann mit Brunnen-Dämmer (Ton-Zementsuspension) verpresst worden.

Alle eingesetzten Materialien wurden vor dem Einbau auf der Bereitstellungsfläche sowie z. T. beim Einbau durch CAH überprüft (siehe Tabelle 1). Sie entsprachen den ausgeschriebenen Positionen des Leistungsverzeichnisses und den Anforderungen für den Trinkwasserschutz. Es gab keine Beanstandungen.

Der Messstellenabschluss wurde jeweils durch ein Stahlschutzrohr mit einer abschließbaren Verschlusskappe gebildet. An zwei Messstellen wurde ein Unterflurausbau gewählt. Der genaue Ausbau sowie der Messstellenabschluss sind der jeweiligen Messstellen-Beschreibung (siehe folgend) zu entnehmen.

1.6 Zuordnung des Messstellenausbau

Die Messstellen wurden je nach angetroffener Geologie und nach Vorgaben des Verwendungszwecks zwei verschiedenen Ausbautiefen zugeordnet. Dabei handelte es sich um den obersten, anscheinend durchlässigeren Horizont unterhalb der angetroffenen Mergelschicht, die Ausbaus^{chicht} 1 (ggf. 1.1 und 1.2), sowie einen meist basisnahen Horizont im Bereich der tieferen Endteufe, **Schicht 2**. Die letztere liegt immer oberhalb der ansonsten beobachteten basalen Lage der Lintforter Schichten, die in der vorangegangenen Kampagne als LS-Messstellen erschlossen wurden.

1.7 Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs (Messstellenneubau)

Der Messstellenausbau wurde nach geologischer Aufnahme des Bohrguts bzw. der Bohrproben und den Ergebnissen der geophysikalischen Vermessung festgelegt. Die geophysikalische Vermessung erfolgte in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 mit folgenden LOG's:

- GAMMA-RAY (GR): Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- FEL, DUAL-INDICATION (IL): Von der Porenfüllung (z. B. Grundwasser) beeinflusste elektrische Widerstände bzw. Leitfähigkeiten
- KALIBER (CAL): Messung des Bohrlochdurchmessers
- GAMMA-GAMMA-DICHTE (GG.D): Bestimmung der Dichte des anstehenden Gebirges
- NEIGUNG/AZIMUT (BA): Messung der Neigung des Bohrlochs aus der Lotrechten und der Richtung der Neigung (Bohrlochabweichung)
- Full Wave Sonic (FWS): Ermittlung von gesteinsmechanischen Eigenschaften [angewendet bei sechs von zehn Bohrungen]

Die Ergebnisse der geophysikalischen Vermessungen werden in einem Kurzbericht und in einem Messplot dokumentiert und befinden sich in den Anlagen AX.4 – AX.6.

1.8 Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbau

Die Prüfung, ob die Messstelle nach den Vorgaben errichtet und ob das Dichtmaterial in der vorgesehenen Dichte bzw. ohne Brückenbildung eingebaut wurde, erfolgte durch eine zusätzliche geophysikalische Vermessung (Ausbaukontrolle). Die wurde in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 mit folgenden LOG's durchgeführt:

- PVC-FEL: Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisierung der Rohrtypen
- GAMMA-RAY: (SGL)MITTELWERT), GAMMA-GAMMA-DICHTE (GG.D-MITTELWERT), NEUTRON-NEUTRON (NN): Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung (Charakterisierung der Ringraumverfüllung)

- SEGMENTIERTES GAMMA-RAY (SGL) und DICHTER-RINGRAUMSCANNER (GG.D): 360°-Messung der homogenen horizontalen Verteilung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumfüllung (Charakterisierung der Ringraumverfüllung)

Die Ergebnisse der geophysikalischen Vermessungen werden in einem Kurzbericht und in einem Messplot dokumentiert. Sie befinden Anlagen AX.7 – AX.8. Auf eine TV-Untersuchung wurde in den flachen Messstellen verzichtet, da mit verhältnismäßigen Mitteln keine ausreichenden Sichtverhältnisse hergestellt werden konnten.

1.9 Klarpumpen

Für ein reguläres Klarpumpen der neuen Grundwassermessstellen bis zur Förderung sand- und nahezu feinanteilfreien Wassers war wegen des Ausbaus in sehr feinkörnigen, wenig durchlässigen Bodenschichten nicht genug Nachfluß vorhanden. Die Aktivierung und Säuberung des Messstellenausbaus erfolgte also über das Auffüllen per Schlauch im Bereich der Basis der jeweiligen Messstelle bis zum Überlaufen. Zusätzlich wurde die Messstelle mittels Kompressor ausgeblasen. Die Maßnahme wurde solange durchgeführt, bis nahezu trübungsfreies Wasser gefördert wurde. Die Tätigkeiten wurden in Klarpumpprotokollen festgehalten (Anlagen AX.9).

2 Beschreibung der neuen Grundwassermessstellen

2.1 Messstelle FLS3

Lage und Stammdaten FLS3

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 4 Foto FLS3 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):

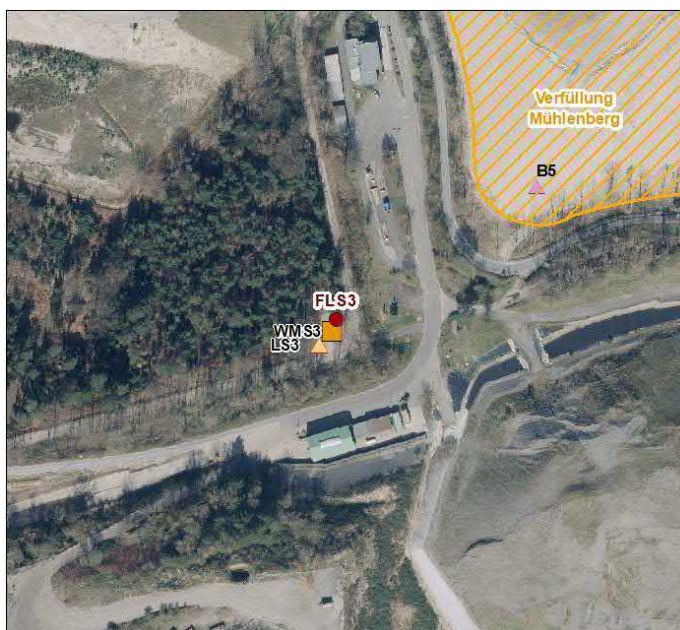


Abbildung 5 Lageausschnitt FLS3

Bohrverfahren: Bis 4,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 23,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 22,8 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32350680,9 / 5724990,9
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 48,34 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK [m NHN]: 47,40
- Erstellt (KW/Jahr): 43/2021

Beschreibung FLS3Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
0,3	Auffüllung
1,0	Quartär, Feinsand, schluffig
3,5	Quartär, Geschiebelehm
11,55	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand
11,75	Lintforter Schichten, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgrau
12,3	Lintforter Schichten, mergelig, sehr stark kalkig, grau
12,5-12,7	Lintforter Schichten, Schicht 1
21,6-22,6	Lintforter Schichten, lockere Lagerung, kalkfrei, Schicht 2
23,0	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand

Die durch die Kernbohrung ermittelten Bereiche der „Mergelschicht“ sind hier farblich deutlich abgegrenzt. Das Material ist sehr fest und trocken. Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte in einem Horizont, der sich von der Umgebung deutlich unterscheiden ließ. Es handelt sich um einen kalkfreien, locker gelagerten Bereich von 21,6-22,6 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	bis 4,0m 324 mm, bis 23,0 m 150 mm, bis 22,8 m 244 mm
Endteufe [m u. GOK]	23,0
Ausbauerdurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	21,6 bis 22,6
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK]	21,4 bis 22,8
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4 – 0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	19,4 – 21,4
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 19,4
Abschluss	Beton, Schutzrohr DN 100 mm, 4“ SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A2.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS3

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie:
 - bis 0,8 m u.GOK nicht nachweisbar
 - bis 3,8 m u.GOK Ton, schluffig
 - bis 9,1 m u.GOK Ton
 - bis 11,1 m u.GOK Schluff, schwach tonig
 - bis 11,8 m u.GOK Schluff, feinsandig
 - bis 12,3 m u.GOK Schluff, tonig
 - bis 13,2 m u.GOK Schluff, feinsandig
 - bis 14,0 m u.GOK Schluff
 - bis 15,7 m u.GOK Schluff, stark feinsandig
 - bis 19,3 m u.GOK Schluff, schwach tonig
 - bis 20,0 m u.GOK Schluff, stark feinsandig
 - bis 22,7 m u.GOK Schluff, lagenweise schwach feinsandig,
lagenweise schwach tonig
- Bohrlochneigung: gesamt 0,2° Befund: i.O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A2.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS3

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,6 m bis 21,3 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A2.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS3

Datum 03.11.2021, Ruhewasserstand 10,86 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 22,45 m u. MpH, Wiederanstieg 30 min 17,36 m u. MpH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A2.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS3

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.2 Messstelle FLS8

Lage und Stammdaten FLS8

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 6 Foto FLS8 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):

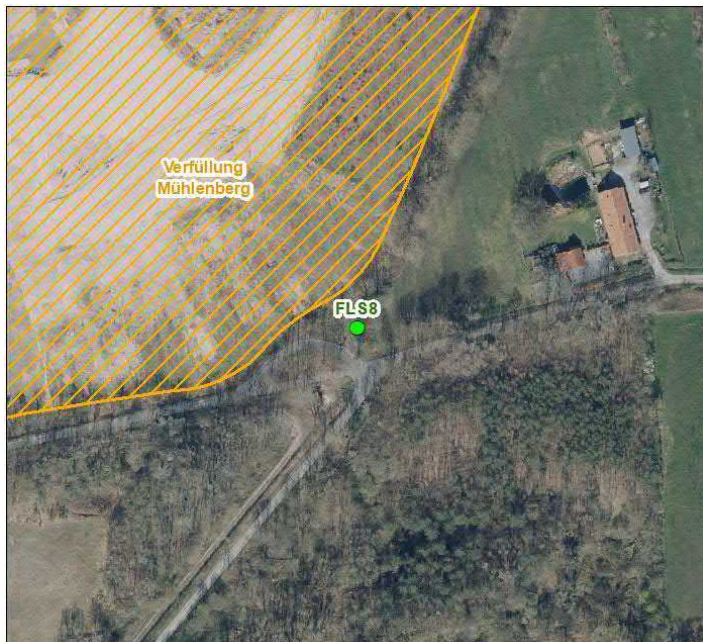


Abbildung 7 Lageausschnitt FLS8

Bohrverfahren: Bis 4,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 12,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 10,5 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32351174,4 / 5725088,4
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 49,81 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 48,70 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 45/2021

Beschreibung FLS8Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
0,4	Auffüllung
2,5	Quartär, Geschiebelehm, -mergel
5,7	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand
6,2	Lintforter Schichten, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgrau
6,6	Lintforter Schichten, mergelig, sehr stark kalkig, graugrün
9,3-9,7	Lintforter Schichten, weiche bis lockere Lagerung, tw. nass, Schicht 1
12,0	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand, graubraun

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im obersten, durchlässigeren Bereich in einer Tiefe von 9,3-9,8 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	10,50
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	9,3 bis 9,8
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	8,8 bis 10,5
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	10,5 – 12,0 6,8 – 8,8
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 6,8
Abschluss	Beton, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A3.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS8

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 0,9 m u.GOK nicht nachweisbar
bis 4,5 m u.GOK Schluff, schwach tonig
bis 5,6 m u.GOK Schluff, stark tonig
bis 6,1 m u.GOK Schluff
bis 6,5 m u.GOK Schluff, schwach tonig
bis 7,3 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 8,0 m u.GOK Schluff
bis 9,8 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 11,9 m u.GOK Schluff, schwach tonig
- Bohrlochneigung: max. 3 cm, gesamt 0,1°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A3.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS8

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,6 m bis 8,7 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A3.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS8

Datum 16.12.2021, Ruhewasserstand 4,64 m u. MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 10,22 m u. MpH, Wiederanstieg 30 min 9,36 m u. MpH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A3.9.

Auffüllversuch FLS8

Datum 16.12.2021, 12:05 Uhr, Ruhewasserstand 4,64 m u. MpH (Messpunkthöhe), Ausgangshöhe 0,25 m u. MpH, 4,0 m u. MpH nach 16 h, 40 min erreicht, Ende Auffüllversuch 17.12.2022, 14:42 Uhr, 4,41 m u. MpH.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS8

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.3 Messstelle FLS11

Lage und Stammdaten FLS11

Messstellenart: Unterflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 8 Foto FLS11 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):

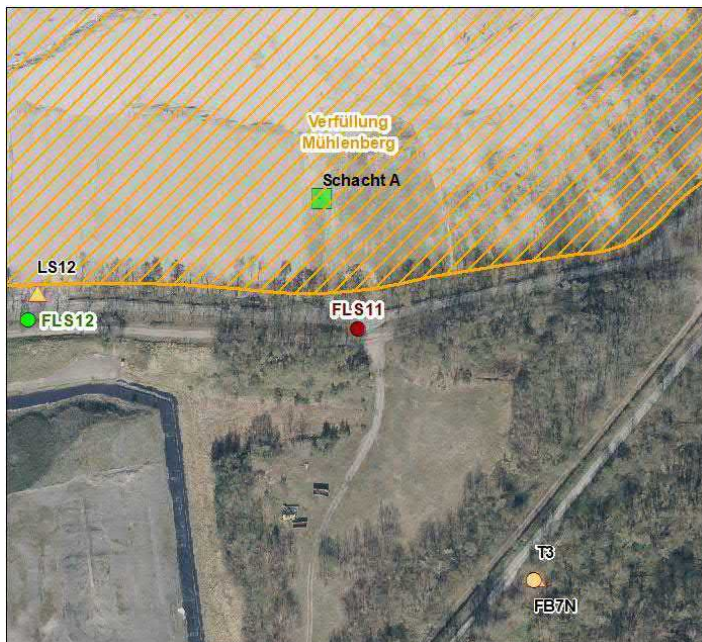


Abbildung 9 Lageausschnitt FLS11

Bohrverfahren: Bis 4,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 22,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 21,0 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32351001,8 / 5725029,9
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 48,94 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 49,05 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 44-45/2021

Beschreibung FLS11Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
0,6	Auffüllung
3,4	Quartär, Geschiebelehm
6,35	Lintforter Schichten, Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig
7,2	Lintforter Schichten, Schluff, schwach feinsandig
7,9	Lintforter Schichten, Schluff, tonig
8,45	Lintforter Schichten, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgrau-braun
9,1	Lintforter Schichten, Schluff, tonig
9,1-10,3	Lintforter Schichten, schwach feinsandig, schwach tonig, feucht, Schicht 1
13,9	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand
15,75	Lintforter Schichten, Schluff, tonig
18,65	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand
19,2-20,20	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, weich, schwach kalkig bis kalkfrei, feucht bis nass, Schicht 2
22,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im unteren, durchlässigen Bereich in einer Tiefe von 19,2-20,2 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	21,00
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	19,2 bis 20,2
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	18,2 bis 21,0
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	21,0 – 22,0 16,2 – 18,2
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 16,2
Abschluss	Beton, Straßenkappe 40*40 cm, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A4.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS11

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 0,7 m u.GOK nicht nachweisbar
bis 3,1 m u.GOK Ton bis Schluff
bis 6,4 m u.GOK Schluff
bis 8,8 m u.GOK Schluff, lagenweise schwach tonig
bis 9,6 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 10,5 m u.GOK Schluff
bis 16,2 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 17,7 m u.GOK Schluff, schwach tonig
bis 19,2 m u.GOK Schluff
bis 21,2 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 21,9 m u.GOK Ton, schluffig
- Bohrlochneigung: max. 10 cm, gesamt 0,3°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A4.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS11

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,6 m bis 18,3 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A4.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS11

Datum 16.12.2021, Ruhewasserstand 10,15 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 19,25 m u. MPH, Wiederanstieg 30 min 12,53 m u. MPH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A4.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS11

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.4 Messstelle FLS12

Lage und Stammdaten FLS12

Messstellenart: Unterflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 10 Foto FLS12 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):



Abbildung 11 Lageausschnitt FLS12

Bohrverfahren: Bis 4,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 16,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 12,0 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32350861,1 / 5725033,6
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 48,71 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 48,82 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 44/2021

Beschreibung FLS12Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
0,4	Auffüllung
3,2	Quartär, Geschiebelehm
10,2	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand
10,4	Lintforter Schichten, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgrau
11,2	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand
11,85	Lintforter Schichten, Schluff, schwach feinsandig, graugrünbraun, feucht, kalkfrei, Schicht 1
16,0	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton und/ oder Feinsand, graugrünbraun

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im obersten, durchlässigeren Bereich in einer Tiefe von 11,25-11,75 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	12,0
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	11,25 bis 11,75
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	11,0 bis 12,0
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	12,0 – 16,0 9,0 – 11,0
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 9,0
Abschluss	Beton, Straßenkappe 40*40 cm, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A5.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS12

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 1,2 m u.GOK nicht nachweisbar
bis 3,2 m u.GOK Schluff, tonig
bis 5,7 m u.GOK Schluff
bis 7,8 m u.GOK Ton
bis 9,9 m u.GOK Schluff
bis 10,4 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 10,8 m u.GOK Schluff, schwach tonig
bis 16,2 m u.GOK Schluff, tlws. feinsandig, tlws. tonig
- Bohrlochneigung: max. 2 cm, gesamt 0,1°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A5.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS12

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,6 m bis 10,9 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A5.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS12

Datum 14.12.2021, Ruhewasserstand 3,25 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 11,18 m u. MPH, Wiederanstieg 30 min 8,48 m u. MPH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A5.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS12

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.5 Messstelle FLS13

Lage und Stammdaten FLS13

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 12 Foto FLS13 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):



Abbildung 13 Lageausschnitt FLS13

Bohrverfahren: Bis 6,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 21,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 15,8 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32350700,3 / 5725215,6
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 50,91 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 50,00 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 42/2021

Beschreibung FLS13Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
2,0	Auffüllung
4,5	Quartär, Geschiebelehm
11,45	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, wechselnde Anteile Feinsand
11,7	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, tonig
13,45	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, schwach feinsandig
14,0	Lintforter Schichten, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgrau
14,4	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, schwach feinsandig
15,2	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, weich, tlws. nass, grau-braun, Schicht 1
18,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, schwach feinsandig, graugrünbraun
19,0	Lintforter Schichten, Schluff, stark tonig, braungrau
21,0	Lintforter Schichten, Schluff bis Ton, graugrün

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im obersten durchlässigen Bereich in einer Tiefe von 14,4-15,4 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	15,8
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	14,4 bis 15,4
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	14,2 bis 15,8
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	15,8 – 21,0 12,2 – 14,2
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 12,2
Abschluss	Beton, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A6.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS13

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 1,2 m u.GOK nicht nachweisbar
bis 2,4 m u.GOK Sand
bis 5,6 m u.GOK Schluff
bis 11,3 m u.GOK Ton
bis 12,4 m u.GOK Schluff, schwach feinsandig
bis 14,2 m u.GOK Schluff
bis 15,1 m u.GOK Schluff, stark feinsandig
bis 16,0 m u.GOK Schluff
bis 17,8 m u.GOK Schluff, stark feinsandig
bis 20,6 m u.GOK Schluff
- Bohrlochneigung: max. 4 cm, gesamt 0,1°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A6.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS13

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,6 m bis 14,1 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A6.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS13

Datum 14.12.2021, Ruhewasserstand 4,61 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 15,91 m u. MpH, Wiederanstieg 30 min 14,53 m u. MpH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A6.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS13

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.6 Messstelle FLS14

Lage und Stammdaten FLS14

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 14 Foto FLS14 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):

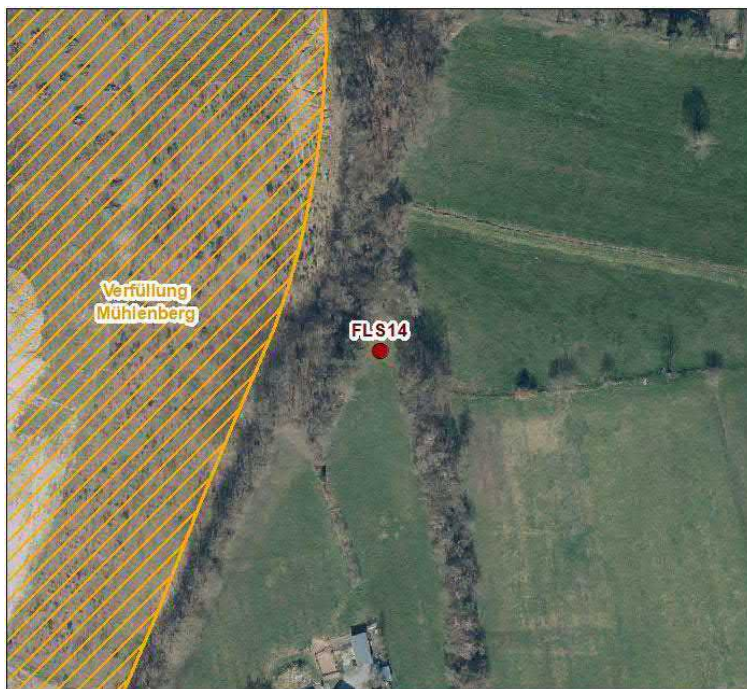


Abbildung 15 Lageausschnitt FLS14

Bohrverfahren: Bis 4,0 m Teufe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 22,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 22,0 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32351298,7 / 5725287,6
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 47,76 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 46,70 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 48/2021

Beschreibung FLS14

Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
1,5	Feinsand (Bodenbildung)
2,5	Quartär, Geschiebelehm
3,5	Quartär, Geschiebemergel
11,05	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton / Feinsand
11,6	Lintforter Schichten, Ton, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hell-graubraun
11,9	Lintforter Schichten, Schluff, stark tonig
12,85	Lintforter Schichten, Schluff, stark feinsandig, weich, feucht bis nass, kalkfrei, dkl.-graubraun
13,45	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, steif, feucht, dkl.-graubraun,
14,10- 15,45	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig bis stark feinsandig, feucht bis nass, graubraun, Schicht 1
16,1	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, graubraungrün
17,4	Lintforter Schichten, Ton bis Schluff, dkl.-graugrünbraun
19,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, feinsandig, dkl.-graubraungrün
20,3	Lintforter Schichten, Schluff, stark feinsandig, weich, feucht, schwach kalkig, dkl.-graubraun, Schicht 2
21,05	Lintforter Schichten, Schluff, stark feinsandig bis feinsandig, dkl.-graubraungrün
22,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, feinsandig, dkl.-graubraungrün

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im unteren, durchlässigen Bereich in einer Tiefe von 19,2-20,2 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	22,0
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	19,2 bis 20,2
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	18,5 bis 21,0
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	21,0 – 22,0 16,5 – 18,5
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,0 – 16,5
Abschluss	Schutzrohr DN 100 mm, 4“ SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A7.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS14

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie:
 - bis 1,6 m u.GOK nicht nachweisbar
 - bis 3,7 m u.GOK Schluff
 - bis 4,3 m u.GOK Ton
 - bis 15,7 m u.GOK Schluff, feinsandig, tlws. tonig
 - bis 17,4 m u.GOK Ton, schluffig
 - bis 18,4 m u.GOK Schluff
 - bis 18,8 m u.GOK Ton schluffig
 - bis 21,0 m u.GOK Schluff
 - bis 21,8 m u.GOK Ton
- Bohrlochneigung: max. 3 cm, gesamt 0,1°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anhang A7.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS14

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,5 m bis 18,1 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A7.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS14

Datum 20.12.2021, Ruhewasserstand 7,31 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 20,01 m u. MpH, Wiederanstieg 30 min 14,27 m u. MpH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A7.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS14

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.7 Messstelle FLS15

Lage und Stammdaten FLS15

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 16 Foto FLS15 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):



Abbildung 17 Lageausschnitt FLS15

Bohrverfahren: Bis 4,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 16,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 13,0 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32350816,7 / 5725341,0
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 49,75 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 48,70 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 49/2021

Beschreibung FLS15Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
0,5	Auffüllung
2,8	Quartär, Geschiebelehm
9,2	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnde Anteile Ton / Feinsand, dkl.-graubraun
11,1	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, tonig, graubraungrün
11,5	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgraubraun
12,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, graubraun
12,85	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, feucht, weich bis locker, graubraun, Schicht 1
16,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, tlws. feinsandig, graubraungrün

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im obersten durchlässigen Bereich in einer Tiefe von 12,3-12,8 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	13,0
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	12,3 bis 12,8
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	12,0 bis 13,0
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	13,0 – 16,0 10,0 – 12,0
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 12,0
Abschluss	Beton, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A8.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS15

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 1,0 m u.GOK nicht nachweisbar
bis 2,6 m u.GOK Schluff
bis 8,9 m u.GOK Ton
bis 9,9 m u.GOK Schluff
bis 10,9 m u.GOK Schluff, tonig
bis 11,9 m u.GOK Schluff
bis 13,0 m u.GOK Schluff, schwach feinsandig
bis 13,6 m u.GOK Schluff, tonig
bis 15,6 m u.GOK Schluff, schwach feinsandig
- Bohrlochneigung: max. 2 cm, gesamt 0,1°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A8.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS15

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,5 m bis 11,9 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A8.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS15

Datum 14.12.2021, Ruhewasserstand 3,41 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 13,40 m u. MPH, Wiederanstieg 30 min 10,69 m u. MPH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A8.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS15

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.8 Messstelle FLS16

Lage und Stammdaten FLS16

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 18 Foto FLS16 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):



Abbildung 19 Lageausschnitt FLS16

Bohrverfahren: Bis 6,0 m Teufe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 15,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 13,0 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32351274,1 / 5725534,4
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 44,37 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 43,30 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 50/2021

Beschreibung FLS16

Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
1,0	Auffüllung
2,0	Quartär, Geschiebelehm
2,5	Quartär, Geschiebemergel
3,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, braun
4,8	Lintforter Schichten, Schluff, schwach tonig u.feinsandig, graubraun
6,4	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, schwach feinsandig, oliv
9,3	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnd feinsandig, tonig, graubraungrün
9,7	Lintforter Schichten, Ton, stark schluffig, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgraubraun
10,4	Lintforter Schichten, Schluff bis Ton, graubraun
11,3	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, feucht, bröckelig, schwach kalkig, braungrau
12,0	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig bis tonig, braungrau
12,75	Lintforter Schichten, Feinsand, stark schluffig, locker, bröckelig, kalkfrei, braungrün, Schicht 1
14,45	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, schwach tonig, braungrau
15,0	Lintforter Schichten, Ton, stark schluffig, graubraun

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im durchlässigsten Bereich in einer Tiefe von 12,2-12,7 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	13,0
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	12,2 bis 12,7

Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	12,0 bis 13,0
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	13,0 – 15,0 10,0 – 12,0
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 12,0
Abschluss	Beton, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A9.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS16

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 1,0 m u.GOK nicht nachweisbar
bis 4,2 m u.GOK Schluff
bis 8,0 m u.GOK Schluff, lagenweise schwach tonig
bis 11,2 m u.GOK Schluff, feinsandig, schwach tonig
bis 12,0 m u.GOK Schluff, tonig
bis 13,4 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 14,3 m u.GOK Schluff
bis 14,8 m u.GOK Ton, schluffig
- Bohrlochneigung: max. 3 cm, gesamt 0,1°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A9.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS16

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,5 m bis 11,8 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A9.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS16

Datum 20.12.2021, Ruhewasserstand 3,63 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 13,31 m u. MpH, Wiederanstieg 30 min 7,22 m u. MpH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A9.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS16

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.9 Messstelle FLS18

Lage und Stammdaten FLS18

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 20 Foto FLS18 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):



Abbildung 21 Lageausschnitt FLS18

Bohrverfahren: Bis 6,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 15,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 10,0 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32351095,2 / 5725704,6
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 44,79 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 43,80 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 49-50/2021

Beschreibung FLS18Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
1,2	Auffüllung
3,1	Quartär, Geschiebelehm
6,2	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnd feinsandig, tonig, graubraungrün
6,6	Lintforter Schichten, Ton, Schluff, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgraubraun
9,1	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, tlws. feinsandig, graubraun
9,7	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, weich bis bröckelig, feucht, braunoliv, Schicht 1
12,2	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnd feinsandig, tonig, graubraun bis braungrün
13,9	Lintforter Schichten, Ton, schluffig, dkl.-braungrün
12,75	Lintforter Schichten, Feinsand stark schluffig, braungrün
15,0	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, schwach feinsandig, dkl.-braungrün

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im obersten durchlässigen Bereich in einer Tiefe von 9,1-9,6 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	10,0
Ausbauerdurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	9,1 bis 9,6
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	9,0 bis 10,0
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8
Lage Tondichtungen [m u. GOK]	10,0 – 15,0 0,5 – 9,0
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	keine
Abschluss	Beton, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A10.1-2.

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS18

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 0,8 m u.GOK nicht nachweisbar
bis 2,9 m u.GOK Schluff, tonig
bis 3,7 m u.GOK Ton
bis 6,3 m u.GOK Schluff
bis 8,1 m u.GOK Schluff, tonig
bis 9,8 m u.GOK Schluff, schwach feinsandig
bis 12,4 m u.GOK Schluff, tonig
bis 13,7 m u.GOK Ton, schluffig
bis 14,4 m u.GOK Schluff
- Bohrlochneigung: max. 2 cm, gesamt 0,1°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A10.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS18

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,9 m bis 8,9 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A10.7-8.

Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS18

Datum 16.12.2021, Ruhewasserstand 2,25 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 10,32 m u.MpH, Wiederanstieg 30 min 9,43 m u.MpH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A10.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS18

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.

2.10 Messstelle FLS20

Lage und Stammdaten FLS20

Messstellenart: Überflur-Messstelle

Messstellenfoto:



Abbildung 22 Foto FLS20 (Aufnahme vom 15.12.2021)

Lageausschnitt (siehe auch Anlage A1):

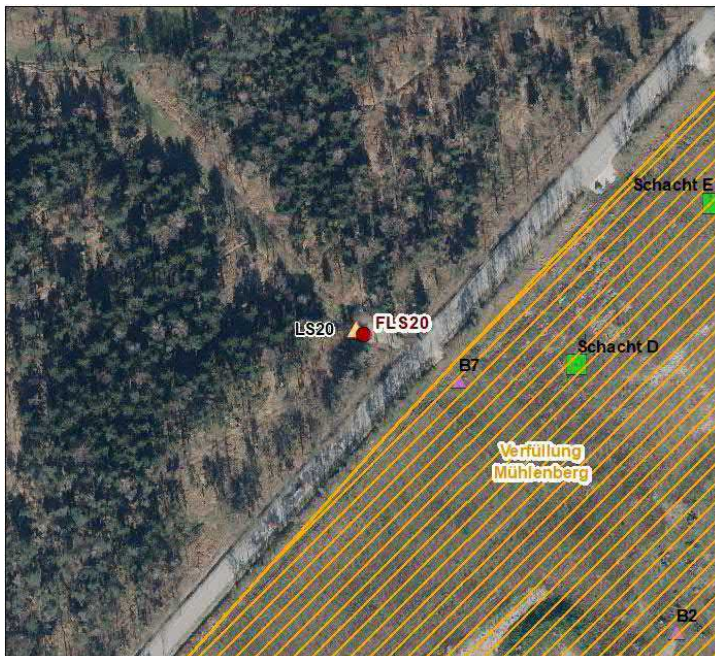


Abbildung 23 Lageausschnitt FLS20

Bohrverfahren: Bis 4,0 m Tiefe Trockenbohrung DN 324 und Setzen eines Standrohres, Kernbohrung bis 21,0 m Endteufe ca. DN 150, Aufweiten auf DN 244 im Lufthebebohrverfahren bis 20,0 m u.GOK.

Stammdaten:

- Lagekoordinaten (UTM): 32350959,7 / 5725518,9
- Messpunkthöhe (OK Verschlusskappe [m NHN]): 48,52 (SEBA-Kappe geschlossen)
- GOK 47,70 [m NHN]
- Erstellt (KW/Jahr): 41-42/2021

Beschreibung FLS20Kurzbeschreibung der erbohrten Schichtenfolge:

Teufe bis [m u. GOK]	Zusammenfassende Beschreibung gem. Bohransprache
0,25	Auffüllung
4,0	Quartär, Geschiebelehm
6,0	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, tonig, dkl.-grau
9,25	Lintforter Schichten, Schluff bis Ton, schwach feinsandig, graubraungrün
9,8	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, Mergelschicht, sehr stark kalkig, hellgraubraun
12,0	Lintforter Schichten, Schluff, wechselnd feinsandig u. tonig, graubraun bis braungrün
13,45	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, weich, feucht bis nass, graubraungrün, Schicht 1
14,0	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, graubraungrün
17,1	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, graubraun
17,9	Lintforter Schichten, Schluff, feinsandig, graubraun
19,15	Lintforter Schichten, Schluff, tonig, schwach feinsandig, graubraun
19,8	Lintforter Schichten, Schluff, stark feinsandig, weich, schwach kalkig, feucht bis nass, graubraun, Schicht 2
21,0	Lintforter Schichten, Schluff, stark feinsandig, tlws. schwach tonig, dkl.-graubraun

Der Ausbau mit Filterrohr erfolgte im unteren, durchlässigen Bereich in einer Tiefe von 19,25-19,75 m u.GOK.

Messstellenausbau:

Bohrdurchmesser [mm]	244 mm
Endteufe [m u. GOK]	20,0
Ausbaudurchmesser [mm]	DN 65
Lage Filterstrecke [m u. GOK]	19,25 bis 19,75
Schlitzweite der Filterstrecke [mm]	0,3
Lage Filtersand [m u. GOK] inkl. Gegenfilter	19,0 bis 20,0
Körnung des Filtersandes [mm]	0,4-0,8

Lage Tondichtungen [m u. GOK]	20,0 – 21,0 17,0 – 19,0
Lage Ton-Zementsuspension [m u. GOK]	0,5 – 17,0
Abschluss	Beton, Schutzrohr DN 100 mm, 4" SEBA-Kappe

Die Bohr- und Ausbauverzeichnisse und -darstellungen befinden sich in Anlage A11.1-2

Geophysikalische Vermessung des offenen Bohrlochs FLS20

Zusammengefasstes Ergebnis:

- Geologie / Lithologie: bis 1,0 m u.GOK Schluff bis Sand
bis 2,6 m u.GOK Ton
bis 5,4 m u.GOK Schluff
bis 10,2 m u.GOK Ton
bis 11,9 m u.GOK Schluff, tonig
bis 13,3 m u.GOK Schluff, feinsandig
bis 14,4 m u.GOK Ton, stark schluffig
bis 17,0 m u.GOK Schluff, tonig
bis 19,8 m u.GOK Schluff, feinsandig, tlws. Tonig
bis 20,5 m u.GOK Ton, stark schluffig
bis 21,4 m u.GOK Schluff bis Sand
- Bohrlochneigung: max. 9 cm, gesamt 0,2°; Befund: i. O.

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen im offenen Bohrloch befindet sich in Anlage A11.4-6.

Geophysikalische Kontrolle des Messstellenausbaus FLS20

Ergebnis der Messstellenkontrolle

- Zustand des Messstellenausbaus und des Ringraums: Messstellenausbau i. O., Ringraumverfüllung (Tonsperre 0,7 m bis 18,9 m u. GOK)
- Besonderheiten: keine
- Zusätzliche Kontrollen: keine

Die Dokumentation der geophysikalischen Vermessungen zur Messstellenkontrolle befindet sich in Anlage A11.7-8.

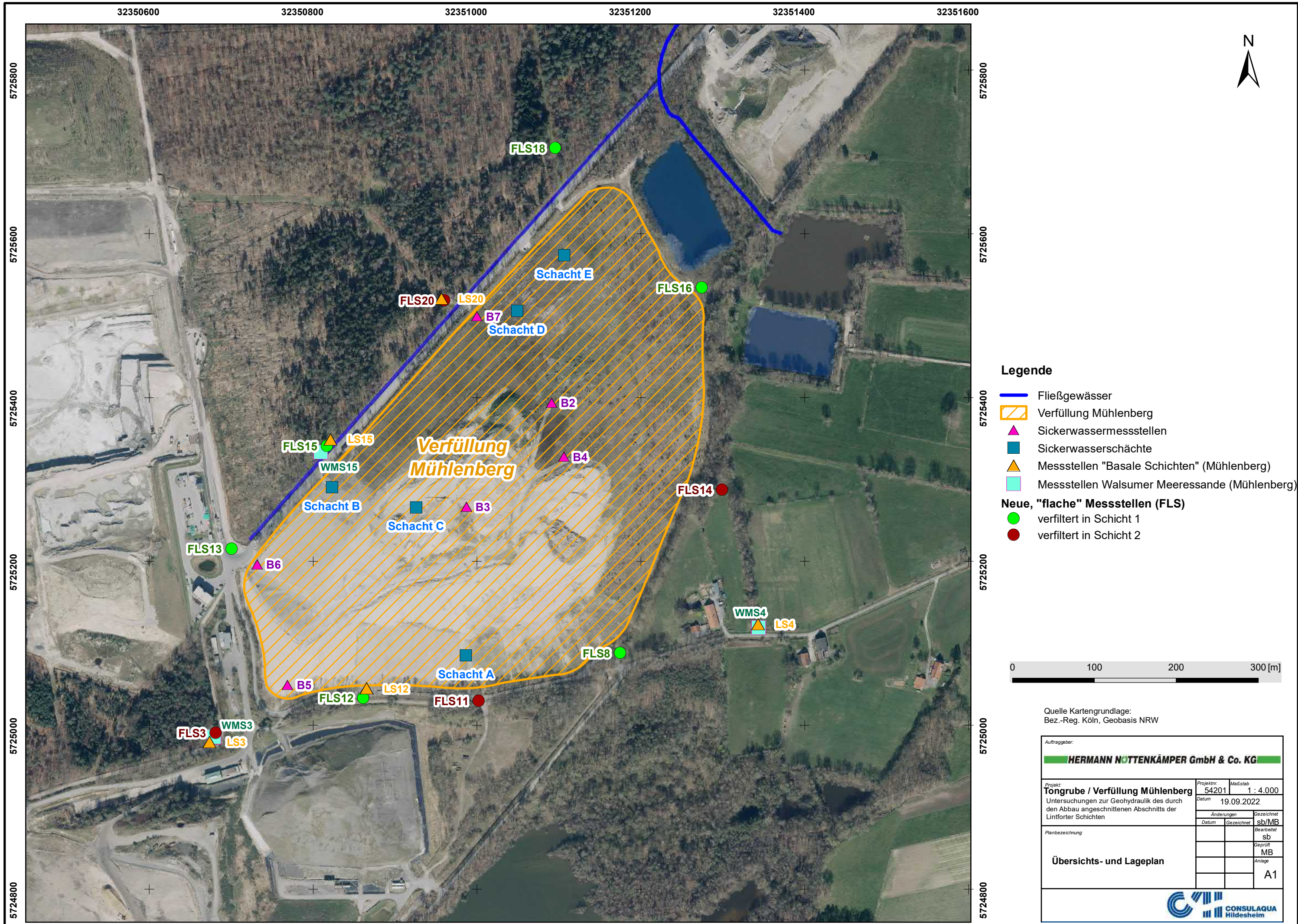
Klarspülen nach Messstellenerrichtung FLS20

Datum 03.11.2021, Ruhewasserstand 8,85 m u.MpH (Messpunkthöhe), Auffüllen und Ausblasen mit Kompressor, WSP 20,30 m u.MpH, Wiederanstieg 30 min 17,65 m u.MpH, erneutes Klarspülen und Ausblasen.

Das Klarpumpprotokoll befindet sich in Anlage A11.9.

Gesamtbewertung der Messstellen-Qualität FLS20

Die Messstelle entspricht vollumfänglich den baulichen und fachlichen Vorgaben und ist für die hydraulische und hydrochemische Überwachung geeignet.



- Legende**
- Fließgewässer
 - Verfüllung Mühlenberg
 - ▲ Sickerwassermessstellen
 - Sickerwasserschächte
 - ▲ Messstellen "Basale Schichten" (Mühlenberg)
 - Messstellen Walsumer Meeressande (Mühlenberg)
- Neue, "flache" Messstellen (FLS)**
- verfiltert in Schicht 1
 - verfiltert in Schicht 2

Quelle Kartengrundlage:
Bez.-Reg. Köln, Geobasis NRW

Auftraggeber:			
HERMANN NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG			
Projekt:	Projektnr.:	Maßstab:	
Tongrube / Verfüllung Mühlenberg	54201	1 : 4.000	
Untersuchungen zur Geohydraulik des durch den Abbau angeschnittenen Abschnitts der Linforter Schichten			
Datum:	19.09.2022	Gezeichnet:	sb/MB
Änderungen		Datum:	Gezeichnet:
			sb
Planbezeichnung:		Geprüft:	
Übersichts- und Lageplan		MB	
		Anlage:	
		A1	



Anl. A2.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 5		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 3							Bohrzeit: 28.10.21 Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
0,30	a) Aufschüttung b) Schotter c) d) e) graubunt f) g) h) i)							
0,50	a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig, sehr schwach mittelkiesig b) c) locker gelagert d) e) graubraun f) g) h) i)							
1,00	a) Feinsand, stark schluffig, schwach mittelsandig b) c) locker gelagert, weich d) e) graubraun f) g) h) i)							
3,50	a) Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, sehr schwach tonig b) c) d) e) grauorange f) g) h) i)							
4,40	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf							
4,80	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k1							

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 5

Projekt: 54201									
Bohrung: FLS 3								Bohrzeit: 28.10.21 Schroeter	
1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
5,20	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
6,45	a) Schluff, schwach tonig b) vereinzelt Muschelstücke,erdfeucht-trocken c) steif, fest d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k1								
6,90	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) locker gelagert, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
7,30	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
9,35	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) vereinzelt Tonbänder, erdfeucht-trocken c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 5

Projekt: 54201									
Bohrung: FLS 3								Bohrzeit: 28.10.21 Schroeter	
1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
10,15	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) trocken - schwach erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
11,55	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) schwach erdfeucht - trocken c) steif, fest d) e) graugrün f) g) h) i) k								
11,75	a) Ton bis Schluff b) trocken, Tonstein c) fest d) e) hellgrau f) g) h) i) k5					Mergelschicht			
12,30	a) Ton bis Schluff b) erdfeucht-trocken c) steif d) e) grau f) g) h) i) k5								
13,40	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) graubraun f) g) h) i) k					12,5 - 12,7 m feucht-nass Schicht 1 (12,5 - 13,4 m)			

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 4 von 5

Projekt: 54201									
Bohrung: FLS 3								Bohrzeit: 28.10.21 Schroeter	
1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
14,60	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
15,75	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
16,05	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht-trocken c) steif, fest d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
17,80	a) Schluff, schwach tonig b) fast trocken c) steif, fest d) e) graubraun f) g) h) i) k					stark kalkhaltig bei 17,3 m			
19,30	a) Ton bis Schluff b) vereinzelt Muscheln, trocken c) fest d) e) graugrün f) g) h) i) k5								

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

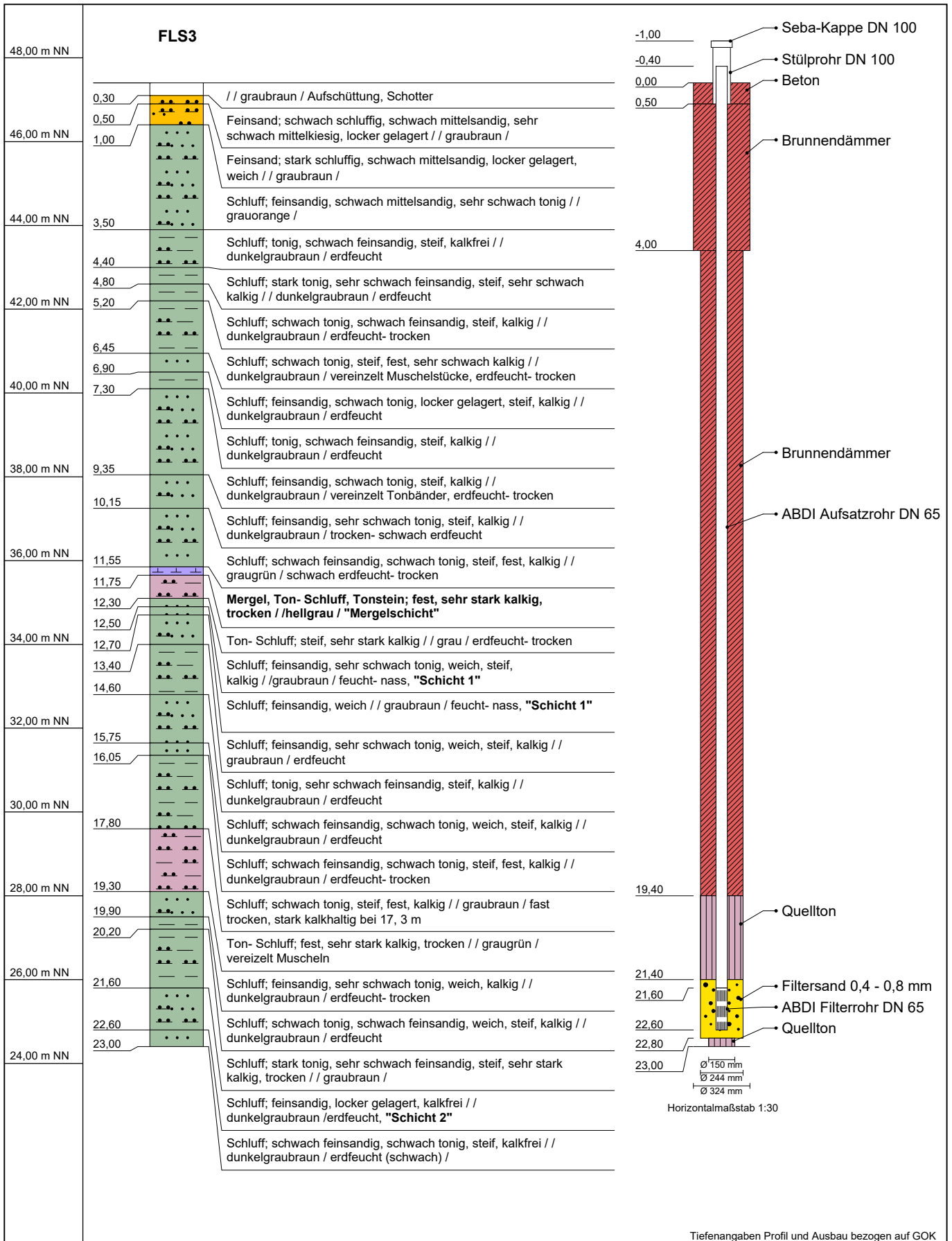
Seite 5 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 3

Bohrzeit:
28.10.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
19,90	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht-feucht c) weich d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges			
20,20	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k					
21,60	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) trocken c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k5					
22,60	a) Schluff, feinsandig b) erdfeucht c) locker gelagert d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf					
23,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht (schwach) c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf					
			Schicht 2			
			Endteufe			



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK		
Name d. Bhrg.	FLS3	Bhrg. Id: 22120003
Autor	Georg Schroeter	RW: 350680,9
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5724990,9
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 47,4
Anlage	A2.2	Maßstab : 1:125



Bördestraße 3
 31135 Hildesheim
 www.consulaqua.de
 Tel.: +49 5121 7682 0
 Fax: +49 5121 7682 82

Bohrung FLS3-Kern - 28.10.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	3,5 – 4,0 m		13,0 – 14,0 m
	4,0 – 5,0 m		14,0 – 15,0 m
	5,0 – 6,0 m		15,0 – 16,0 m
	6,0 – 7,0 m		16,0 – 17,0 m
	7,0 – 8,0 m		17,0 – 18,0 m
	8,0 – 9,0 m		18,0 – 19,0 m
	9,0 – 10,0 m		19,0 – 20,0 m
	10,0 – 11,0 m		20,0 – 21,0 m
	Mergel 11,55-11,75m		Schicht 2 21,6-22,6m
	Detailuntersuchung 11,0 – 12,0 m		22,0 – 23,0 m
	Schicht 1 12,3-12,7m		
	12,0 – 13,0 m		



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A - 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 - Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Anlage A2.4

Bericht

**zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 3
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 290 H: 57 25 010
Messdatum: 28.10.2021**

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie.....	5
2.3	Full Wave Sonic.....	6
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 3, Verfüllung Mühlenberg wurden am 28.10.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte
- **Full Wave Sonic (FWS):** Ermittlung von gesteinsmechanischen Eigenschaften

Die Bohrung FLS 3 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 4,0 m und mit 154 mm von 4,0 – 23,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 23,0 m. Von -0,44 – 4,0 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 23,0 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

Full Wave Sonic und mechanische Gesteinsparameter

Die Messung des Full Wave Sonic (**FWS**) erfolgt ausschließlich in flüssigkeitserfüllten Bohrlöchern und nutzt die Ausbreitung von Ultraschallwellen zur Charakterisierung des Anstehenden. Bei diesem Verfahren werden mehrere Sender und Empfänger verwendet, welche in unterschiedlichen feststehenden Abständen zueinander positioniert sind. Die empfangenen Signale werden in ihrer Laufzeit und Amplitude aufgezeichnet und als Wellenbild dargestellt. Aus den Empfänger-Anordnungen RX1-RX2 und RX1-RX3 wurde die Differenzlaufzeit (Slowness) der P-Welle ermittelt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 3,7 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist unterhalb des Schutzrohres bis in 4,2 m zunächst deutlich erweitert und weist Durchmesser von durchschnittlich ca. 208 mm und einen Maximalwert von 255 mm auf. Im Liegenden nimmt der Bohrlochdurchmesser kontinuierlich ab. Bis in ca. 12 m liegt er bei durchschnittlich 165 mm und darunter bis zur maximalen Messteufe bei durchschnittlich 158 mm.

Die Kaliber-Messung ergibt einen durchschnittlichen Bohrlochdurchmesser von ca. 162 mm und ist somit geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 0,5°. Der Abstand aus der Lotrechten steigt kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 22,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung 0,2° in Richtung West (283°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,07 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 3,7 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Schluff und Ton an. Schichten aus Ton bzw. mit tonigen Anteilen (0,8 – 9,1 m, 9,1 – 11,1 m, 11,8 – 12,3 m, 15,7 – 19,3 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität auf. Feinsandige Anteile (11,1 – 11,8 m, 12,3 – 13,2 m, 14,0 – 15,7 m, 19,3 – 20,0 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten. Im Abschnitt von 20,0 – 22,7 m ist die Gammaaktivität abwechselnd erhöht und vermindert, weshalb hier tonige bzw. feinsandige Lagen interpretiert wurden. Die P-Wellen-Slowness liegt im gesamten Untersuchungsbereich in einem Wertebereich von ca. 600 – 680 µs/m.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
Grundwassergeringleiter	0,8	nicht nachweisbar
	3,8	Ton, schluffig
	9,1	Ton
	11,1	Schluff, schwach tonig
	11,8	Schluff, feinsandig
	12,3	Schluff, tonig
	13,2	Schluff, feinsandig
	14,0	Schluff
	15,7	Schluff, stark feinsandig
	19,3	Schluff, schwach tonig
	20,0	Schluff, stark feinsandig
		Schluff, lagenweise schwach feinsandig, lagenweise schwach tonig
	22,7	

2.3 Full Wave Sonic

Die aus dem Full Wave Sonic ermittelten Differenzlaufzeiten liegen zwischen 600 – 680 $\mu\text{s}/\text{m}$. In Abgleich mit der Literatur entsprechen diese etwa typischen Werten von Wasser. Dies ist eine Indikation für ein sehr langsames Gebirge (langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallsignale) und deckt sich prinzipiell mit der angetroffenen Lithologie. Bei einem sehr langsamen Gebirge (Ton, Schluff) kann dies ein verfahrenstypisches Problem sein, bei dem das bohrlochnahe Sediment durch Bohr- und Spülungseinflüsse sowie Standzeit (Quellen) weiter aufgelockert wird und dies zu einem nicht verwertbaren Schalllaufzeitergebnis führt. Die eingesetzte Methode des Full Wave Sonic liefert daher bei der angetroffenen Lithologie keinen Mehrwert für eine Interpretation der Lithologie.

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 3, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 162 mm geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,07 m Abstand in 22,0 m Teufe (TVD) bei $0,2^\circ$ in Richtung West (283°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungssteufe von 0,8 – 22,7 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 11,1 – 11,8 m, 12,3 – 13,2 m, 14,0 – 15,7 m und 19,3 – 20,0 m.

tegeo

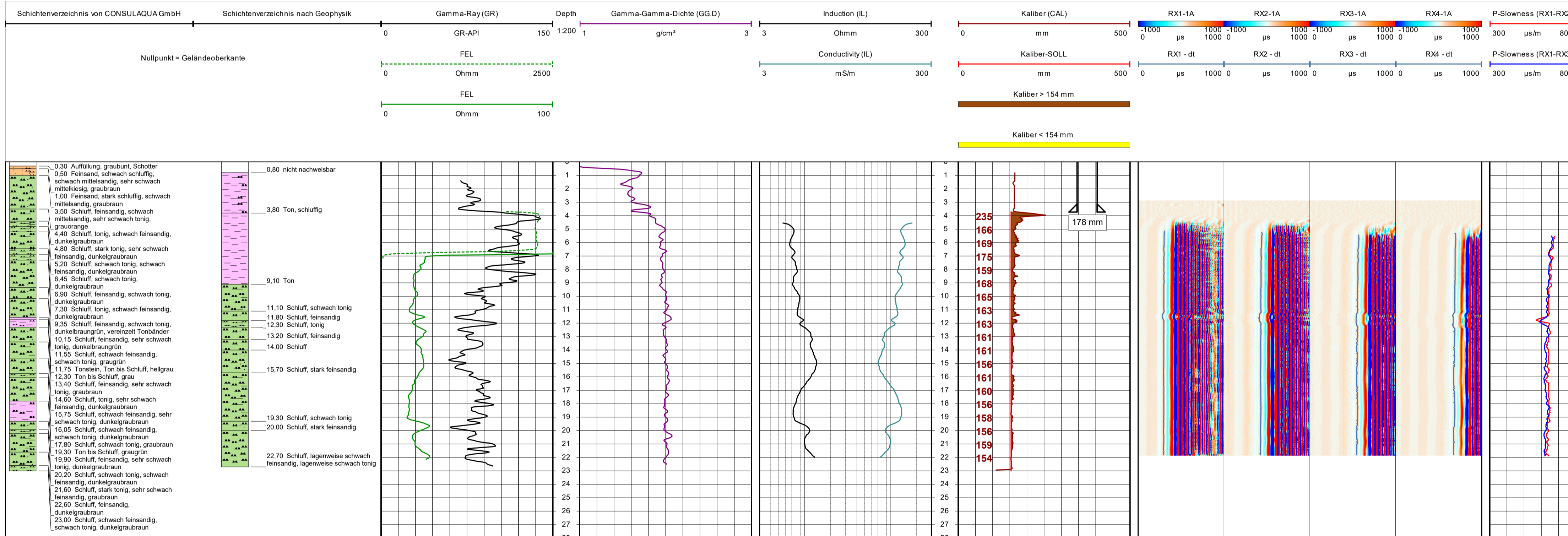
Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 25.11.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister	M. Tünke	
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT		Bohrverfahren		
Nullpotential "N"				(Abst. m)	
Gerätedaten		Messdaten			
Messung: GR	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 2500/100 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: BA	Sonde Nr.: 1459001	ø var mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: IL	Sonde Nr.: H 385 F	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: CAL	Sonde Nr.: 3-78	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 mm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 1476015	ø 52 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: FWS	Sonde Nr.: 202916	ø 50 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Quelldaten					
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: AG-3386	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>					
Bemerkungen:					

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 3 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



TEGMAYER GEOPHYSIK GMBH
 Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber: **ARGE SAD Hünxe** Auftr.Nr.: **B-21045**

Bauher: **Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG**

Bohrung: **FLS 3**

Gemarkung/Ort: **Verfüllung Mühlenberg** An- u. Abfahrt km: **600**

Land: **Nordrhein-Westfalen** Kreis: **Wesel**

Topogr. Karte: **4307 Dorsten** Andere Messungen:

Rechtswert: **25 58 290** Teufenskala:

Hochwert: **57 25 010** Höhe ü. NN: **ca. 48 m** **1:200**

Teufenbezugspunkt: **Geländeoberkante**

Messbezugspunkt: **OK Standrohr** **0,44 m** über Teufenbezugspunkt

Bohrbezugspunkt: **Geländeoberkante** **m** über Teufenbezugspunkt

Datum	Uhrzeit		Wartezeit	Rohrschuh:	
	Messbeginn	Messende			
28.10.2021	13:00	15:45		3,7 m	
				23,0 m	

Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D	FWS
Tiefst.Messp.	22,5 m	22,0 m	22,0 m	22,0 m	23,0 m	22,5 m	22,0 m
Höchst.Messp.	1,5 m	3,5 m	1,0 m	4,5 m	1,0 m	0,0 m	3,0 m

Spülung: Zusammensetzung		Wasser		
Spülung: Spez. Gewicht	g/cm³		Spülung: Viskosität	sec.
Spülung: Rm	Ohmm bei °C		Spülung: pH-Wert	
Herkunft Spülungsprobe:		Letzter Spülungsumlauf:		

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
C. Etongo	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	4,0	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,44	3,7
154 mm	4,0	23,0				



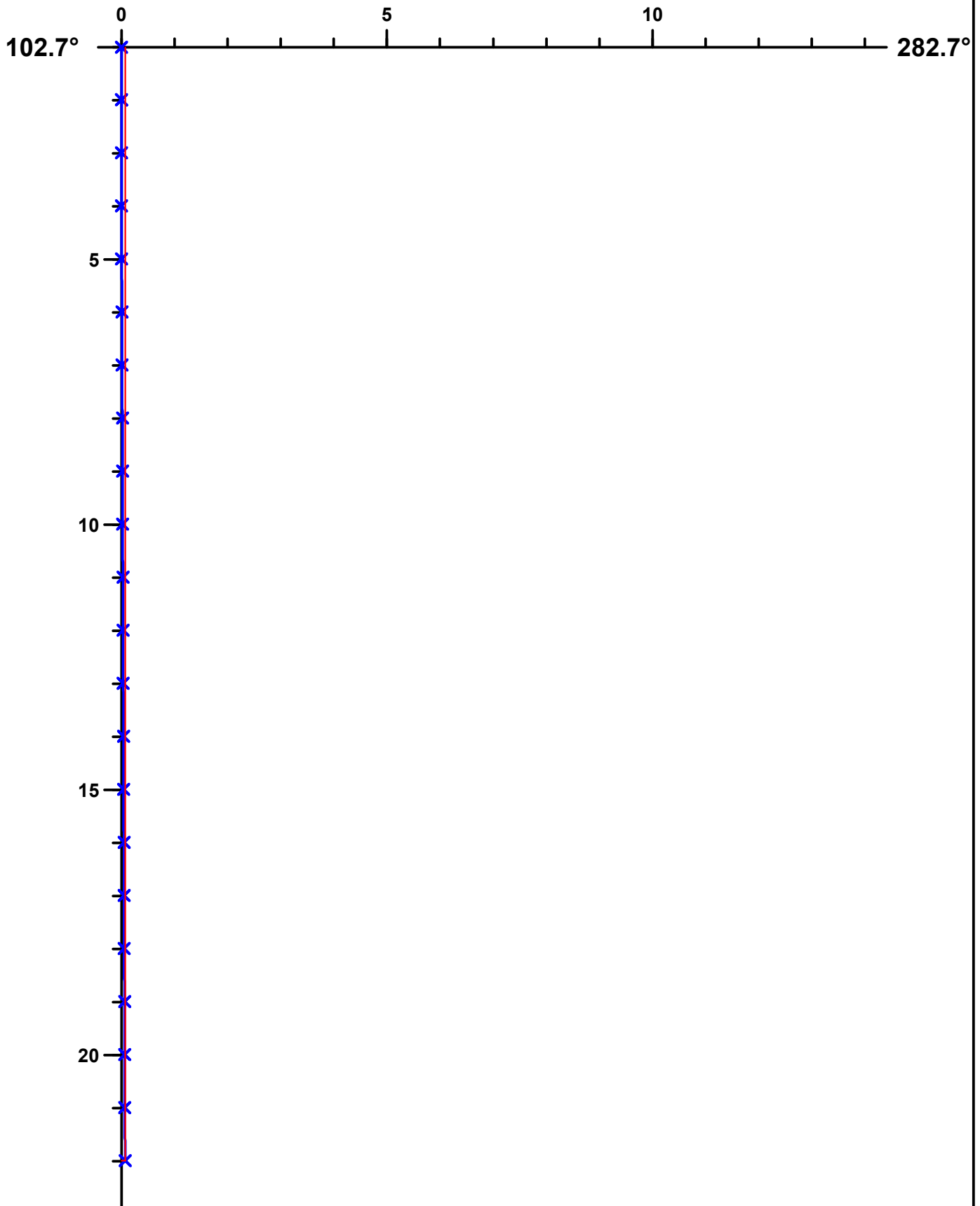
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt **Anlage A2.6**

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 3
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 28.10.2021



Maximale Abweichung: (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.2°



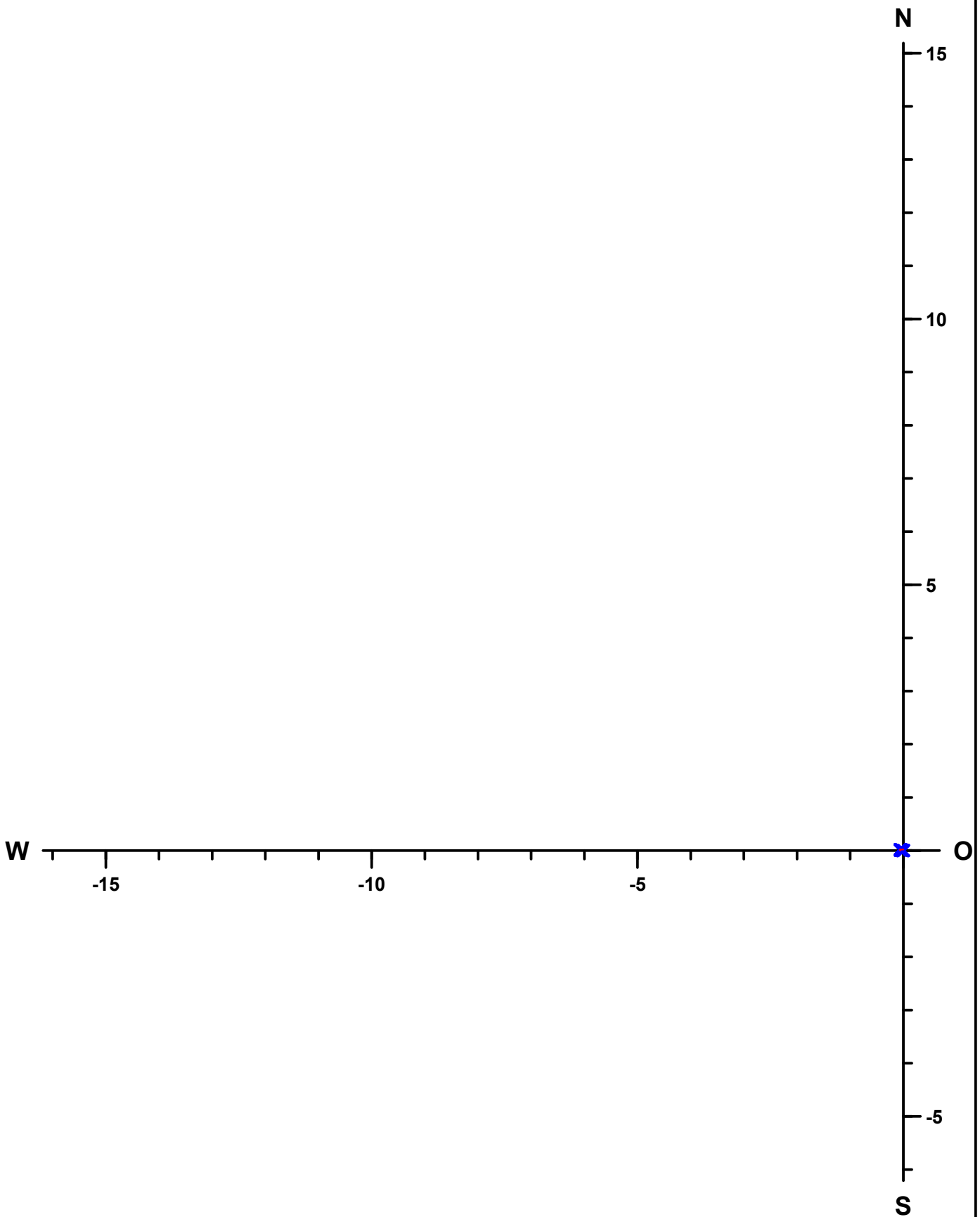
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 3
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 28.10.2021



Maximale Abweichung: (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.2°



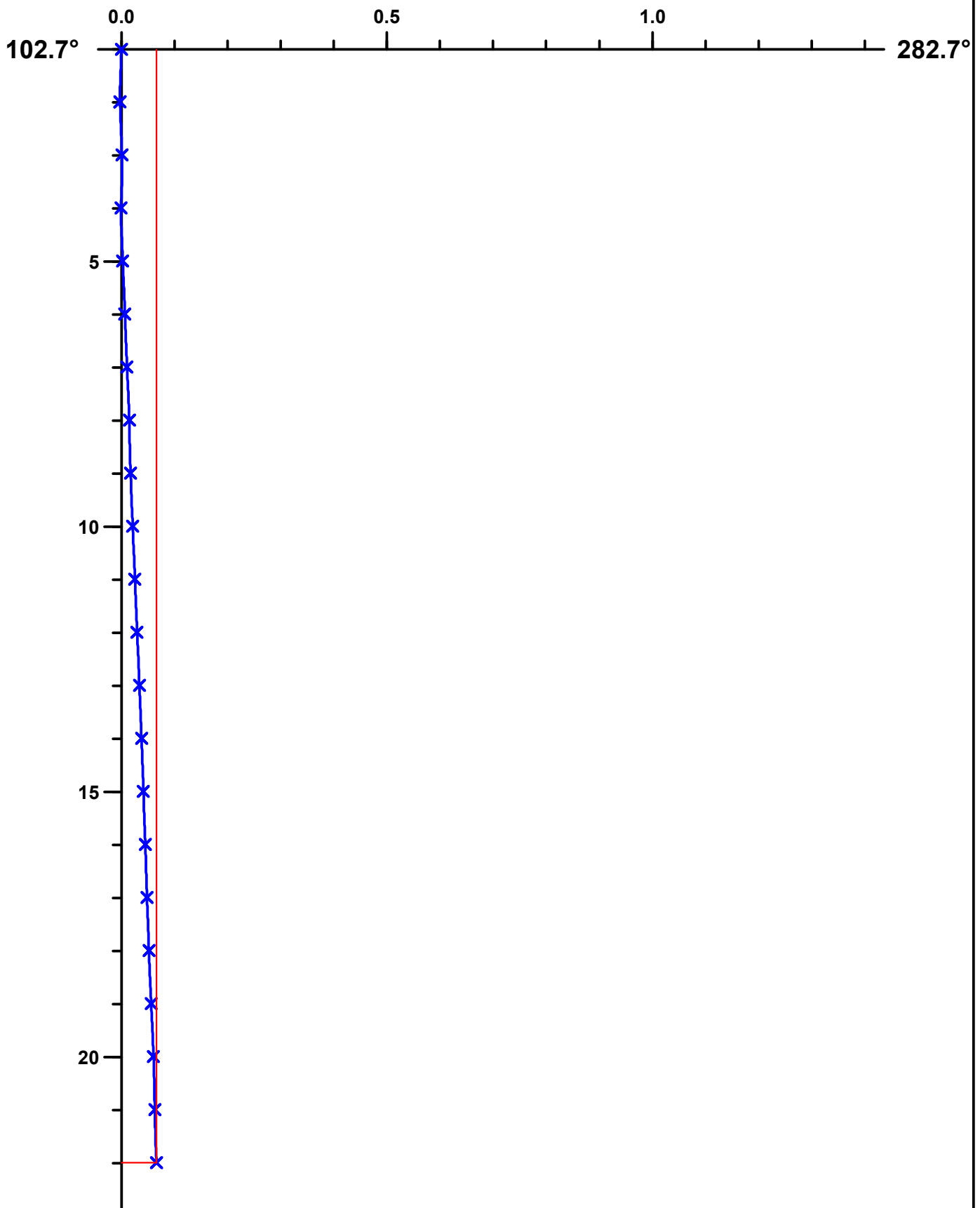
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 3
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 28.10.2021



Maximale Abweichung: (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.2°



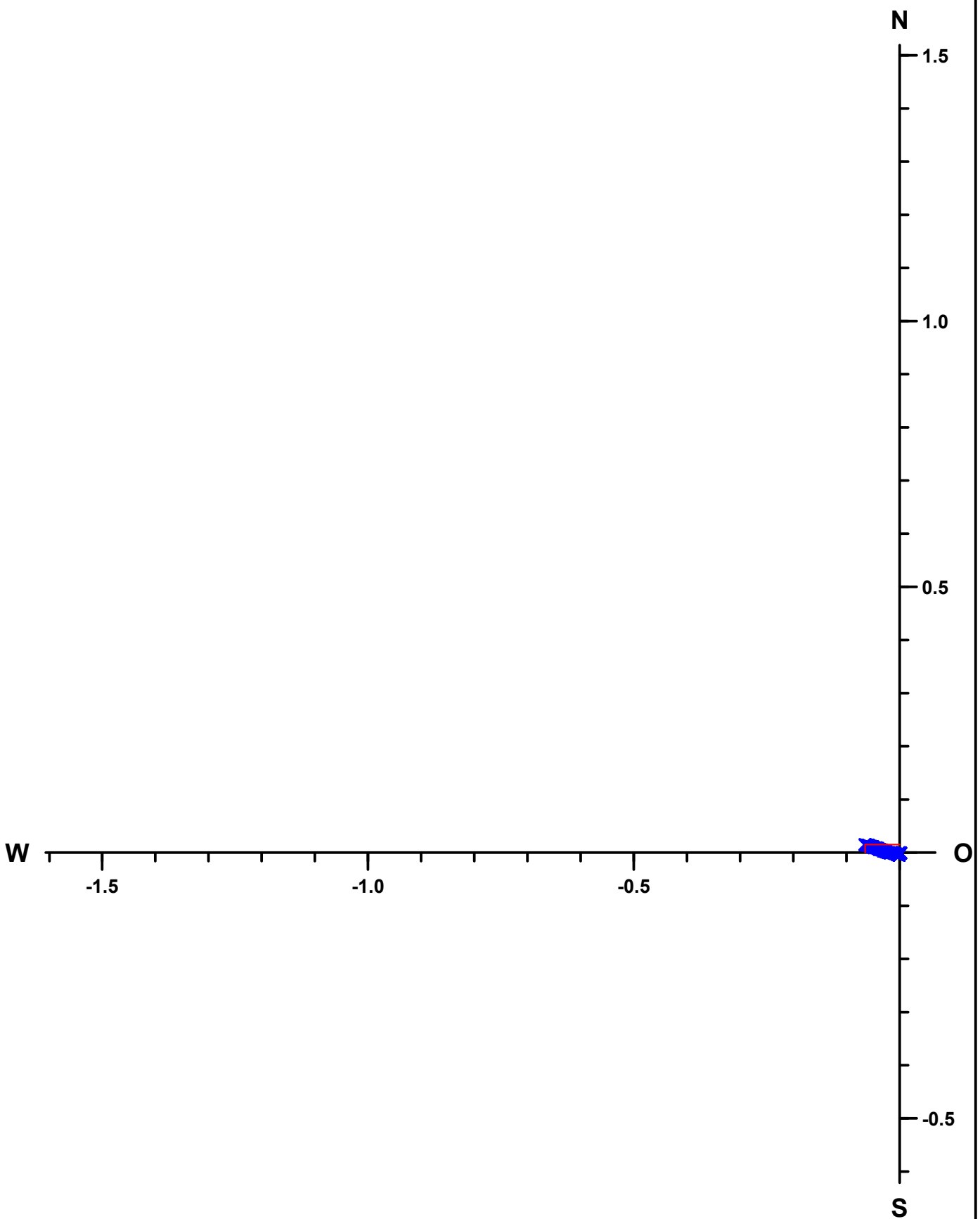
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 3
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 28.10.2021



Maximale Abweichung: (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.07m , 282.7°) @ 22.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.2°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 3
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 28.10.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
1m	0.2°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	1.00m
2m	0.2°	0.00m	120.4°	0.00m	-0.00m	2.00m
3m	0.3°	0.00m	213.1°	-0.00m	-0.00m	3.00m
4m	0.2°	0.00m	181.4°	-0.00m	-0.00m	4.00m
5m	0.3°	0.01m	217.5°	-0.00m	-0.00m	5.00m
6m	0.2°	0.01m	251.4°	-0.01m	-0.00m	6.00m
7m	0.3°	0.01m	265.7°	-0.01m	-0.00m	7.00m
8m	0.2°	0.02m	270.7°	-0.02m	0.00m	8.00m
9m	0.2°	0.02m	265.8°	-0.02m	-0.00m	9.00m
10m	0.3°	0.02m	269.8°	-0.02m	-0.00m	10.00m
11m	0.2°	0.03m	273.6°	-0.03m	0.00m	11.00m
12m	0.3°	0.03m	275.3°	-0.03m	0.00m	12.00m
13m	0.2°	0.03m	278.7°	-0.03m	0.01m	13.00m
14m	0.2°	0.04m	279.7°	-0.04m	0.01m	14.00m
15m	0.2°	0.04m	280.4°	-0.04m	0.01m	15.00m
16m	0.2°	0.04m	280.9°	-0.04m	0.01m	16.00m
17m	0.2°	0.05m	281.3°	-0.05m	0.01m	17.00m
18m	0.2°	0.05m	281.8°	-0.05m	0.01m	18.00m
19m	0.3°	0.06m	282.4°	-0.05m	0.01m	19.00m
20m	0.2°	0.06m	283.5°	-0.06m	0.01m	20.00m
21m	0.1°	0.06m	282.5°	-0.06m	0.01m	21.00m
22m	0.5°	0.07m	282.7°	-0.06m	0.01m	22.00m



Bericht

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 3
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 290 H: 57 25 010
Messdatum: 09.12.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 3, Verfüllung Mühlenberg wurden am 09.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 28.10.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL, FWS und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 29.10.2021) der Messstelle FLS 3 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (AusbausOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 4,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm, bis in 22,8 m mit 244 mm und bis in 23,0 m mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 21,6 – 22,6 m ist die Messstelle hydraulisch an Schluff angeschlossen (insgesamt 1 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,4 – 21,6 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -1,0 – 0,5 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Beton von 0,0 – 0,5 m, Brunnendämmer von 0,5 – 19,4 m und Quellton von 19,4 – 21,4 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 22,8 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 22,6 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RG.G.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast

(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Verringerung des spezifischen elektrischen Widerstands (erhöhte Leitfähigkeit, hellblaue Schraffur im Messplot) in 21,6 m Teufe beschreibt die Filterrohroberkante. Die Unterkante des Filters konnte ausbaubedingt nicht abgebildet werden. Insgesamt werden 0,2 m Filterstrecke nachgewiesen. Die maximale Messteufe beträgt 21,8 m. Unter der Annahme eines projektgerechten Ausbaus, beträgt die Filterlänge 1 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	-1,0 – 0,5	-0,9 – ?
PVC-Vollrohr	-0,4 – 21,6	-0,37 – 21,6
PVC-Filterrohr	21,6 – 22,6	21,6 – 22,6?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 11,5 m. An der Verbindung in 14,6 m ist ein geringer Peak festzustellen. Dieser Stromfluss weist auf eine potenzielle Leckage und Undichtigkeit an der Rohrverbindung hin. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,6 – 19,0 m und eine Tonsperre von 19,0 – 21,3 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der natürlichen Radioaktivität bzw. Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein deutlicher Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine weitgehend radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 21,3 – 22,6 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 22,8 – 23,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2

Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,6
Beton	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 19,4	0,6– 19,0
Quellton / Tonsperre	19,4 – 21,4	19,0 – 21,3
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	21,4 – 22,8	21,3 – 22,6
Quellton	22,8 – 23,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 3, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filteroberkante konnte in 21,6 m festgestellt werden und ist somit projektgerecht positioniert.

Die Rohrverbindung in 14,6 m zeigt einen Stromfluss, welcher auf eine potenzielle Undichtigkeit hinweisen kann. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,6 – 19,0 m und eine Tonsperre von 19,0 – 21,3 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

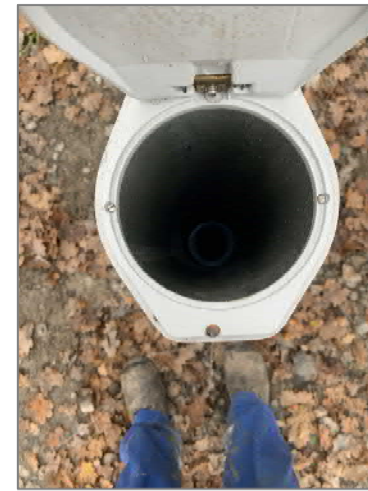
tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

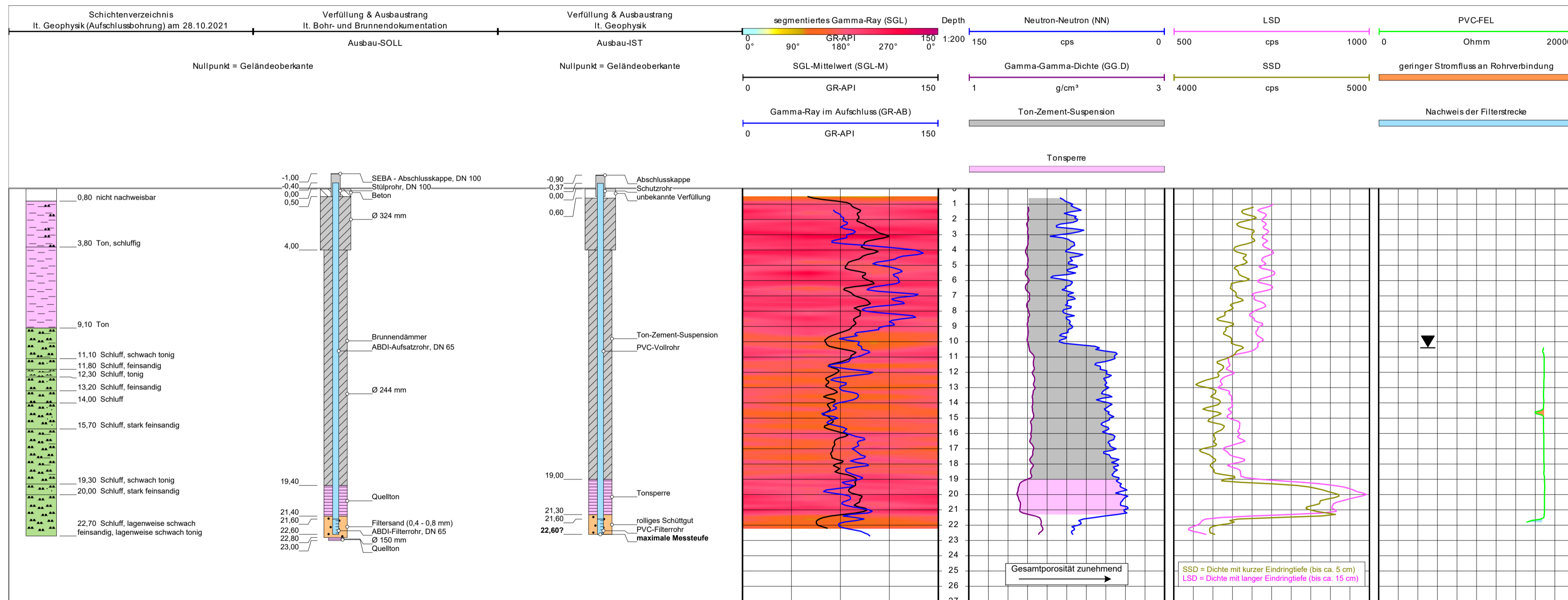
Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth

Anlage A2.8



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 3 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH
 Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Brunnen: FLS 3

Gemarkung/Ort: Verfüllung Mühlenberg **An- u. Abfahrt km:** 600
Land: Nordrhein-Westfalen **Kreis:** Wesel

Topogr. Karte: 4307 Dorsten
Rechtswert: 25 58 290
Hochwert: 57 25 010 **Höhe ü. NN:** ca. 48 m

Andere Messungen:
Teufenskala: 1:200

Teufenbezugspunkt: Geländeoberkante
Messbezugspunkt: OK Abschlusskappe **0,90 m** über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt: Geländeoberkante **?** m über Teufenbezugspunkt

Datum	Messbeginn	Messende	Wartezeit	Rohrschuh:
09.12.2021	12:15	13:45		m
				Endteufe: 22,6? m

Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL
Tiefst. Messp.	22,0 m	22,5 m	22,5 m	22,0 m
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	1,0 m	10,5 m

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
H. Scharfenberg	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	

CONSULAQUA GmbH

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten		
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m bis m
324 mm	0,0	4,0	DN 100	Schutzrohr	-0,9 ?
244 mm	4,0	22,8	DN 65	PVC-Vollrohr	-0,37 21,6
150 mm	22,8	23,0	DN 65	PVC-Filterrohr	21,6 22,6?

Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: **FLS 3**

Wasserspiegel 10,86 m unter OK. Ausbaurohr (= GOK. + 40cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m ³ /h]	Absenkung	Bemerkung
03.11.21	13:00:00 0,5	0	10,86	WSP. Bohrung mit Klarwasser gespült (1m ³)
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m ³ /h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			senkt bis unten ab
	0	Wiederanstiegmessung		Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		22,45	
	2 min		21,95	
	4 min		21,58	
	5 min		21,25	
	6 min		20,94	
	7 min		20,77	
	8 min		20,45	
	9 min		20,11	
	10 min		19,98	
	11 min		19,67	
	12 min		19,46	
	13 min		19,28	
	14 min		19,04	
	15 min		18,85	
	16 min		18,69	
	17 min		18,44	
	18 min		18,27	
	19 min		18,09	
	20 min		17,94	
	21 min		17,77	
	22 min		17,62	
	23 min		17,47	
	24 min		17,31	
	25 min		17,16	
	26 min		17,02	
	27 min		16,88	
	28 min		16,75	
	29 min		16,62	
	30 min		17,49	
			17,36	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegmessung vom 03.11. bis 05.11.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 05.11.21

Anl. A3.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 4		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 8							Bohrzeit: 11.11.21 Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
0,40	a) Aufschüttung b) Schotter c) d) e) f) g) h) i)							
1,70	a) Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, schwach tonig, sehr schwach grobsandig bis sehr schwach kiesig b) feucht, rostfleckig c) weich d) e) grau, orange f) Geschiebelehm, Geschiebemergel g) h) i) k2							
2,50	a) Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, schwach tonig, sehr schwach grobsandig bis sehr schwach kiesig b) feucht c) weich d) e) braun f) Geschiebelehm, Geschiebemergel g) h) i) k2							
4,40	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig, sehr schwach mittelsandig b) erdfeucht, teilweise rostfleckig c) weich, steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) kf							
5,40	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht, vereinzelt Sandlinsen 0,5-1 cm c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k2							

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 4

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 8

Bohrzeit:
11.11.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe			
5,70	a) Schluff, tonig b) erdfeucht c) steif, fest d) e) graubraun f) g) h) i) k		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges			
6,20	a) Schluff, tonig b) erdfeucht - trocken c) fest, steif d) e) hellgrau f) g) h) i) k4					
6,60	a) Schluff, tonig b) erdfeucht - trocken c) fest, steif d) e) graugrün f) g) h) i) k4		Mergelschicht			
7,50	a) Schluff, stark feinsandig b) erdfeucht - feucht, Konkretionen c) weich, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k					
7,85	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k		15 cm Kernverlust an der Basis, unten schwach kalkhaltig			

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 4

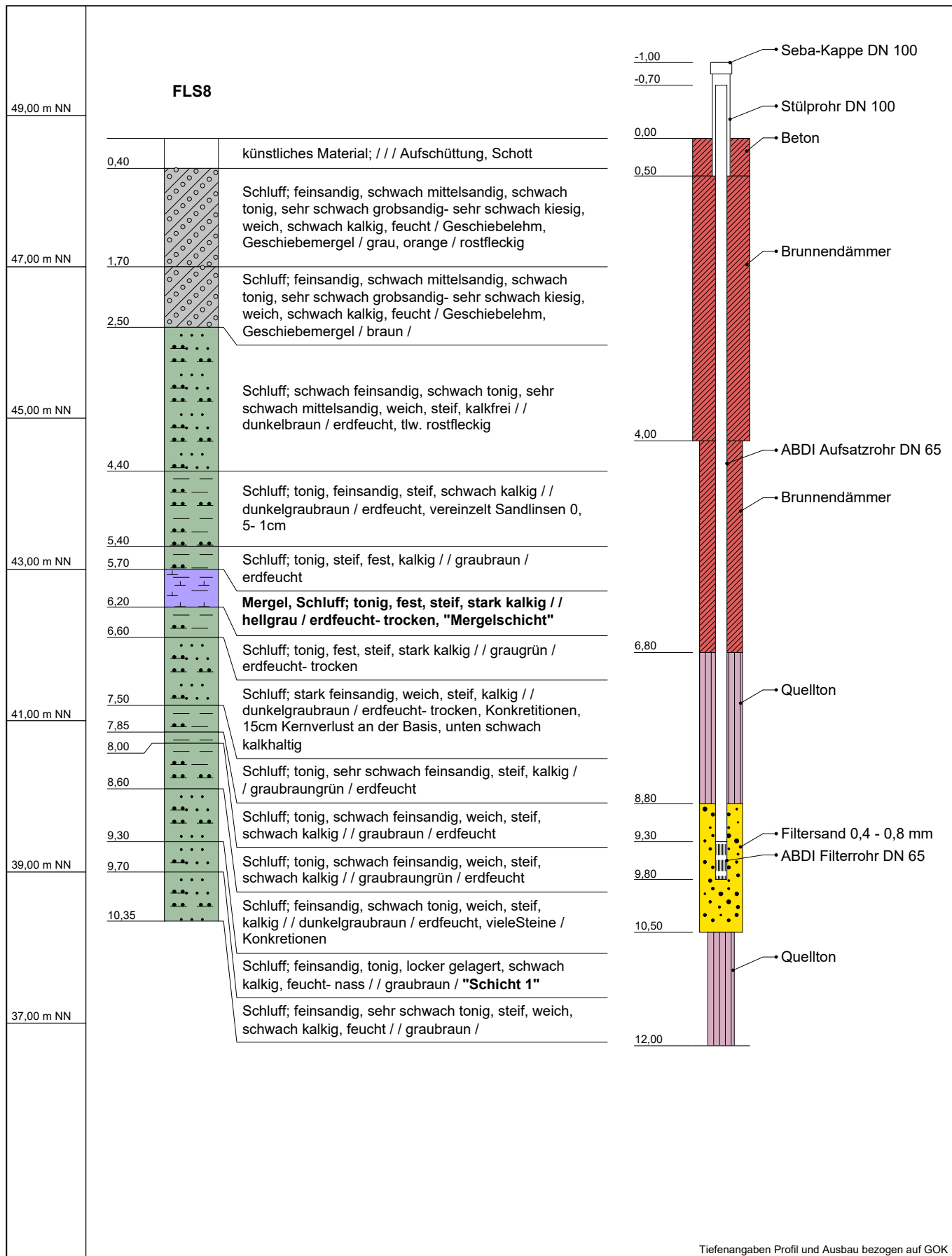
Projekt: 54201

Bohrung: FLS 8


Bohrzeit:
11.11.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6						
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben								
	b) Ergänzende Bemerkung										
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	Bemerkungen		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	e) Farbe	h) Gruppe				i) Kalk- gehalt			
8,00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) graubraun f) g) h) i) k2		Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges								
8,60	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k2										
9,30	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht, viele Steine/ Konkretionen c) weich, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k										
9,70	a) Schluff, feinsandig, tonig b) feucht - nass c) locker gelagert d) e) graubraun f) g) h) i) k2					Schicht 1					
10,35	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) feucht c) steif, weich d) e) graubraun f) g) h) i) k2										



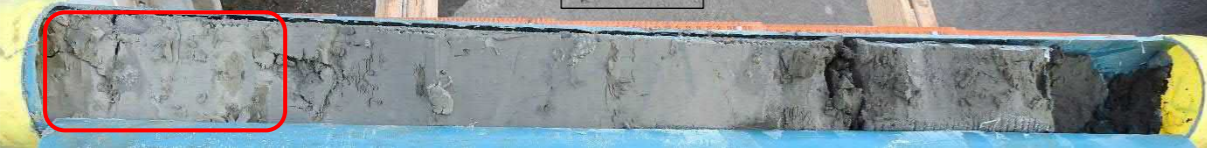
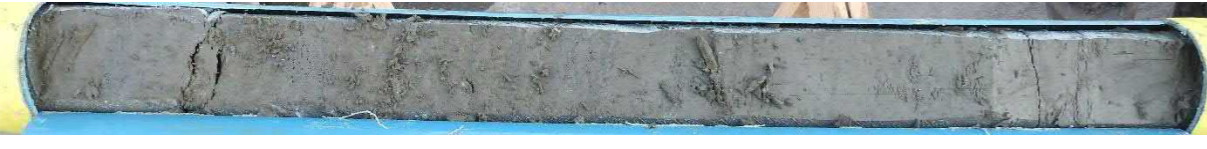




		Schichtenverzeichnis						
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Seite 4 von 4		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 8						Bohrzeit: 11.11.21 Schroeter		
1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung					Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Art	Nr
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
12,00	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k			Endteufe				



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	FLS8	Bhrg. Id: 21120008	 <p>Bördestraße 3 Tel.: +49 5121 7682 0 31135 Hildesheim Fax: +49 5121 7682 82 www.consulaqua.de</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 351174,4	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725088,4	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 48,7	
Anlage	A3.2	Maßstab : 1:70	

Bohrung FLS8 Kernaufnahme - 11.11.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe
	4,0 – 5,0 m
	5,0 – 6,0 m
	6,0 – 7,0 m
	7,0 – 8,0 m
	8,0 – 9,0 m
	9,0 – 10,0 m
	10,0 – 11,0 m
	11,0 – 12,0 m



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A - 29227 Celle

Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30

www.tegeo.de · info@tegeo.de

Anlage A3.4

Bericht

zu den geophysikalischen Messungen

in der Bohrung FLS 8

Verfüllung Mühlenberg

R: 25 58 755 H: 57 25 090

Messdatum: 11.11.2021

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Eichenweg 1

46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie	5
2.3	Full Wave Sonic.....	5
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 8, Verfüllung Mühlenberg wurden am 11.11.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte
- **Full Wave Sonic (FWS):** Ermittlung von gesteinsmechanischen Eigenschaften

Die Bohrung FLS 8 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 4,2 m und mit 154 mm von 4,2 – 16,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 16,0 m. Von -0,51 – 4,2 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 12,0 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

Full Wave Sonic und mechanische Gesteinsparameter

Die Messung des Full Wave Sonic (**FWS**) erfolgt ausschließlich in flüssigkeitserfüllten Bohrlöchern und nutzt die Ausbreitung von Ultraschallwellen zur Charakterisierung des Anstehenden. Bei diesem Verfahren werden mehrere Sender und Empfänger verwendet, welche in unterschiedlichen feststehenden Abständen zueinander positioniert sind. Die empfangenen Signale werden in ihrer Laufzeit und Amplitude aufgezeichnet und als Wellenbild dargestellt. Aus den Empfänger-Anordnungen RX1-RX2 und RX1-RX3 wurde die Differenzlaufzeit (Slowness) der P-Welle ermittelt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 3,6 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist über die gesamte Messstrecke erweitert. Bis zur maximalen Messteufe liegt der Durchmesser bei durchschnittlich 161 mm. Somit ist er geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 0,3°. Der Abstand aus der Lotrechten liegt durchgehend unter 0,01 m. In der maximalen Messteufe von 11,0 m (TVD)

beträgt die Gesamtabweichung $0,0^\circ$ in Richtung Süd (184°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von $0,01$ m. Die Bohrung kann somit als lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis $3,6$ m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Schluff an. Schichten mit tonigen Anteilen ($0,9 - 5,6$ m, $6,1 - 6,5$ m, $9,8 - 11,9$ m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität auf. Feinsandige Anteile ($6,5 - 7,3$ m, $8,0 - 9,8$ m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten. Die P-Wellen-Slowness liegt im gesamten Untersuchungsbereich in einem Wertebereich von ca. $610 - 680 \mu\text{s/m}$.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
	0,9	nicht nachweisbar
Grundwassergeringleiter	4,5	Schluff, schwach tonig
	5,6	Schluff, stark tonig
	6,1	Schluff
	6,5	Schluff, schwach tonig
	7,3	Schluff, feinsandig
	8,0	Schluff
	9,8	Schluff, feinsandig
	11,9	Schluff, schwach tonig

2.3 Full Wave Sonic

Die aus dem Full Wave Sonic ermittelten Differenzlaufzeiten liegen zwischen $610 - 680 \mu\text{s/m}$. In Abgleich mit der Literatur entsprechen diese etwa typischen Werten von Wasser. Dies ist eine Indikation für ein sehr langsames Gebirge (langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallsignale) und deckt sich prinzipiell mit der angetroffenen Lithologie. Bei einem sehr langsamen Gebirge (Ton, Schluff) kann dies ein verfahrenstypisches Problem sein, bei dem das bohrlochnahe Sediment durch Bohr- und Spülungseinflüsse sowie Standzeit (Quellen) weiter aufgelockert wird und dies zu einem nicht verwertbaren Schalllaufzeitergebnis führt. Die eingesetzte Methode des Full Wave Sonic liefert daher bei der angetroffenen Lithologie keinen Mehrwert für eine Interpretation der Lithologie.

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 8, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 161 mm geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,01 m Abstand in 11,0 m Teufe (TVD) bei 0,0° in Richtung Süd (184°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungsteufe von 0,9 – 11,9 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 6,5 – 7,3 m und 8,0 – 9,8 m.

tegeo

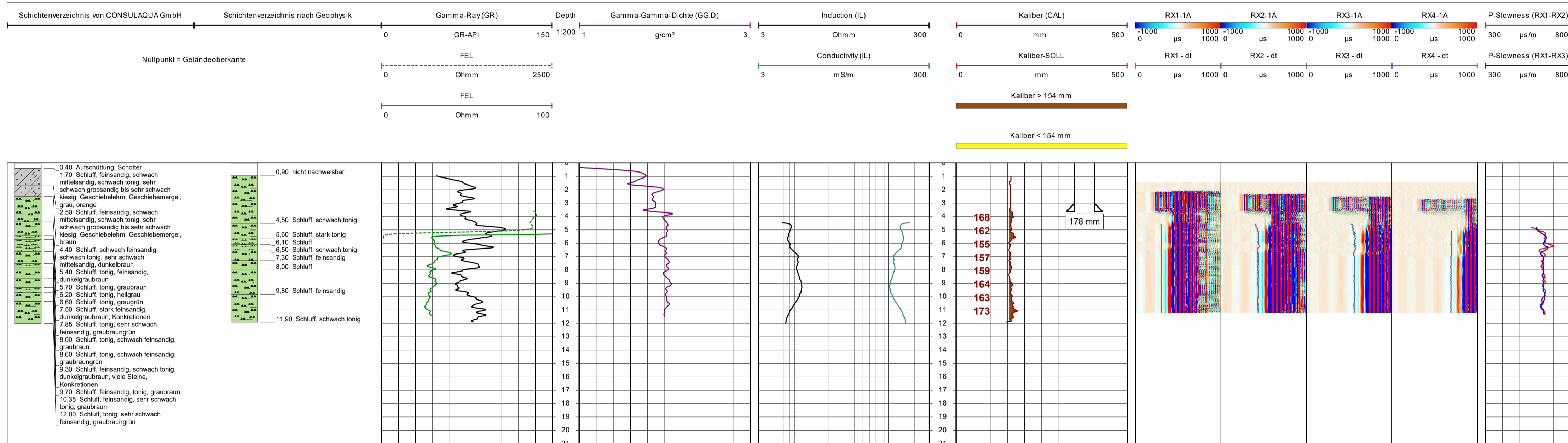
Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 25.11.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister	M. Tünke	
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT		Bohrverfahren		
Nullpotential "N":				(Abst. ... m)	
Gerätedaten		Messdaten			
Messung: GR	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 2500/100 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: BA	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: IL	Sonde Nr.: H 385 F	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: CAL	Sonde Nr.: 1-83	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 mm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 1476015	ø 52 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: FWS	Sonde Nr.: 202916	ø 50 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Quelldaten					
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: AG-3386	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab. Für die unseren Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Gelände-/Höhekoordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>					
Bemerkungen:					

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 8 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber: **ARGE SAD Hünxe** Auftr.Nr.: **B-21045**

Bauher: **Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG**

Bohrung: **FLS 8**

Gemarkung/Ort: **Verfüllung Mühlenberg** An- u. Abfahrt km: **600**

Land: **Nordrhein-Westfalen** Kreis: **Wesel**

Topogr. Karte: **4307 Dorsten** Andere Messungen:

Rechtswert: **25 58 755** Teufenskala:

Hochwert: **57 25 090** Höhe ü. NN: **ca. 48 m** 1:200

Teufenbezugspunkt: **Geländeoberkante**

Messbezugspunkt: **OK Standrohr** 0,51 m über Teufenbezugspunkt

Bohrbezugspunkt: **Geländeoberkante** m über Teufenbezugspunkt

Datum	Uhrzeit		Wartezeit	Rohrschuh:	
	Messbeginn	Messende			
11.11.2021	10:00	12:00		3,6 m	Endteufe: 12,0 m

Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D	FWS
Tiefst.Messp.	12,0 m	11,5 m	11,0 m	12,0 m	12,0 m	11,5 m	11,0 m
Höchst.Messp.	1,0 m	3,5 m	1,0 m	4,5 m	1,0 m	0,5 m	1,5 m

Spülung: Zusammensetzung				
Wasser				
Spülung: Spez. Gewicht	g/cm³		Spülung: Viskosität	sec.
Spülung: Rm	Ohmm bei °C		Spülung: pH-Wert	
Herkunft Spülungsprobe:	Letzter Spülungsumlauf:			

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
C. Etongo	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	4,2	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,51	3,6
154 mm	4,2	16,0				



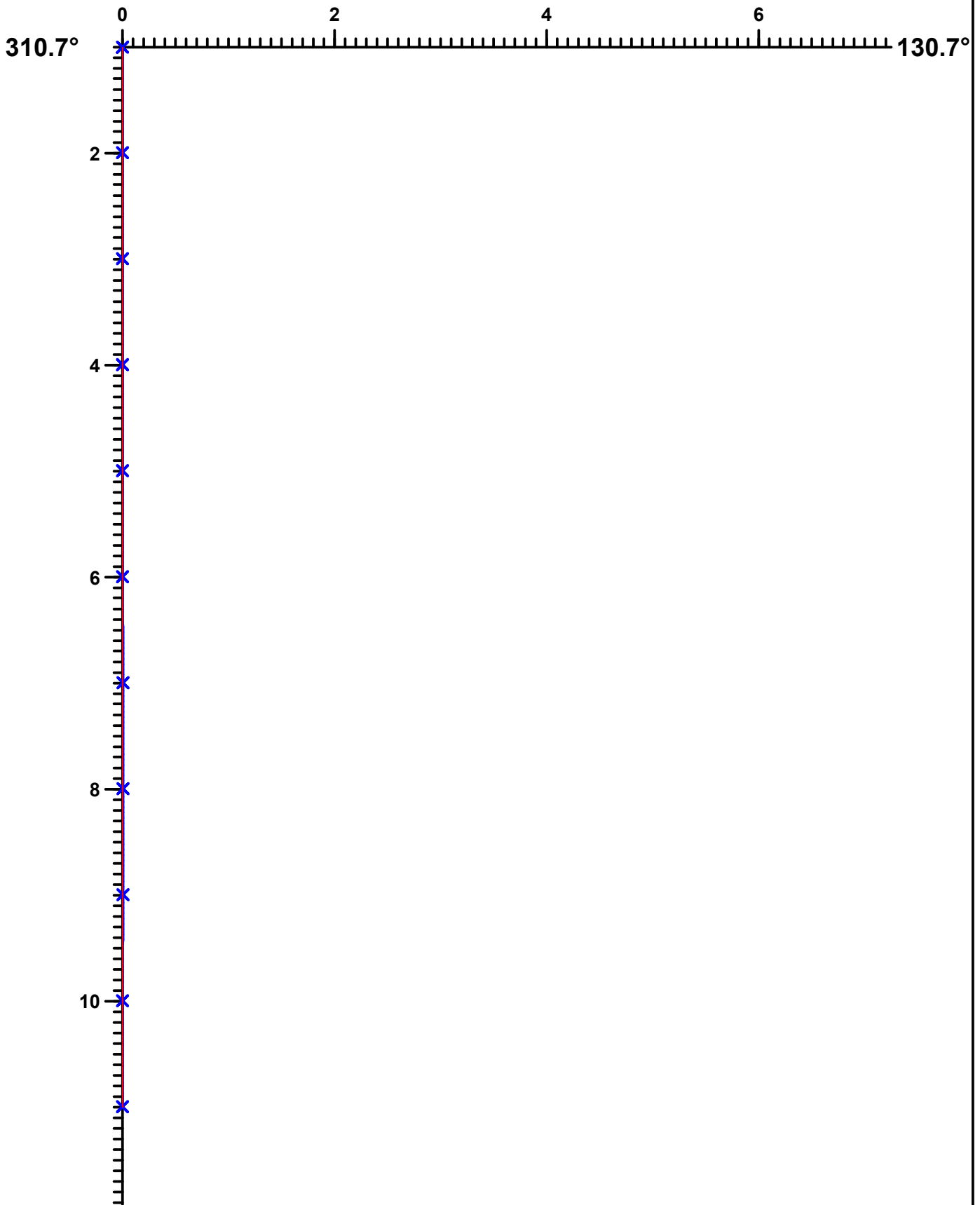
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt **Anlage A3.6**

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 8
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:50 Vert.: 1:50
Datum: 11.11.2021



Maximale Abweichung: (0.01m , 130.7°) @ 7.87m TVD
Gesamtabweichung : (0.01m , 183.7°) @ 11.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.0°



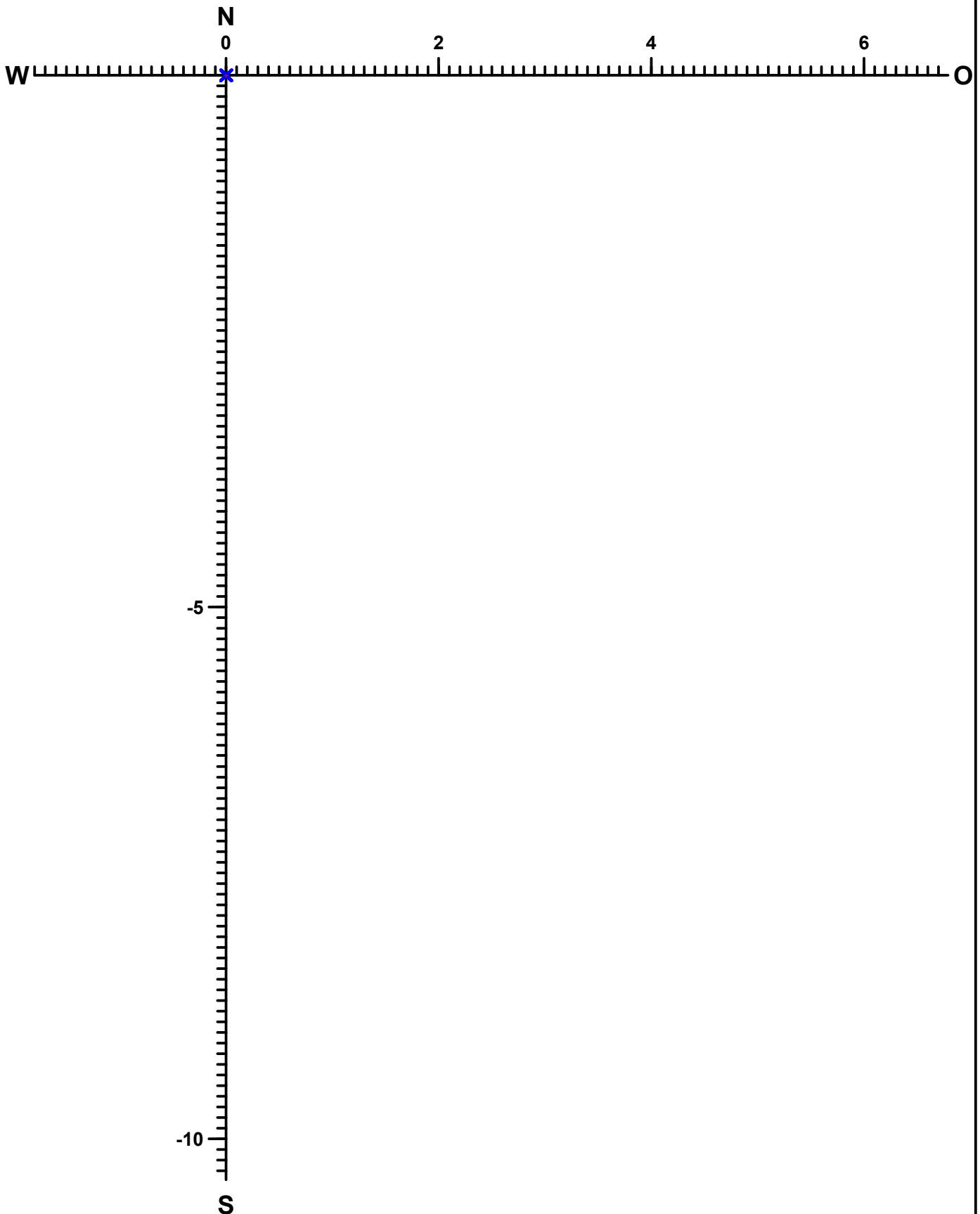
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 8
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:50
Datum: 11.11.2021



Maximale Abweichung: (0.01m , 130.7°) @ 7.87m TVD
Gesamtabweichung : (0.01m , 183.7°) @ 11.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.0°



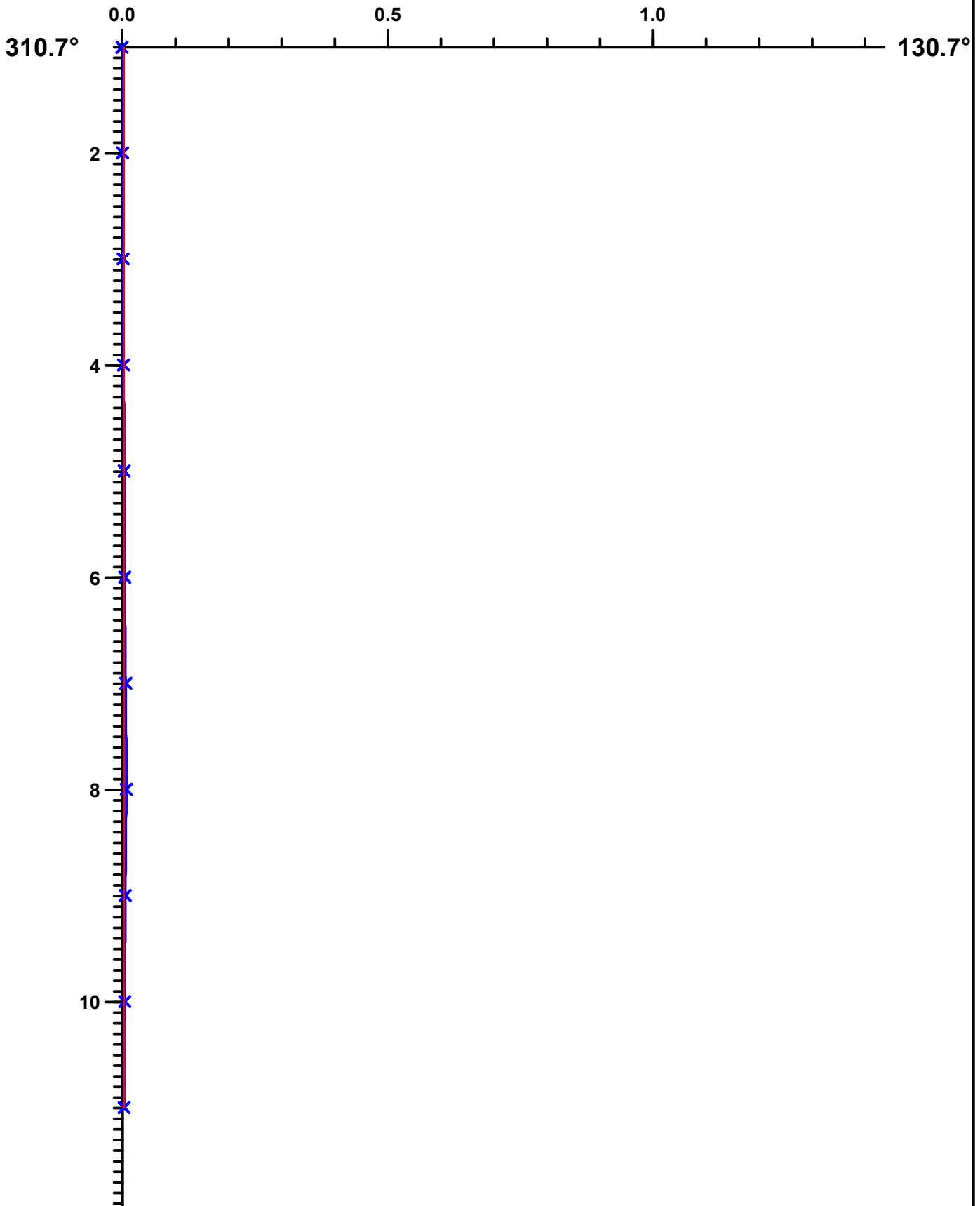
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 8
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:50
Datum: 11.11.2021



Maximale Abweichung: (0.01m , 130.7°) @ 7.87m TVD
Gesamtabweichung : (0.01m , 183.7°) @ 11.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Tiefe)
Endabweichung: 0.0°



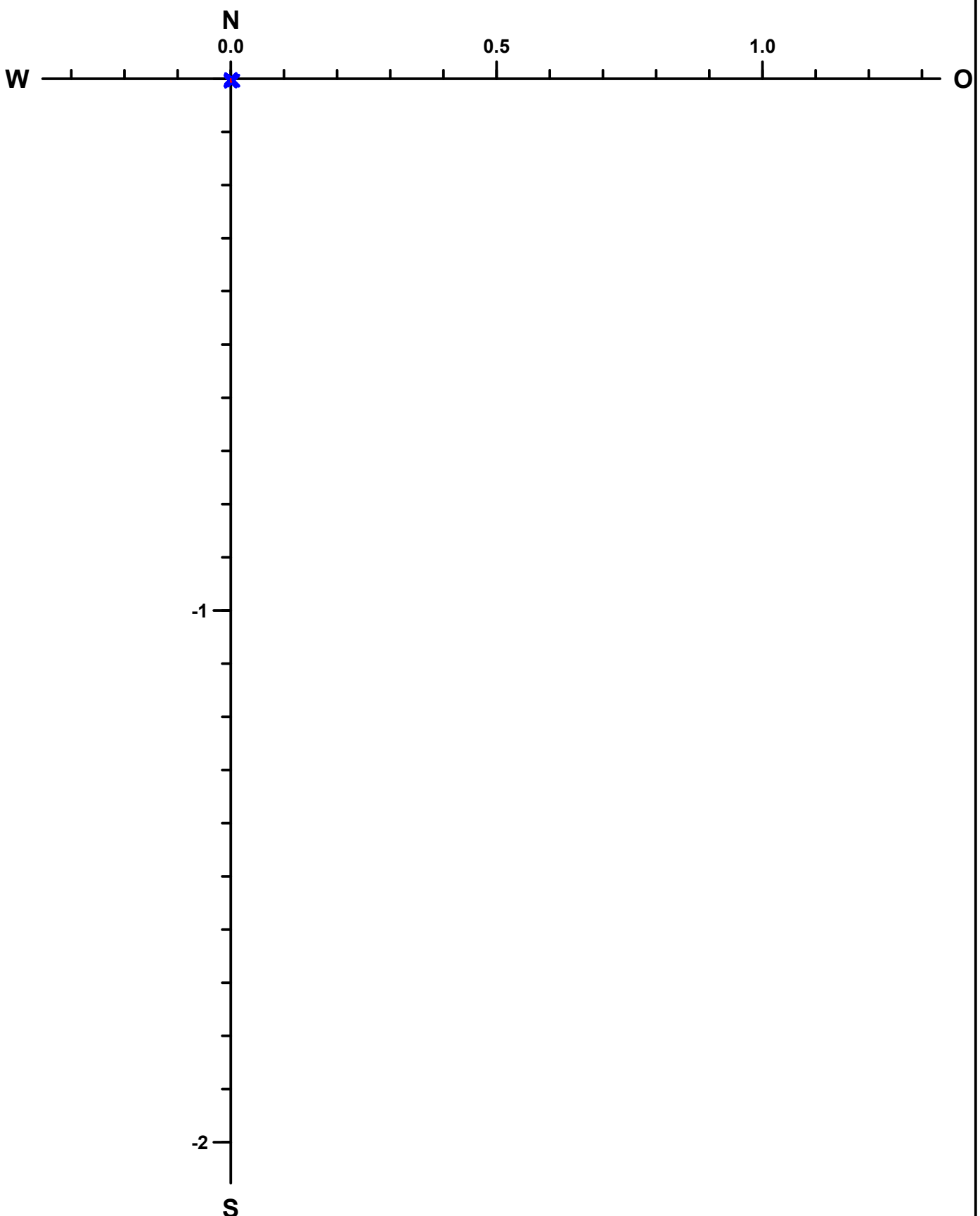
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 8
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 11.11.2021



Maximale Abweichung: (0.01m , 130.7°) @ 7.87m TVD
Gesamtabweichung : (0.01m , 183.7°) @ 11.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.0°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 8
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 11.11.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
1m	0.1°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	1.00m
2m	0.1°	0.00m	193.6°	-0.00m	-0.00m	2.00m
3m	0.1°	0.00m	196.0°	-0.00m	-0.00m	3.00m
4m	0.1°	0.00m	191.5°	-0.00m	-0.00m	4.00m
5m	0.1°	0.00m	165.6°	0.00m	-0.00m	5.00m
6m	0.1°	0.00m	137.5°	0.00m	-0.00m	6.00m
7m	0.1°	0.01m	120.3°	0.01m	-0.00m	7.00m
8m	0.1°	0.01m	132.6°	0.01m	-0.00m	8.00m
9m	0.1°	0.01m	145.5°	0.00m	-0.00m	9.00m
10m	0.1°	0.01m	165.5°	0.00m	-0.00m	10.00m
11m	0.2°	0.01m	183.7°	-0.00m	-0.01m	11.00m



Bericht

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 8
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 755 H: 57 25 090
Messdatum: 14.12.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 8, Verfüllung Mühlenberg wurden am 14.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 11.11.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL, FWS und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 12.11.2021) der Messstelle FLS 8 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (Ausbau-SOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 4,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm, bis in 10,5 m mit 244 mm und bis in 12,0 mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 9,3 – 9,8 m ist die Messstelle hydraulisch an feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 0,5 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,7 – 9,3 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -1,0 – 0,5 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Beton von 0,0 – 0,5 m, Brunnendämmer von 0,5 – 6,8 m und Quellton von 6,8 – 8,8 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 10,5 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 9,7 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast

(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Filterstrecke kann nicht abgebildet werden, was vermutlich mit der ausgewiesenen geringen Filterlänge von 0,5 m zusammenhängt. Der Abstand vom Messpunkt bis zum Messsondenende beträgt im Falle der PVC-FEL ca. 0,9 m. Die maximale Messteufe beträgt 9,2 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	-1,0 – 0,5	?
PVC-Vollrohr	-0,7 – 9,3	-0,7 – 9,3?
PVC-Filterrohr	9,3 – 9,8	9,3? – 9,8?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 5,5 m. Es können keine signifikanten Peaks festgestellt werden, die Stromflüsse darstellen und somit auf potenzielle Leckagen und Undichtigkeiten an den Rohrverbindungen hinweisen würden. Somit können die Rohrverbindungen als hydraulisch dicht bewertet werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,6 – 7,3 m und eine Tonsperre von 7,3 – 8,7 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 8,7 – 9,5 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 10,5 – 12,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2
Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,6
Beton	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 6,8	0,6 – 7,3
Quellton / Tonsperre	6,8 – 8,8	7,3 – 8,7
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	8,8 – 10,5	8,7 – 9,5
Quellton	10,5 – 12,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 8, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filterstrecke konnte aufgrund ihrer geringen Länge nicht nachgewiesen werden.

Die Rohrverbindungen zeigen keine Stromflüsse, welche auf potenzielle Undichtigkeiten hinweisen würden. Die Rohrverbindungen können als hydraulisch dicht bewertet werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,6 – 7,3 m und eine Tonsperre von 7,3 – 8,7 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 8 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen: Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)			Bohrmeister: M. Tünte		
Bohrgerät: ROTOMAX XL GT			Bohrverfahren:		
Nullpotential "N": _____ (Abst. _____ m)					
Gerätedaten			Messdaten		
Messung: SGL	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: NN	Sonde Nr.: 9-95	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 500 cps / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Quellendaten					
Messung: NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: 3956	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 185 GBq	Sondenposition: frei hängend
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.					
Bemerkungen:					

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

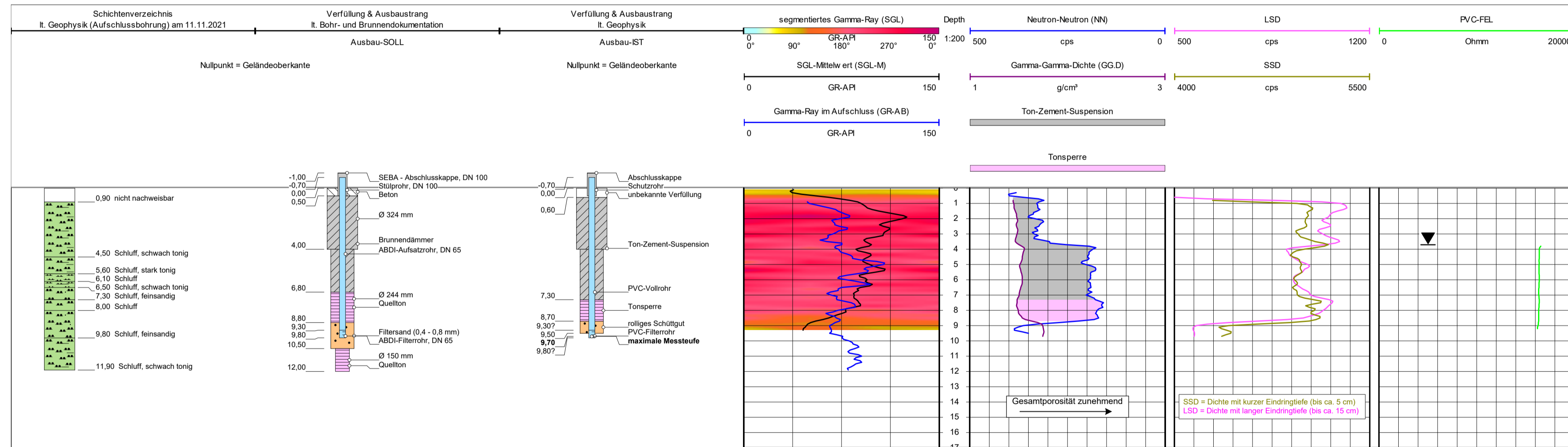
Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.-Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Brunnen:	FLS 8		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 755	Teufenskala:	1:200
Hochwert:	57 25 090	Höhe ü. NN	ca. 48 m

Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante				
Messbezugspunkt:	OK Aufsatzrohr	0,7 m über Teufenbezugspunkt			
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante	m über Teufenbezugspunkt			
Datum	Uhrzeit	Messende	Wartezeit	Rohrschuh:	_____ m
14.12.2021	16:15	17:00		Endteufe:	9,8? m

Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL
Tiefst. Messp.	9,0 m	9,5 m	9,5 m	9,0 m
Höchst. Messp.	0,0 m	0,5 m	1,0 m	4,0 m
Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt	
H. Siemßen	CE-TG 778	Dipl.-Geol. G. Schroeter		
CONSULAQUA GmbH				

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
324 mm	0,0	4,0	DN 100	Schutzrohr	?	?
244 mm	4,0	10,5	DN 65	PVC-Vollrohr	-0,7	9,3?
150 mm	10,5	12,0	DN 65	PVC-Filterrohr	9,3?	9,8?



Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: **FLS 8**

Wasserspiegel 4,64 m unter OK. Ausbaurohr (= GOK. + 70cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
16.12.21		0	4,64	WSP.
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			Bohrung mit Klarwasser gespült senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		10,22	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		10,17	
	2 min		10,12	
	3 min		10,08	
	4 min		10,05	
	5 min		10,02	
	6 min		9,99	
	7 min		9,96	
	8 min		9,93	
	9 min		9,90	
	10 min		9,87	
	11 min		9,84	
	12 min		9,81	
	13 min		9,78	
	14 min		9,75	
	15 min		9,73	
	16 min		9,71	
	17 min		9,68	
	18 min		9,65	
	19 min		9,63	
	20 min		9,60	
	21 min		9,58	
	22 min		9,55	
	23 min		9,52	
	24 min		9,50	
	25 min		9,48	
	26 min		9,45	
	27 min		9,43	
	28 min		9,40	
	29 min		9,38	
	30 min		9,36	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 16.12. bis 17.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A4.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Seite 1 von 5		
Projekt: 54201							
Bohrung: FLS 11						Bohrzeit: 08.11.21 Schroeter	
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt		
0,60	a) Aufschüttung b) Asphalt und Schotterbett c) d) e) f) g) h) i)						
3,40	a) Schluff, schwach tonig, schwach mittelsandig, sehr schwach feinsandig b) feucht c) weich d) e) hellbraun f) Geschiebelehm g) h) i) kf						
5,00	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig b) feucht, vereinzelt sandige Lagen c) weich d) e) braun f) g) h) i) kf						
6,35	a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) k						
7,20	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht - trocken, Konkretionen, Muschelreste c) steif d) e) braun f) g) h) i) k						

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 11

Bohrzeit:
08.11.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
7,90	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht trocken, Muschelreste c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k		Bemerkungen			
8,45	a) Schluff, tonig, Mergel b) trocken c) steif, fest d) e) hellgraubraun f) g) h) i) k4		Mergelschicht			
9,10	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k4					
10,30	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) feucht c) weich, steif d) e) graubraun f) g) h) i) k2		Schicht 1			
11,50	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k2					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 11

Bohrzeit:
08.11.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
12,00	a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k					
13,90	a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken, Muschelreste, Konkretionen c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k		Konkretionen bei 12,70 m, 13,10 m, 13,70 m			
15,75	a) Schluff, tonig b) trocken, Muschelreste c) steif, fest d) e) graubraun f) g) h) i) k					
16,50	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) graubraun f) g) h) i) k2					
17,60	a) Schluff, stark tonig b) erdfeucht, Muschelreste c) steif d) e) braun f) g) h) i) k					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 4 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 11

Bohrzeit:
08.11.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe			
18,55	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) k2		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges			
18,65	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht, Muschelreste c) steif d) e) braun f) g) h) i) k2					
19,00	a) Kernverlust b) c) d) e) f) g) h) i)		neuer Kernfänger			
19,20	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) kf		Schicht 2			
19,65	a) Schluff, feinsandig b) erdfeucht - feucht c) weich d) e) braun f) g) h) i) kf					
20,00	a) Kernverlust b) c) d) e) f) g) h) i)		Sandkernfänger eingebaut Schicht 2			

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

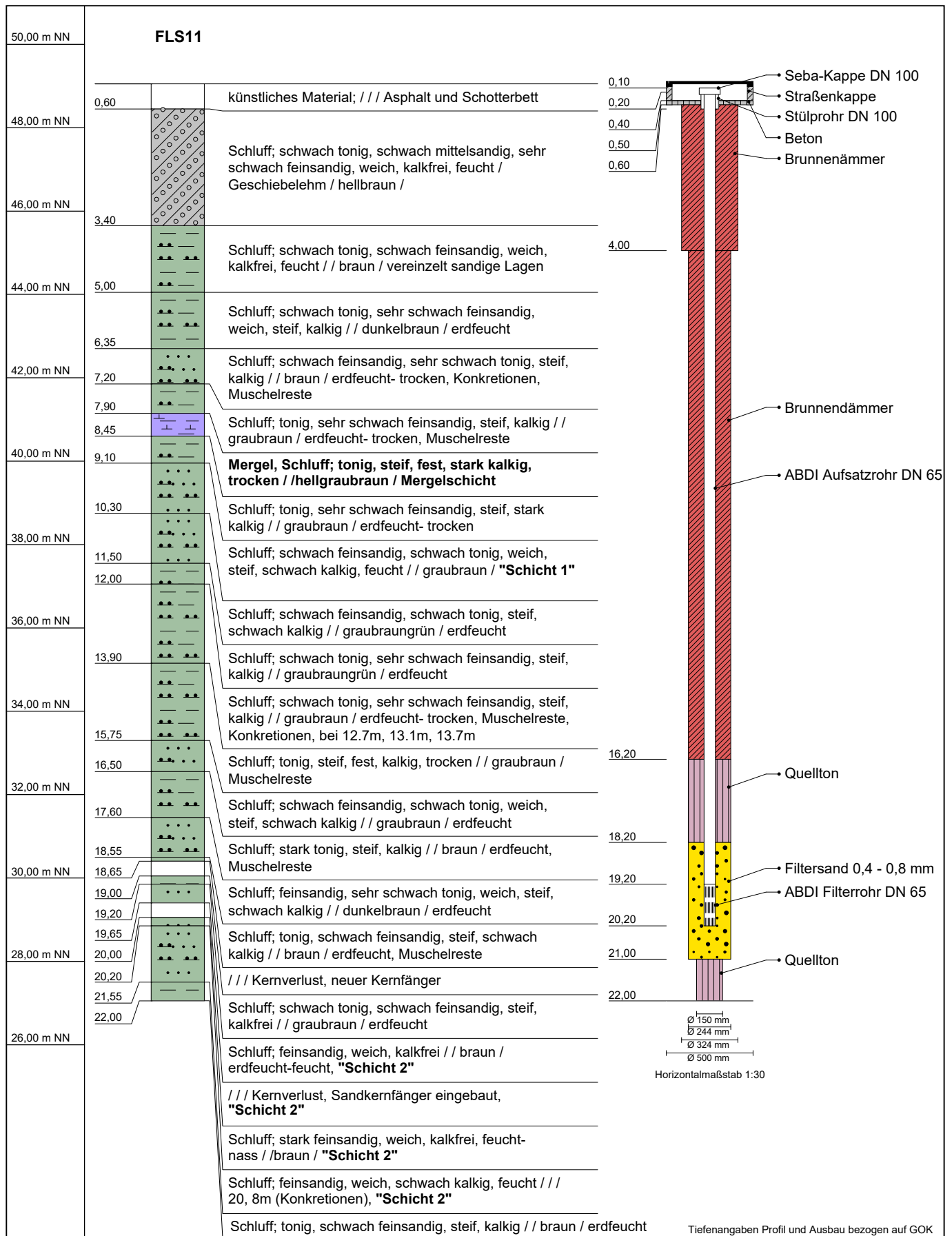
Seite 5 von 5


Projekt: 54201

Bohrung: FLS 11














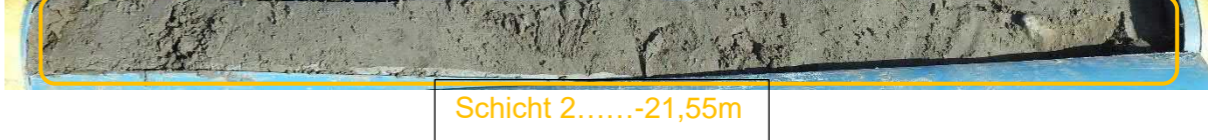
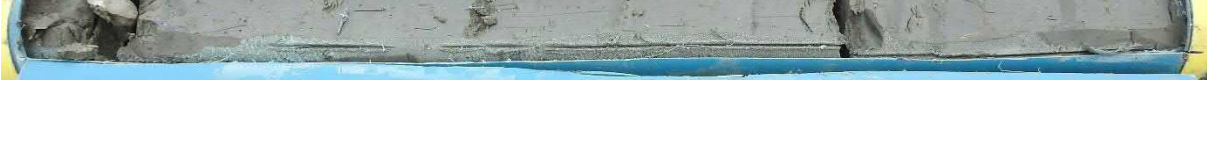

Bohrzeit:
08.11.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
20,20	a) Schluff, stark feinsandig b) feucht - nass c) weich d) e) braun f) g) h) i) kf	Schicht 2				
21,55	a) Schluff, feinsandig b) feucht, Konkretionen c) weich d) e) braun f) g) h) i) k2	20,8 m (Konkretion) Schicht 2				
22,00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) braun f) g) h) i) k	Endteufe				



Name d. Bhrg.	FLS11	Bhrg. Id: 22120011	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 351001,8	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725029,9	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 49,05	
Anlage	A4.2	Maßstab : 1:125	

Bohrung FLS11-Kernaufnahme - 08.11.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	6,0 – 7,0 m		14,0 – 15,0 m
	7,0 – 8,0 m		15,0 – 16,0 m
	8,0 – 9,0 m		16,0 – 17,0 m
	9,0 – 10,0 m		17,0 – 18,0 m
	10,0 – 11,0 m		18,0 – 19,0 m
	11,0 – 12,0 m		19,0 – 20,0 m
	12,0 – 13,0 m		20,0 – 21,0 m
	13,0 – 14,0 m		21,0 – 22,0 m



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A - 29227 Celle

Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30

www.tegeo.de · info@tegeo.de

Anlage A4.4

Bericht

zu den geophysikalischen Messungen

in der Bohrung FLS 11

Verfüllung Mühlenberg

R: 25 58 585 H: 57 25 020

Messdatum: 08.11.2021

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Eichenweg 1

46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie	5
2.3	Full Wave Sonic.....	6
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 11, Verfüllung Mühlenberg wurden am 08.11.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte
- **Full Wave Sonic (FWS):** Ermittlung von gesteinsmechanischen Eigenschaften

Die Bohrung FLS 11 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 6,0 m und mit 154 mm von 6,0 – 22,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 22,0 m. Von -0,46 – 6,8 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 22,0 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

Full Wave Sonic und mechanische Gesteinsparameter

Die Messung des Full Wave Sonic (**FWS**) erfolgt ausschließlich in flüssigkeitserfüllten Bohrlöchern und nutzt die Ausbreitung von Ultraschallwellen zur Charakterisierung des Anstehenden. Bei diesem Verfahren werden mehrere Sender und Empfänger verwendet, welche in unterschiedlichen feststehenden Abständen zueinander positioniert sind. Die empfangenen Signale werden in ihrer Laufzeit und Amplitude aufgezeichnet und als Wellenbild dargestellt. Aus den Empfänger-Anordnungen RX1-RX2 und RX1-RX3 wurde die Differenzlaufzeit (Slowness) der P-Welle ermittelt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 6,4 m zu erkennen. Bis zu einer Teufe von 12,5 m ist das Bohrloch auf durchschnittlich 160 mm erweitert. Im Liegenden bis in eine Teufe von 15,4 m liegt ein stärker ausgebrochener Bereich vor mit einem maximalen Durchmesser von 208 mm in 14,6 m und durchschnittlich 183 mm. Bis zur maximalen Messteufe schwankt das Kaliber nahe um den Sollwert und liegt bei durchschnittlich 154 mm.

Die Kaliber-Messung ergibt somit einen durchschnittlichen Bohrlochdurchmesser von ca. 162 mm und ist somit geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 0,7°. Der Abstand aus der Lotrechten steigt überwiegend kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 21,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung 0,3° in Richtung Südwest (236°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,09 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 6,4 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Schluff und Ton an. Schichten aus Ton bzw. mit tonigen Anteilen (0,7 – 3,1 m, 6,4 – 8,8 m, 16,2 – 17,7 m, 21,2 – 21,9 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität auf. Feinsandige Anteile (8,8 – 9,6 m, 10,5 – 16,2 m, 19,2 – 21,2 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten. Die P-Wellen-Slowness liegt im gesamten Untersuchungsbereich in einem Wertebereich von ca. 620 – 680 µs/m.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
Grundwassergeringleiter	0,7	nicht nachweisbar
	3,1	Ton bis Schluff
	6,4	Schluff
	8,8	Schluff, lagenweise schwach tonig
	9,6	Schluff, feinsandig
	10,5	Schluff
	11,8	Schluff, feinsandig
	15,7	Schluff, lagenweise schwach feinsandig
	16,2	Schluff, feinsandig
	17,7	Schluff, schwach tonig
	19,2	Schluff
	21,2	Schluff, feinsandig
	21,9	Ton, schluffig

2.3 Full Wave Sonic

Die aus dem Full Wave Sonic ermittelten Differenzlaufzeiten liegen zwischen 620 – 680 $\mu\text{s}/\text{m}$. In Abgleich mit der Literatur entsprechen diese etwa typischen Werten von Wasser. Dies ist eine Indikation für ein sehr langsames Gebirge (langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallsignale) und deckt sich prinzipiell mit der angetroffenen Lithologie. Bei einem sehr langsamen Gebirge (Ton, Schluff) kann dies ein verfahrenstypisches Problem sein, bei dem das bohrlochnahe Sediment durch Bohr- und Spülungseinflüsse sowie Standzeit (Quellen) weiter aufgelockert wird und dies zu einem nicht verwertbaren Schalllaufzeitergebnis führt. Die eingesetzte Methode des Full Wave Sonic liefert daher bei der angetroffenen Lithologie keinen Mehrwert für eine Interpretation der Lithologie.

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 11, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 162 mm geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,09 m Abstand in 21,0 m Teufe (TVD) bei $0,3^\circ$ in Richtung Südwest (236°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungssteufe von 0,7 – 21,9 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 8,8 – 9,6 m, 10,5 – 16,2 m, 19,2 – 21,2 m.

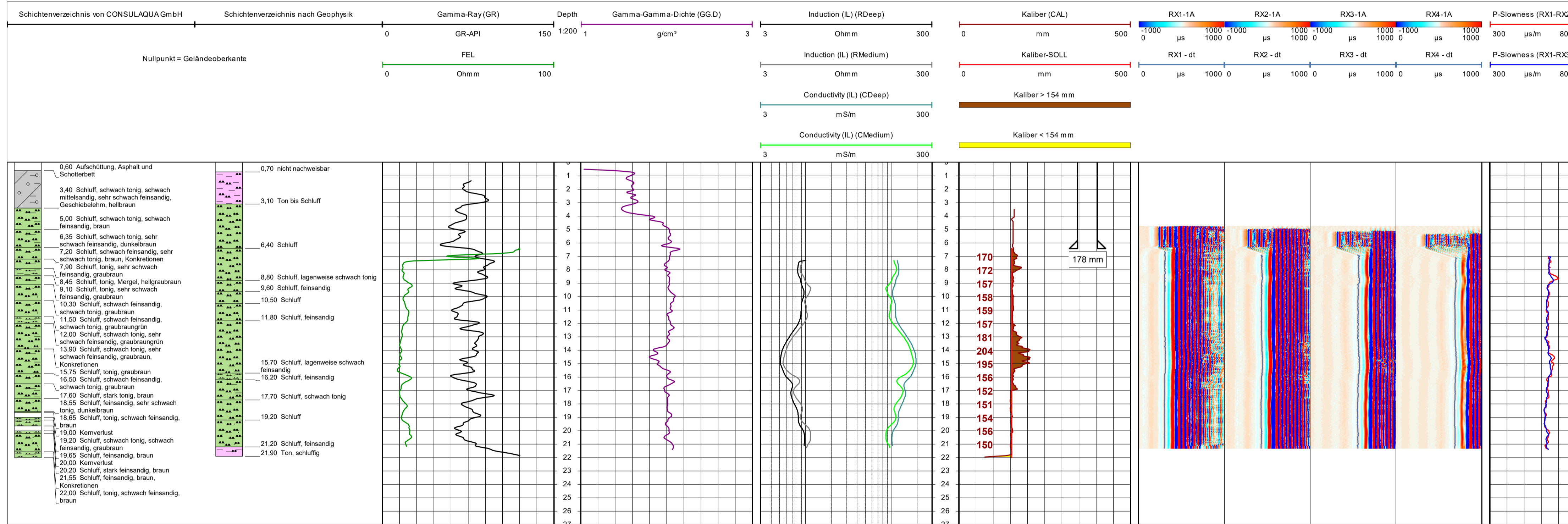
tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 25.11.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 11 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



Anlage A4.5					
Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister	M. Tünke	
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT		Bohrverfahren		
Nullpotential "N":	(Abst. _____ m)				
Gerätedaten		Messdaten			
Messung: GR	Sonde Nr.: 0251002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: FEL	Sonde Nr.: 0251002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 100 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: BA	Sonde Nr.: 0251002	ø 42 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: IL	Sonde Nr.: 1134001	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: CAL	Sonde Nr.: 1-83	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 mm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 1498015	ø 52 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: FWS	Sonde Nr.: 202916	ø 50 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Quelldaten					
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: AG-1348	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Gelände-/Höhekoordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>					
Bemerkungen:					



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH
 Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber: **ARGE SAD Hünxe** Auftr.Nr.: **B-21045**

Bauherr: **Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG**

Bohrung: **FLS 11**

Gemarkung/Ort: **Verfüllung Mühlenberg** An- u. Abfahrt km: **600**

Land: **Nordrhein-Westfalen** Kreis: **Wesel**

Topogr. Karte: 4307 Dorsten	Andere Messungen:
Rechtswert: 25 58 585	Teufenskala:
Hochwert: 57 25 020 Höhe ü. NN ca. 48 m	1:200

Teufenbezugspunkt: **Geländeoberkante**

Messbezugspunkt: **OK Standrohr** **0,46 m** über Teufenbezugspunkt

Bohrbezugspunkt: **Geländeoberkante** **m** über Teufenbezugspunkt

Datum	Messbeginn	Messende	Wartezeit	Rohrschuh:	Endteufe:
08.11.2021	13:00	15:50		6,4 m	22,0 m

Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D	FWS
Tiefst.Messp.	22,0 m	21,0 m	21,0 m	21,0 m	22,0 m	21,5 m	21,5 m
Höchst.Messp.	1,5 m	6,5 m	1,0 m	7,5 m	3,5 m	0,5 m	5,0 m

Spülung: Zusammensetzung **Wasser**

Spülung: Spez. Gewicht g/cm³ Spülung: Viskosität sec.

Spülung: Rm Ohmm bei °C Spülung: pH-Wert

Herkunft Spülungsprobe: Letzter Spülungsumlauf:

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
C. Etongo	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten		
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	bis m
178 mm	0,0	6,0	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,46
154 mm	6,0	22,0			6,4



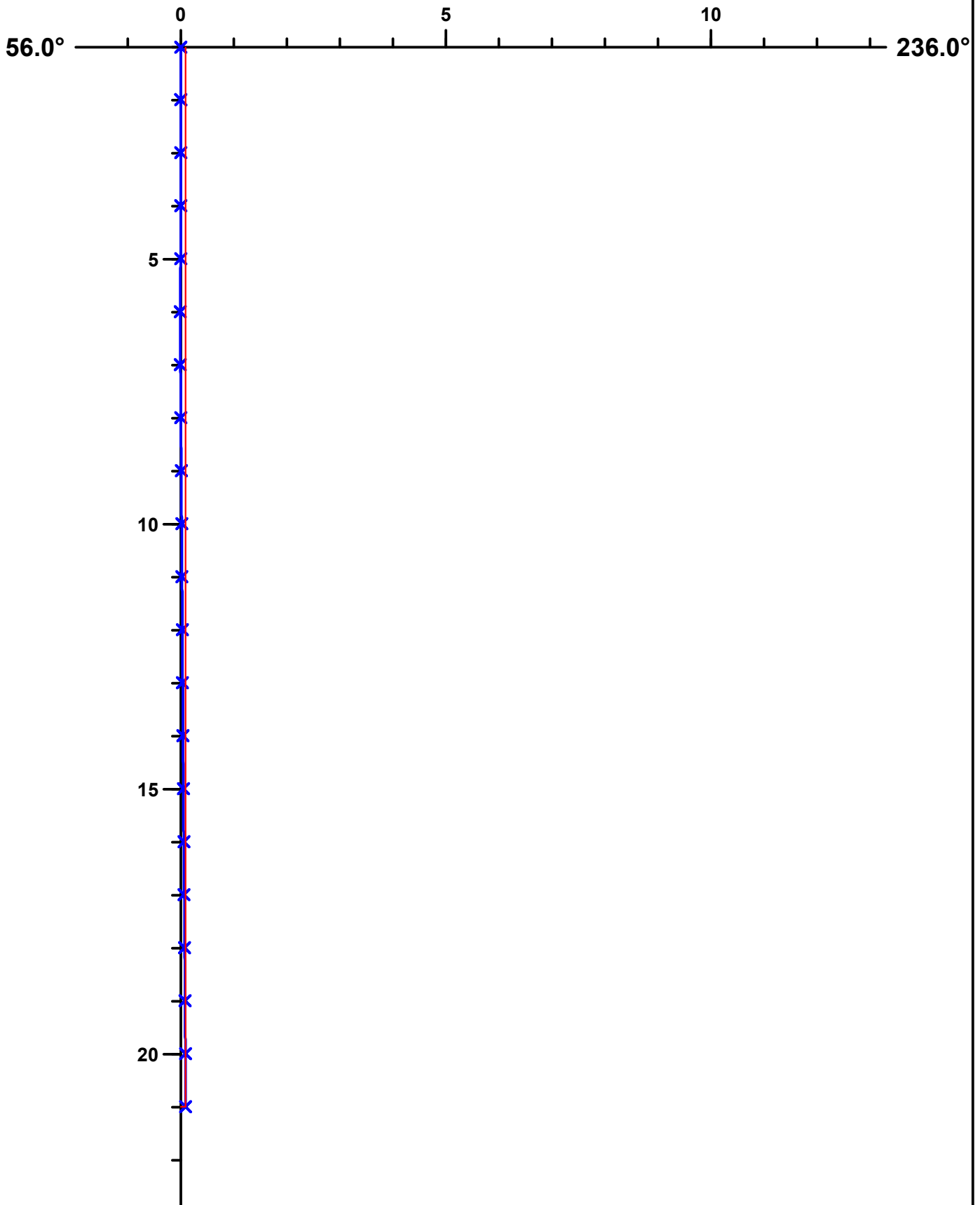
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt **Anlage A4.6**

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 11
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 08.11.2021



Maximale Abweichung: (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.3°



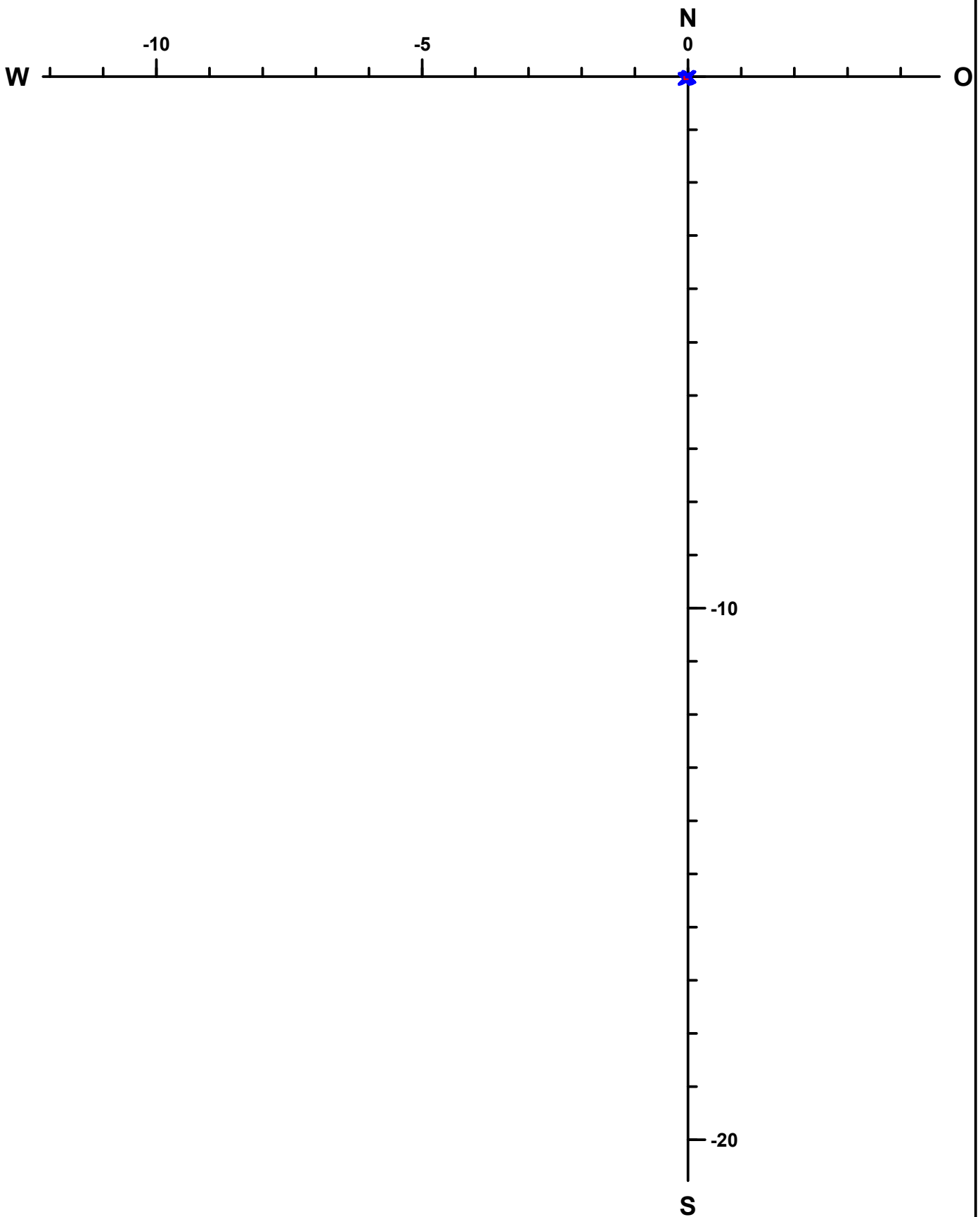
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 11
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 08.11.2021



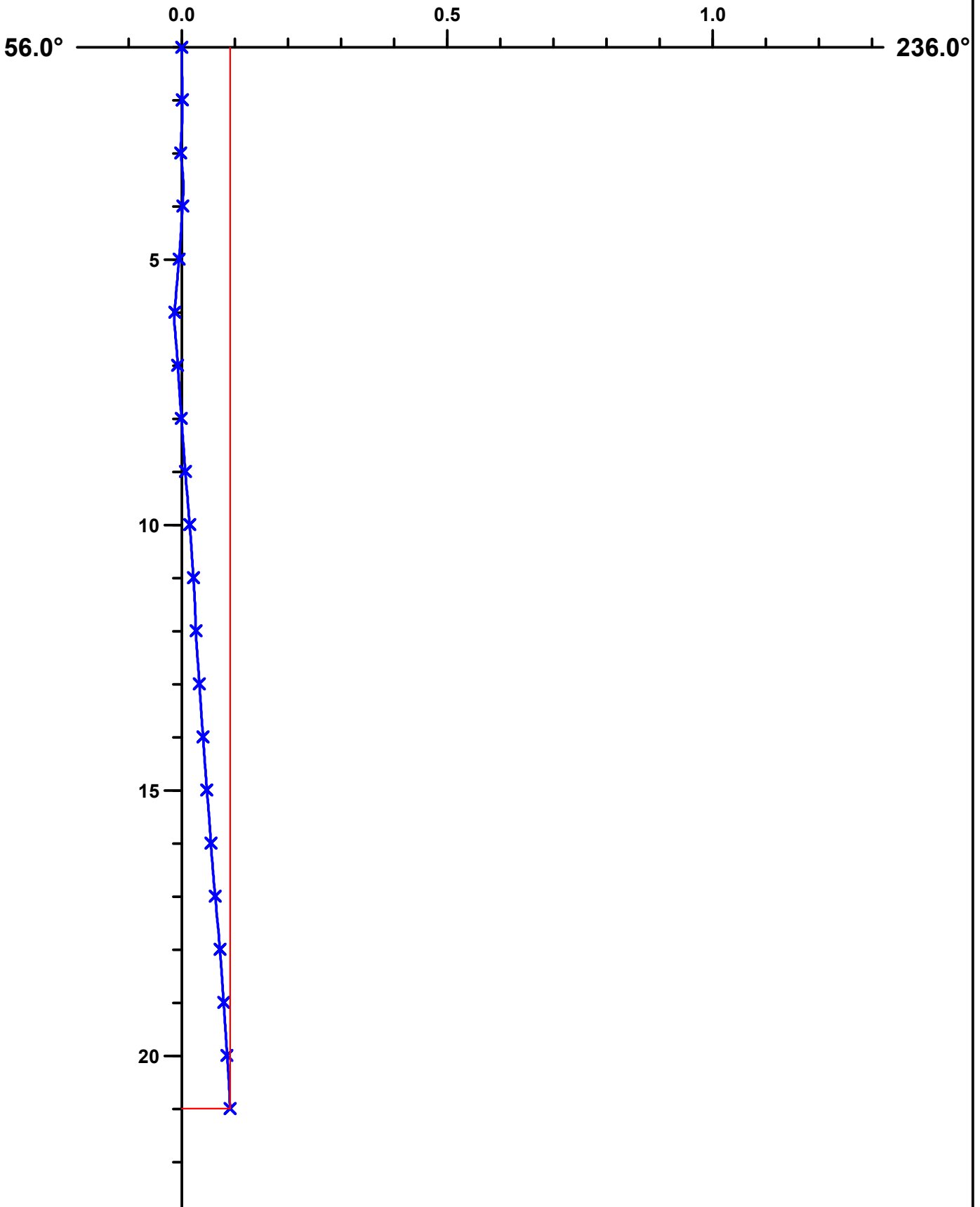
Maximale Abweichung: (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.3°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 11
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 08.11.2021



Maximale Abweichung: (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.3°



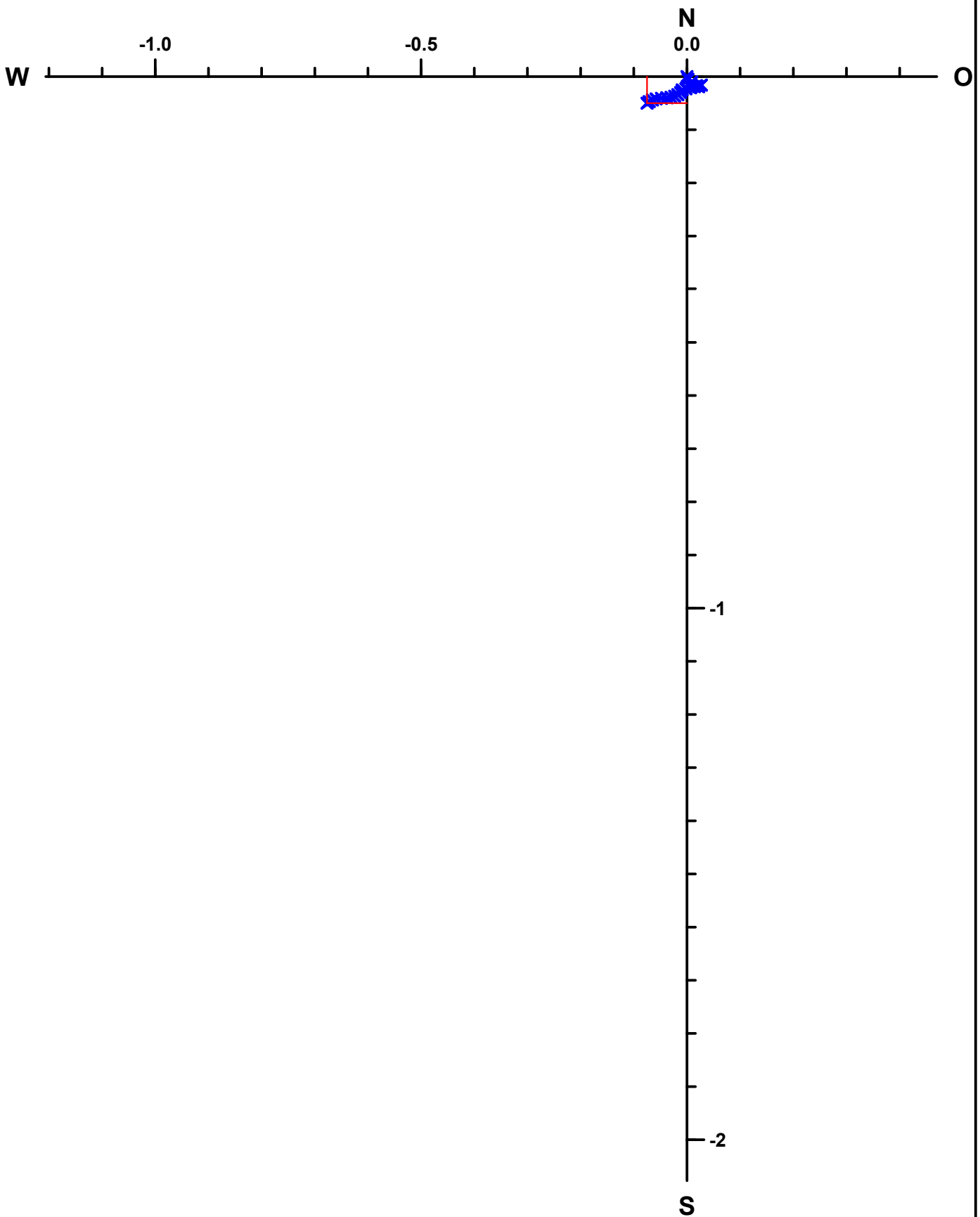
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 11
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 08.11.2021



Maximale Abweichung: (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 236.0°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.3°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 11
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 08.11.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
1m	0.3°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	1.00m
2m	0.4°	0.01m	160.8°	0.00m	-0.01m	2.00m
3m	0.6°	0.01m	139.9°	0.01m	-0.01m	3.00m
4m	0.5°	0.02m	150.7°	0.01m	-0.02m	4.00m
5m	0.5°	0.02m	134.5°	0.02m	-0.02m	5.00m
6m	0.5°	0.03m	121.1°	0.03m	-0.02m	6.00m
7m	0.5°	0.03m	131.7°	0.02m	-0.02m	7.00m
8m	0.5°	0.02m	144.9°	0.01m	-0.02m	8.00m
9m	0.5°	0.02m	163.6°	0.01m	-0.02m	9.00m
10m	0.5°	0.02m	186.4°	-0.00m	-0.02m	10.00m
11m	0.4°	0.03m	200.0°	-0.01m	-0.03m	11.00m
12m	0.3°	0.03m	201.5°	-0.01m	-0.03m	12.00m
13m	0.4°	0.04m	205.9°	-0.02m	-0.03m	13.00m
14m	0.4°	0.04m	212.3°	-0.02m	-0.04m	14.00m
15m	0.5°	0.05m	217.8°	-0.03m	-0.04m	15.00m
16m	0.4°	0.06m	223.3°	-0.04m	-0.04m	16.00m
17m	0.6°	0.06m	228.7°	-0.05m	-0.04m	17.00m
18m	0.5°	0.07m	234.1°	-0.06m	-0.04m	18.00m
19m	0.4°	0.08m	235.6°	-0.07m	-0.04m	19.00m
20m	0.4°	0.09m	236.0°	-0.07m	-0.05m	20.00m
21m	0.3°	0.09m	236.0°	-0.08m	-0.05m	21.00m



Bericht

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 11
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 585 H: 57 25 020
Messdatum: 09.12.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 11, Verfüllung Mühlenberg wurden am 09.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 08.11.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL, FWS und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 05.11.2021) der Messstelle FLS 11 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (AusbausOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 0,5 m mit einem Durchmesser von 500 mm, bis in 4,0 m 324 mm, bis in 21,0 m mit 244 mm und bis in 22,0 m mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 19,2 – 20,2 m ist die Messstelle hydraulisch an feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 1 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von 0,2 – 19,2 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von 0,1 – 0,6 m. Zudem befindet sich bis in eine Teufe von 0,5 m ein Betonring. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Brunnendämmer von 0,5 – 16,2 m und Quellton von 16,2 – 18,2 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 21,0 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 20,1 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast



(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Verringerung des spezifischen elektrischen Widerstands (erhöhte Leitfähigkeit, hellblaue Schraffur im Messplot) in 19,2 m Teufe beschreibt die Filterrohroberkante. Die Unterkante des Filters konnte ausbaubedingt nicht abgebildet werden. Insgesamt werden 0,2 m Filterstrecke nachgewiesen. Die maximale Messteufe beträgt 19,4 m. Unter der Annahme eines projektgerechten Ausbaus, beträgt die Filterlänge 1 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	0,1 – 0,6	0,13 – ?
PVC-Vollrohr	0,2 – 19,2	0,15 – 19,2
PVC-Filterrohr	19,2 – 20,2	19,2 – 20,2?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 9,5 m. Es können keine signifikanten Peaks festgestellt werden, die Stromflüsse darstellen und somit auf potenzielle Leckagen und Undichtigkeiten an den Rohrverbindungen hinweisen würden. Somit können die Rohrverbindungen als hydraulisch dicht bewertet werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,6 – 14,3 m und eine Tonsperre von 14,3 – 18,3 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein deutlicher Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine weitgehend radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die Tonsperre ist etwa 2 m mächtiger als ausgewiesen.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 18,3 – 19,9 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 21,0 – 22,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2
Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation Nullpunkt = Geländeoberkante	IST lt. Geophysik Nullpunkt = Geländeoberkante
	Teufe [m]	Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,6
Betonring	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 16,2	0,6 – 14,3
Quellton / Tonsperre	16,2 – 18,2	14,3 – 18,3
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	18,2 – 21,0	18,3 – 19,9
Quellton	21,0 – 22,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 11, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filteroberkante konnte in 19,2 m festgestellt werden und ist somit projektgerecht positioniert.

Die Rohrverbindungen zeigen keine Stromflüsse, welche auf potenzielle Undichtigkeiten hinweisen würden. Die Rohrverbindungen können als hydraulisch dicht bewertet werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,6 – 14,3 m und eine Tonsperre von 14,3 – 18,3 m nach. Die Tonsperre ist etwa 2 m mächtiger als ausgewiesen.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

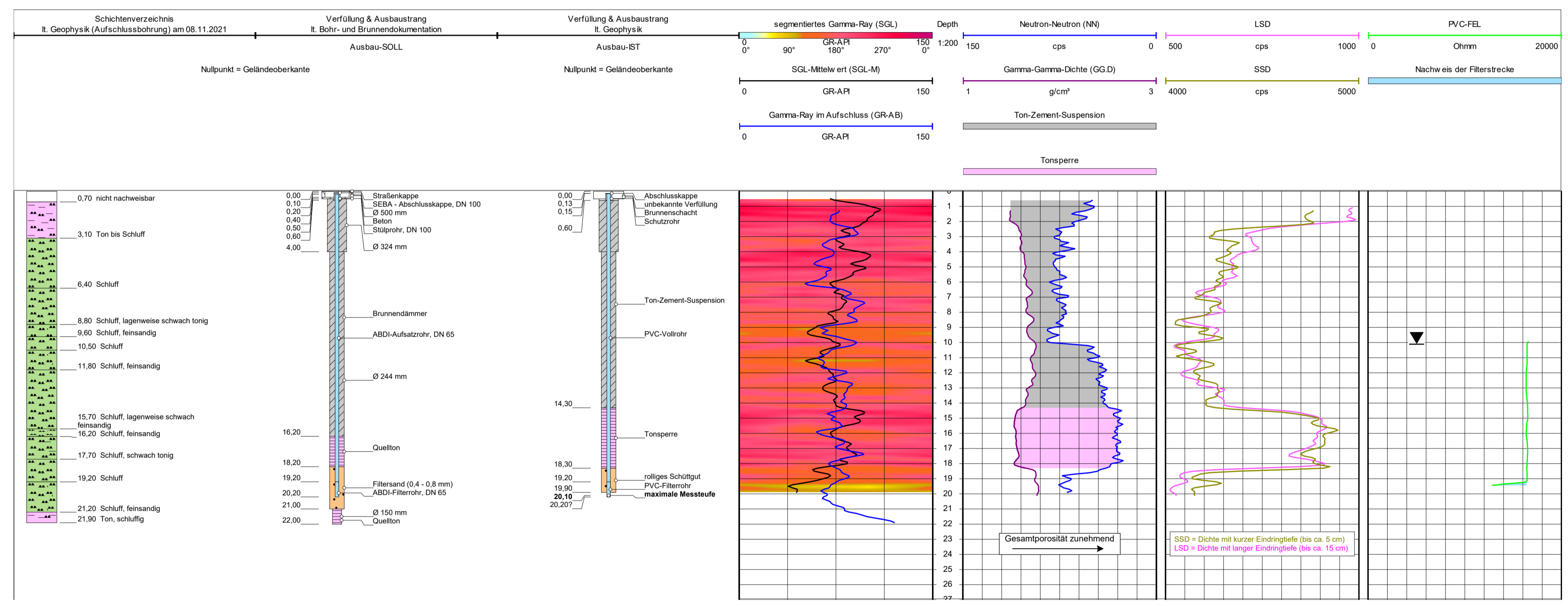
Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 11 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen		Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister M. Tünte	
Bohrgerät		ROTOMAX XL GT		Bohrverfahren	
Nullpotential "N":		(Abst. _____ m)			
Gerätedaten			Messdaten		
Messung:	SGL	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit:	150 GR-API / 4 SKT
Messung:	NN	Sonde Nr.: 81-05	ø 42 mm	Empfindlichkeit:	150 cps / 10 SKT
Messung:	GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit:	2 g/cm³ / 10 SKT
Messung:	PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit:	20000 Ohmm / 10 SKT
Quelldaten					
Messung:	NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: NK 2802	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 111 GBq
Messung:	GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq
Sondenposition: frei hängend					
Sondenposition: angedrückt					
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.					
Bemerkungen:					



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Brunnen:	FLS 11		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 585	Teufenskala:	
Hochwert:	57 25 020	Höhe ü. NN	ca. 48 m
Teufenbezugspunkt:		Geländeoberkante	
Messbezugspunkt:		Geländeoberkante	
Bohrbezugspunkt:		Geländeoberkante	

Datum	Uhrzeit	Messbeginn	Messende	Wartezeit	Rohrschuh:	Endteufe:
09.12.2021	15:15	16:30				20,2? m

Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL
Tiefst. Messp.	20,0 m	20,0 m	20,0 m	19,5 m
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	1,5 m	10,0 m

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
H. Scharfenberg	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	CONSULAQUA GmbH

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
500 mm	0,0	0,5	DN 100	Schutzrohr	0,13	?
324 mm	0,5	4,0	DN 65	PVC-Vollrohr	0,15	19,2
244 mm	4,0	21,0	DN 65	PVC-Filterrohr	19,2	20,2?
150 mm	21,0	22,0				

Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: **FLS 11**

Wasserspiegel 10,15 m unter OK. Seba offen (= GOK. - 15cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
16.12.21		0	10,15	WSP.
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			Bohrung mit Klarwasser gespült senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		19,25	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		18,73	
	2 min		18,30	
	3 min		17,89	
	4 min		17,51	
	5 min		17,51	
	6 min		16,82	
	7 min		16,51	
	8 min		16,21	
	9 min		15,94	
	10 min		15,68	
	11 min		15,43	
	12 min		15,20	
	13 min		14,98	
	14 min		14,76	
	15 min		14,56	
	16 min		14,37	
	17 min		14,19	
	18 min		14,02	
	19 min		13,86	
	20 min		13,71	
	21 min		13,56	
	22 min		13,42	
	23 min		13,29	
	24 min		13,17	
	25 min		13,05	
	26 min		12,93	
	27 min		12,82	
	28 min		12,73	
	29 min		12,63	
	30 min		12,53	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 16.12. bis 17.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A5.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 3		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 12							Bohrzeit: 03.11.21 G.Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut		d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang					e) Farbe
	f) Übliche Benennung		g) Geologische Benennung		h) Gruppe	i) Kalk- gehalt		
0,40	a) Aufschüttung, Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig, humos b) vereinzelt Steine, Schotter (Straßenbett) c) locker gelagert d) e) dunkelbraun f) g) h) i) kf							
1,00	a) Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, schwach tonig b) Geschiebelehm c) weich d) e) hellgraubraun f) g) h) i) kf							
3,20	a) Schluff, feinsandig, tonig, schwach mittelsandig, sehr schwach kiesig b) rostfleckig, erdfeucht, Geschiebelehm c) weich, steif d) e) grau bis orange f) g) h) i) kf							
5,50	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) c) weich d) e) graubraun f) g) h) i) k1							
8,25	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif d) e) dunkelbraungrau f) g) h) i) k			schwache Bänderung				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 3

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 12

Bohrzeit:

03.11.21 G.Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
9,30	a) Schluff, sehr schwach tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) braungrau f) g) h) i) k					
10,20	a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) braungrau f) g) h) i) k1	ab 11 m kalkhaltig				
10,40	a) Schluff, tonig b) trocken c) fest d) e) hellgrau f) g) h) i) k5	Mergelschicht (teil-)verfestigt				
11,00	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k5					
11,20	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) weich d) e) graubraun f) g) h) i) k					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

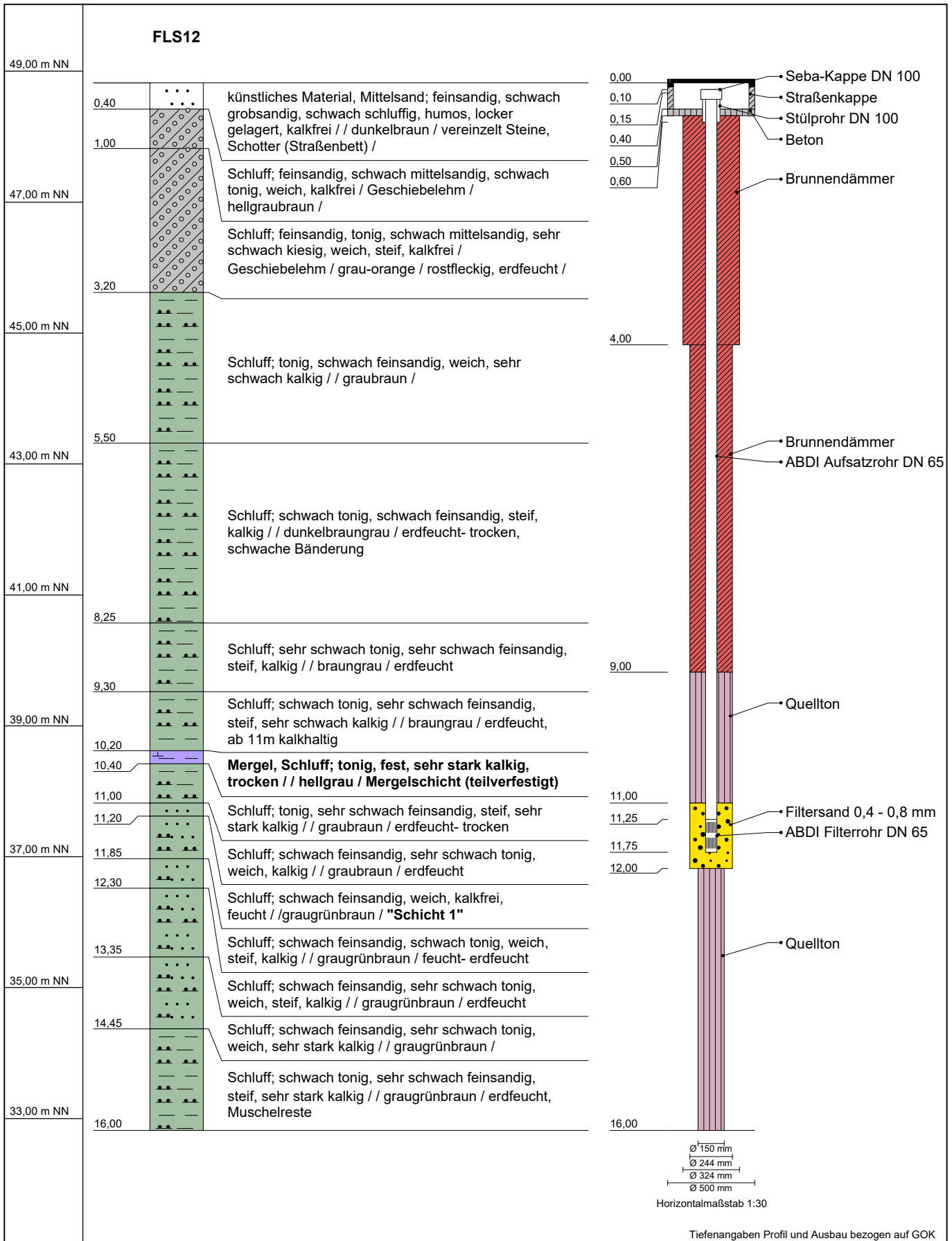
Seite 3 von 3


Projekt: 54201

Bohrung: FLS 12












Bohrzeit:
03.11.21 G.Schroeter

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt			
11,85	a) Schluff, schwach feinsandig b) feucht c) weich d) e) grau-grünbraun f) g) h) i) kf	Sinterstab (Astummantelung) Schicht 1					
12,30	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) feucht-erdfeucht c) weich, steif d) e) grau-grünbraun f) g) h) i) k						
13,35	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) grau-grünbraun f) g) h) i) k						
14,45	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) weich d) e) grau-grünbraun f) g) h) i) k5	Sinterstückchen					
16,00	a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht, Muschelreste c) steif d) e) grau-grünbraun f) g) h) i) k5	Endteufe					



Name d. Bhrg.	FLS12	Bhrg. Id: 21120012	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 350861,1	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725033,6	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 48,82	
Anlage	A5.2	Maßstab : 1:80	

Bohrung FLS12-Kernaufnahme - 03.11.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	6,0 – 7,0 m		12,0 – 13,0 m
	7,0 – 8,0 m		13,0 – 14,0 m
	8,0 – 9,0 m		14,0 – 15,0 m
	9,0 – 10,0 m	 <p>Detailuntersuchung 14,0 – 15,0 m</p>	
 <p>Mergel 10,2-10,4m</p>	10,0 – 11,0 m		
 <p>Schicht 1, 11,2-11,85m</p>	11,0 – 12,0 m	 <p>Detailuntersuchung 11,0 – 12,0 m</p>	
			15,0 – 16,0 m



Anlage A5.4

Bericht

**zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 12
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 420 H: 57 25 040
Messdatum: 03.11.2021**

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie	5
2.3	Full Wave Sonic.....	6
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 12, Verfüllung Mühlenberg wurden am 03.11.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte
- **Full Wave Sonic (FWS):** Ermittlung von gesteinsmechanischen Eigenschaften

Die Bohrung FLS 12 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 6,0 m und mit 154 mm von 6,0 – 16,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 16,0 m. Von -0,42 – 5,58 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 16,2 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

Full Wave Sonic und mechanische Gesteinsparameter

Die Messung des Full Wave Sonic (**FWS**) erfolgt ausschließlich in flüssigkeitserfüllten Bohrlöchern und nutzt die Ausbreitung von Ultraschallwellen zur Charakterisierung des Anstehenden. Bei diesem Verfahren werden mehrere Sender und Empfänger verwendet, welche in unterschiedlichen feststehenden Abständen zueinander positioniert sind. Die empfangenen Signale werden in ihrer Laufzeit und Amplitude aufgezeichnet und als Wellenbild dargestellt. Aus den Empfänger-Anordnungen RX1-RX2 und RX1-RX3 wurde die Differenzlaufzeit (Slowness) der P-Welle ermittelt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 5,7 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist über die gesamte Messstrecke erweitert. Bis zur maximalen Messteufe liegt der Durchmesser bei durchschnittlich 167 mm. Somit ist er etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Das Maximum liegt bei 215 mm in 5,9 m.



Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter bzw. gleich $0,2^\circ$. Der Abstand aus der Lotrechten steigt kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 15,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung $0,1^\circ$ in Richtung Ost (96°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,02 m. Die Bohrung kann somit als lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 5,7 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwasseringeleiter aus überwiegend Schluff und Ton an. Schichten aus Ton bzw. mit tonigen Anteilen (1,2 – 3,4 m, 5,7 – 7,8 m, 10,4 – 10,8 m, 15,1 – 16,2 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität auf. Feinsandige Anteile (9,9 – 10,4 m, 10,8 – 11,6 m, 12,7 – 14,1 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten. Die P-Wellen-Slowness liegt im gesamten Untersuchungsbereich in einem Wertebereich von ca. 620 – 685 $\mu\text{s}/\text{m}$.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
Grundwasseringeleiter	1,2	nicht nachweisbar
	3,4	Schluff, tonig
	5,7	Schluff
	7,8	Ton
	9,9	Schluff
	10,4	Schluff, feinsandig
	10,8	Schluff, schwach tonig
	11,6	Schluff, feinsandig
	12,7	Schluff
	14,1	Schluff, feinsandig
	15,1	Schluff
	16,2	Schluff, tonig

2.3 Full Wave Sonic

Die aus dem Full Wave Sonic ermittelten Differenzlaufzeiten liegen zwischen 620 – 685 $\mu\text{s}/\text{m}$. In Abgleich mit der Literatur entsprechen diese etwa typischen Werten von Wasser. Dies ist eine Indikation für ein sehr langsames Gebirge (langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallsignale) und deckt sich prinzipiell mit der angetroffenen Lithologie. Bei einem sehr langsamen Gebirge (Ton, Schluff) kann dies ein verfahrenstypisches Problem sein, bei dem das bohrlochnahe Sediment durch Bohr- und Spülungseinflüsse sowie Standzeit (Quellen) weiter aufgelockert wird und dies zu einem nicht verwertbaren Schalllaufzeitergebnis führt. Die eingesetzte Methode des Full Wave Sonic liefert daher bei der angetroffenen Lithologie keinen Mehrwert für eine Interpretation der Lithologie.

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 12, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 167 mm etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,02 m Abstand in 15,0 m Teufe (TVD) bei $0,1^\circ$ in Richtung Ost (96°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungsstufe von 1,2 – 16,2 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 9,9 – 10,4 m, 10,8 – 11,6 m und 12,7 – 14,1 m.

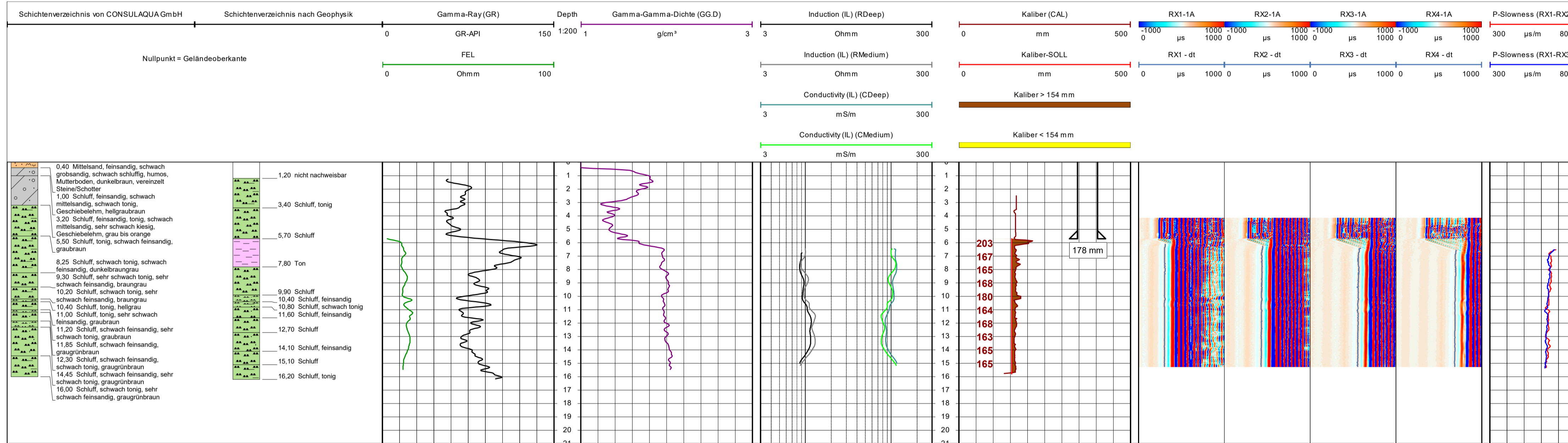
tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 25.11.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 12 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



Anlage A5.5

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister	M. Tünke	
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT		Bohrverfahren		
Nullpotential "N":	(Abst. _____ m)				
Gerätedaten		Messdaten			
Messung: GR	Sonde Nr.: 0251002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: FEL	Sonde Nr.: 0251002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 100 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: BA	Sonde Nr.: 0251002	ø 42 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: IL	Sonde Nr.: 1134001	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: CAL	Sonde Nr.: 1-83	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 1476015	ø 52 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: FWS	Sonde Nr.: 202916	ø 50 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Quelldaten					
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: AG-3386	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Gelände-/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>					
Bemerkungen:					

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045
Bauher:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Bohrung:	FLS 12		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel

Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert UTM:	25 58 420	Teufenskala:	1:200
Hochwert UTM:	57 25 040	Höhe ü. NN	ca. 48 m

Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante	
Messbezugspunkt:	OK Standrohr	0,42 m über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante	m über Teufenbezugspunkt

Uhrzeit			
Datum	Messbeginn	Messende	Wartezeit
03.11.2021	13:00	15:40	
			Rohrschuh: 5,7 m
			Endteufe: 16,0 m

Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D	FWS
Tiefst.Messp.	16,0 m	15,5 m	15,0 m	15,0 m	16,0 m	15,5 m	15,0 m
Höchst.Messp.	1,0 m	5,5 m	1,0 m	6,5 m	2,5 m	0,5 m	4,0 m

Spülung: Zusammensetzung	Wasser		
Spülung: Spez. Gewicht	g/cm³	Spülung: Viskosität	sec.
Spülung: Rm	Ohmm bei °C	Spülung: pH-Wert	
Herkunft Spülungsprobe:		Letzter Spülungsumlauf:	

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
C. Etongo	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	6,0	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,42	5,7
154 mm	6,0	16,0				



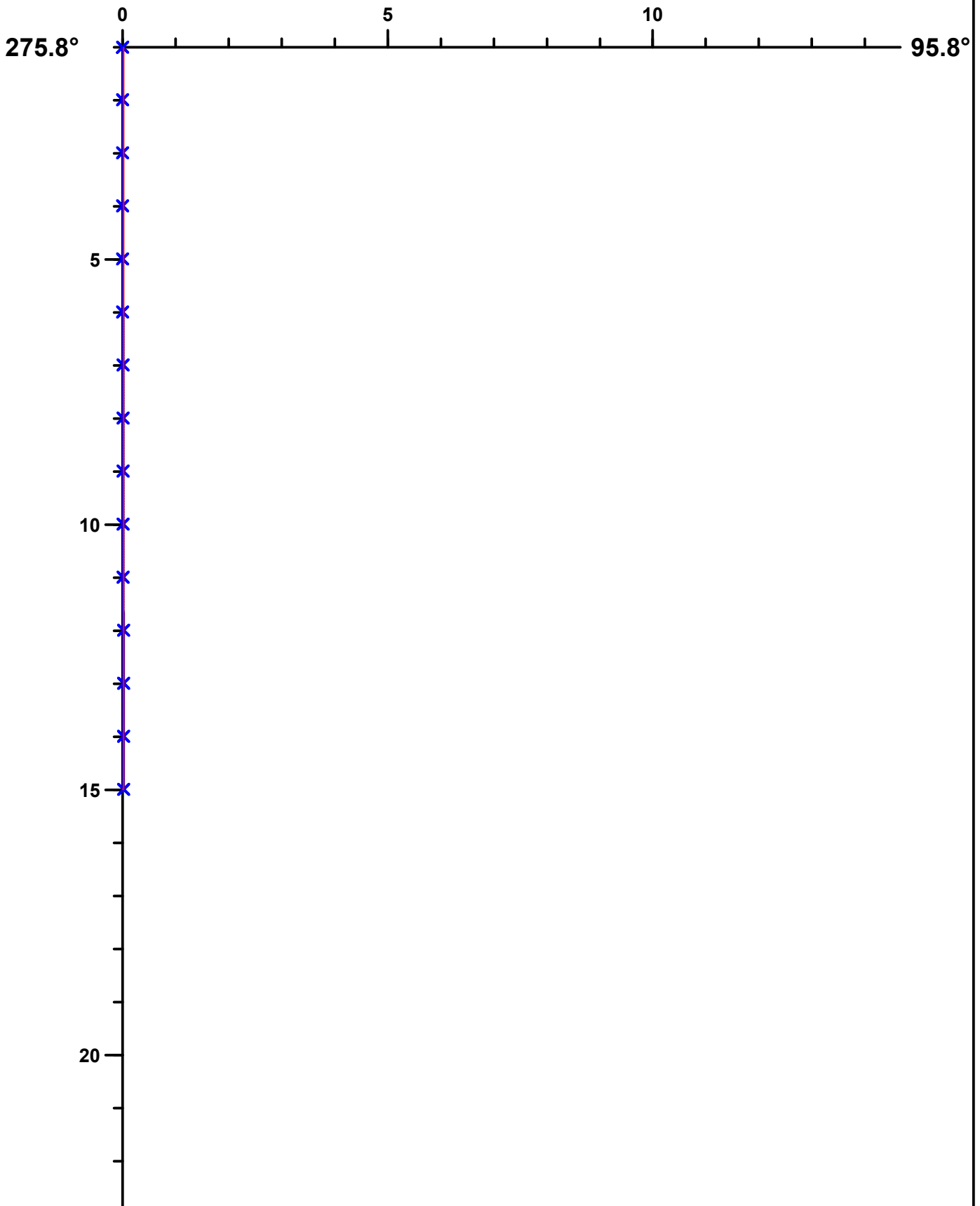
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt **Anlage A5.6**

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 12
Gemarkung: Sonderabfalldeponie Hünxe

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 03.11.2021



Maximale Abweichung: (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



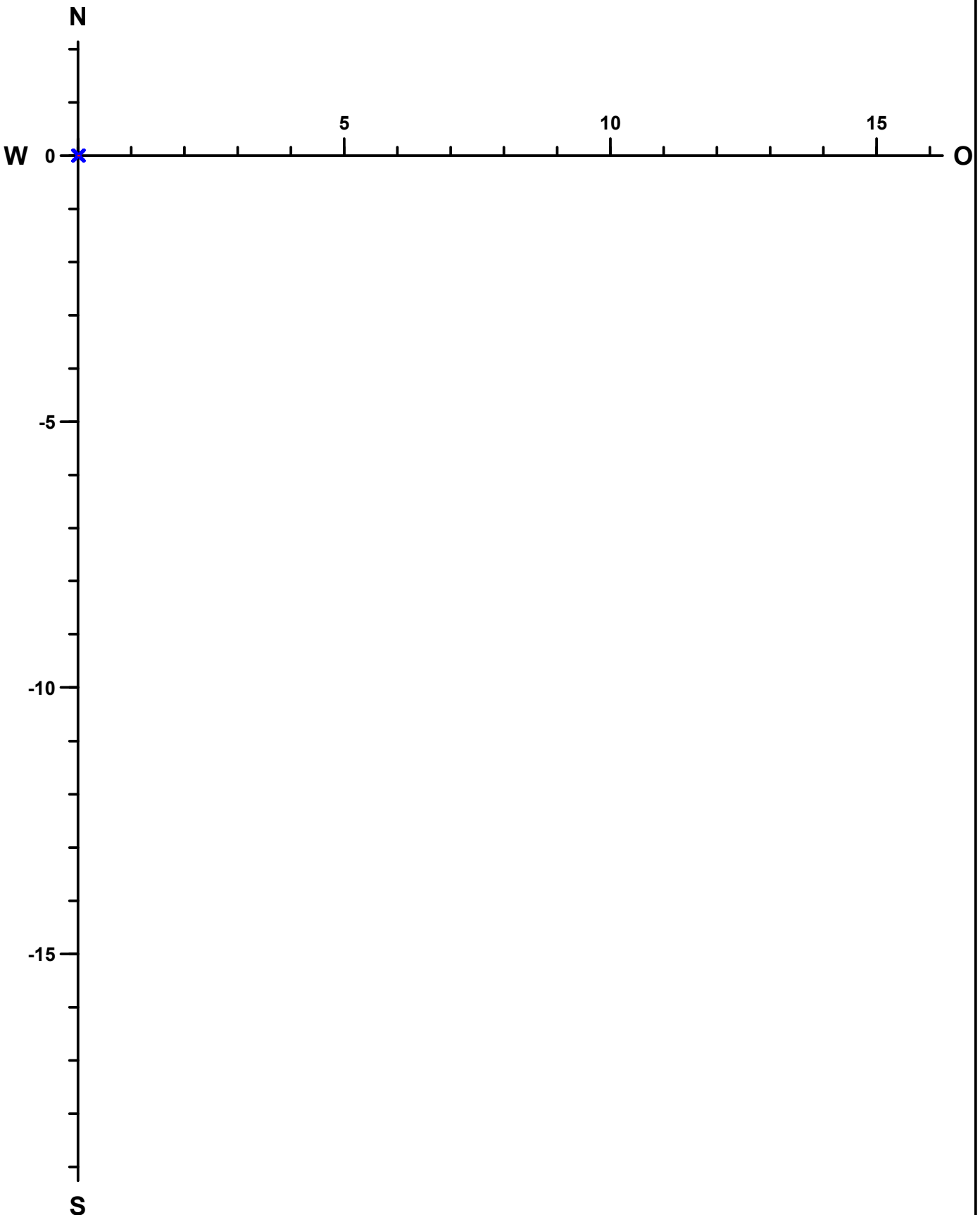
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 12
Gemarkung: Sonderabfalldeponie Hünxe

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 03.11.2021



Maximale Abweichung: (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



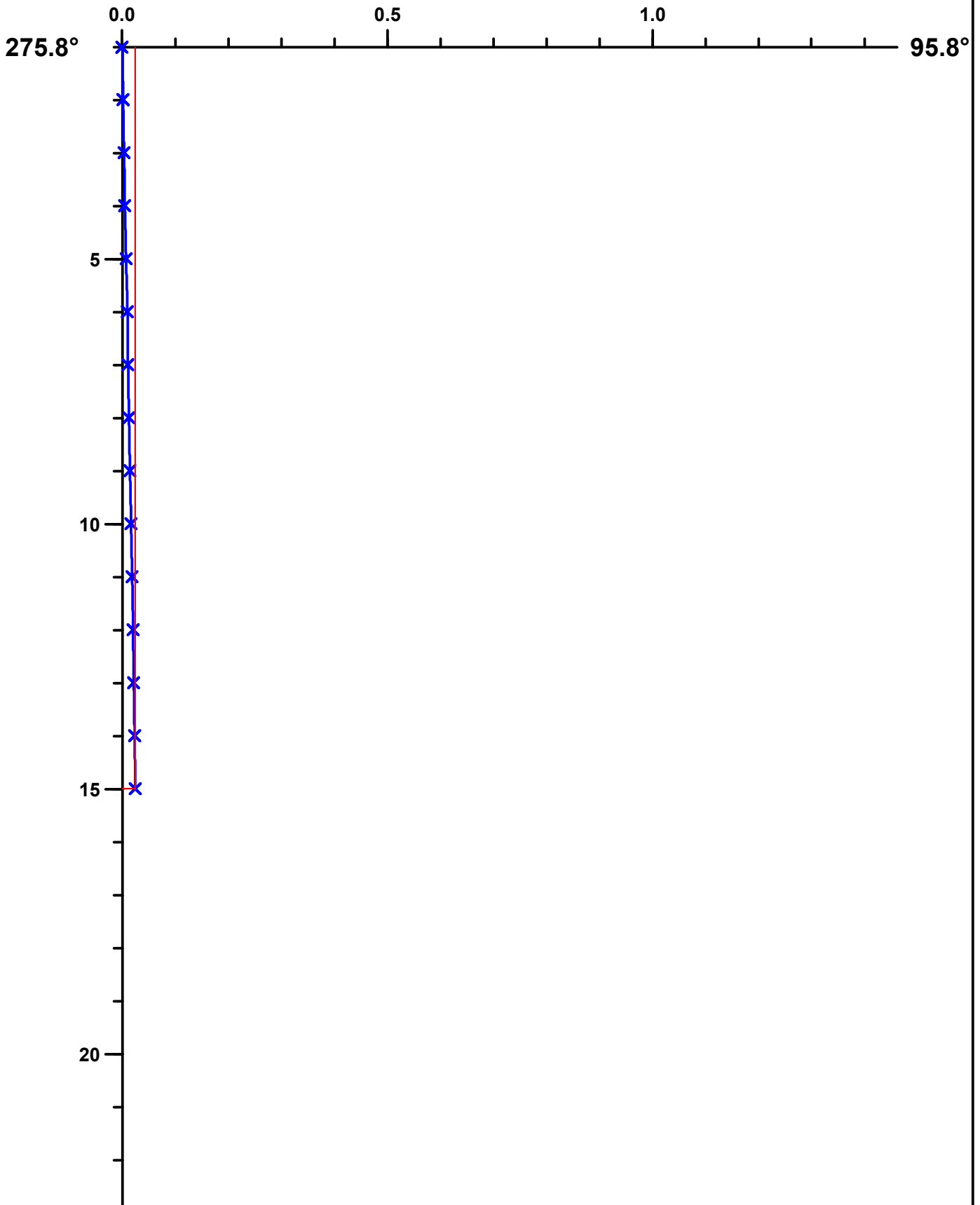
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 12
Gemarkung: Sonderabfalldeponie Hünxe

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 03.11.2021



Maximale Abweichung: (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



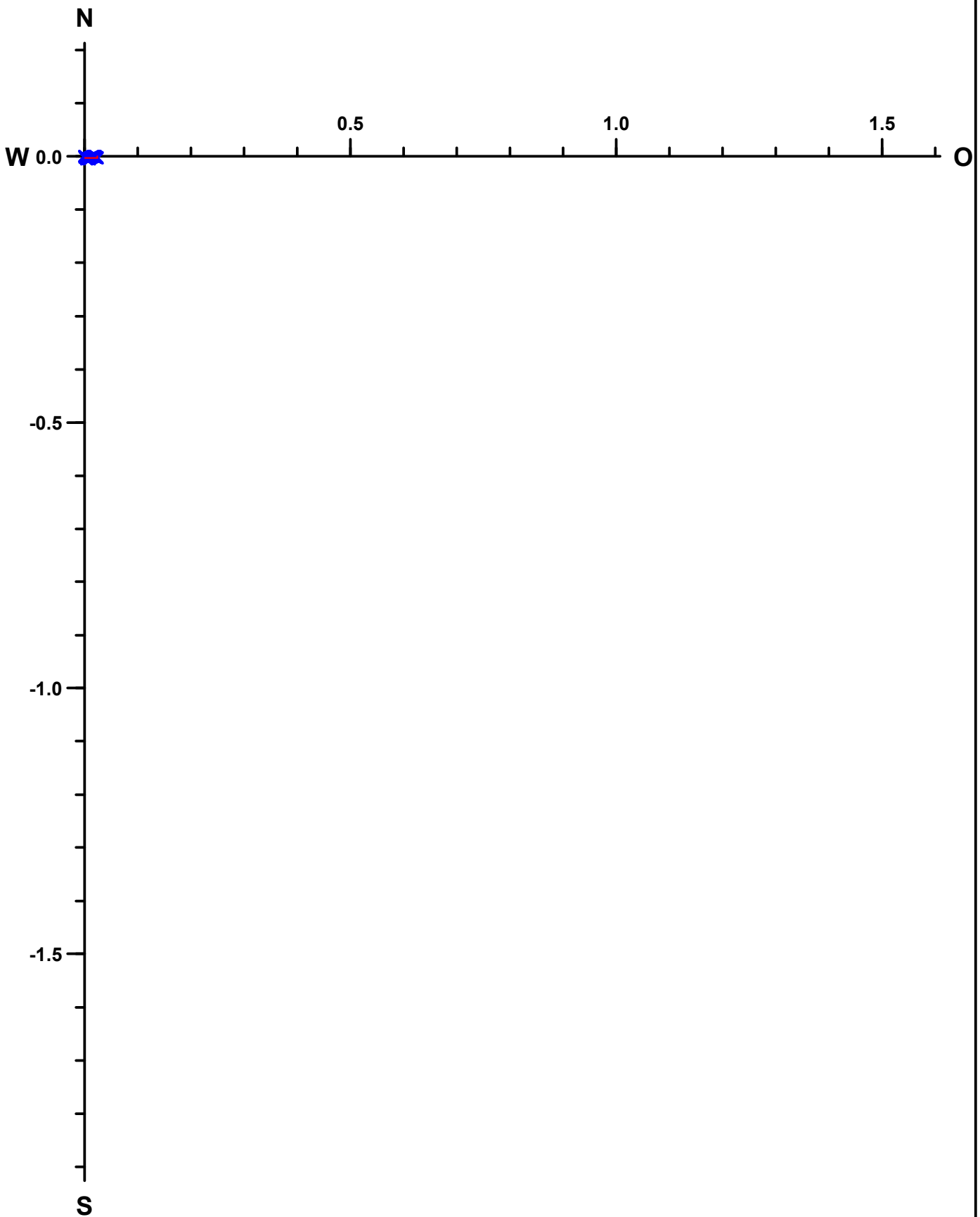
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 12
Gemarkung: Sonderabfalldeponie Hünxe

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 03.11.2021



Maximale Abweichung: (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 95.8°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 12
Gemarkung: Sonderabfalldeponie Hünxe

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 03.11.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
1m	0.1°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	1.00m
2m	0.1°	0.00m	135.6°	0.00m	-0.00m	2.00m
3m	0.1°	0.00m	132.1°	0.00m	-0.00m	3.00m
4m	0.2°	0.01m	137.1°	0.00m	-0.00m	4.00m
5m	0.1°	0.01m	118.6°	0.01m	-0.00m	5.00m
6m	0.1°	0.01m	113.7°	0.01m	-0.00m	6.00m
7m	0.1°	0.01m	103.7°	0.01m	-0.00m	7.00m
8m	0.1°	0.01m	97.2°	0.01m	-0.00m	8.00m
9m	0.1°	0.01m	92.0°	0.01m	-0.00m	9.00m
10m	0.1°	0.02m	88.6°	0.02m	0.00m	10.00m
11m	0.1°	0.02m	88.3°	0.02m	0.00m	11.00m
12m	0.1°	0.02m	89.8°	0.02m	0.00m	12.00m
13m	0.1°	0.02m	93.0°	0.02m	-0.00m	13.00m
14m	0.1°	0.02m	94.0°	0.02m	-0.00m	14.00m
15m	0.1°	0.02m	95.8°	0.02m	-0.00m	15.00m



Bericht

Anlage A5.7

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 12
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 420 H: 57 25 040
Messdatum: 09.12.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 12, Verfüllung Mühlenberg wurden am 09.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 03.11.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL, FWS und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 04.11.2021) der Messstelle FLS 12 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (AusbausOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 0,5 m mit einem Durchmesser von 500 mm, bis in 4,0 m mit 324 mm, bis in 12,0 m mit 244 mm und bis in 16,0 m mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 11,25 – 11,75 m ist die Messstelle hydraulisch an feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 0,5 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von 0,15– 11,25 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von 0,1 – 0,6 m. Zudem befindet sich bis in eine Teufe von 0,5 m ein Betonring. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Brunnendämmer von 0,5 – 9,0 m und Quellton von 9,0 – 11,0 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 12,0 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 11,6 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast

(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Filterstrecke kann nicht abgebildet werden, was vermutlich mit der ausgewiesenen geringen Filterlänge von 0,5 m zusammenhängt. Der Abstand vom Messpunkt bis zum Messsondenende beträgt im Falle der PVC-FEL ca. 0,9 m. Die maximale Messteufe beträgt 11,0 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	0,1 – 0,6	0,09 – ?
PVC-Vollrohr	0,15 – 11,25	0,12 – 11,25?
PVC-Filterrohr	11,25 – 11,75	11,25? – 11,75?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 8 m. Es können keine signifikanten Peaks festgestellt werden, die Stromflüsse darstellen und somit auf potenzielle Leckagen und Undichtigkeiten an den Rohrverbindungen hinweisen würden. Somit können die Rohrverbindungen als hydraulisch dicht bewertet werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,6 – 9,3 m und eine Tonsperre von 9,3 – 10,9 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein deutlicher Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 10,9 – 11,4 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 12,0 – 16,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2
Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,6
Betonring	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 9,0	0,6 – 9,3
Quellton / Tonsperre	9,0 – 11,0	9,3 – 10,9
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	11,0 – 12,0	10,9 – 11,4
Quellton	12,0 – 16,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 12, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filterstrecke konnte aufgrund ihrer geringen Länge nicht nachgewiesen werden.

Die Rohrverbindungen zeigen keine Stromflüsse, welche auf potenzielle Undichtigkeiten hinweisen würden. Die Rohrverbindungen können als hydraulisch dicht bewertet werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,6 – 9,3 m und eine Tonsperre von 9,3 – 10,9 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

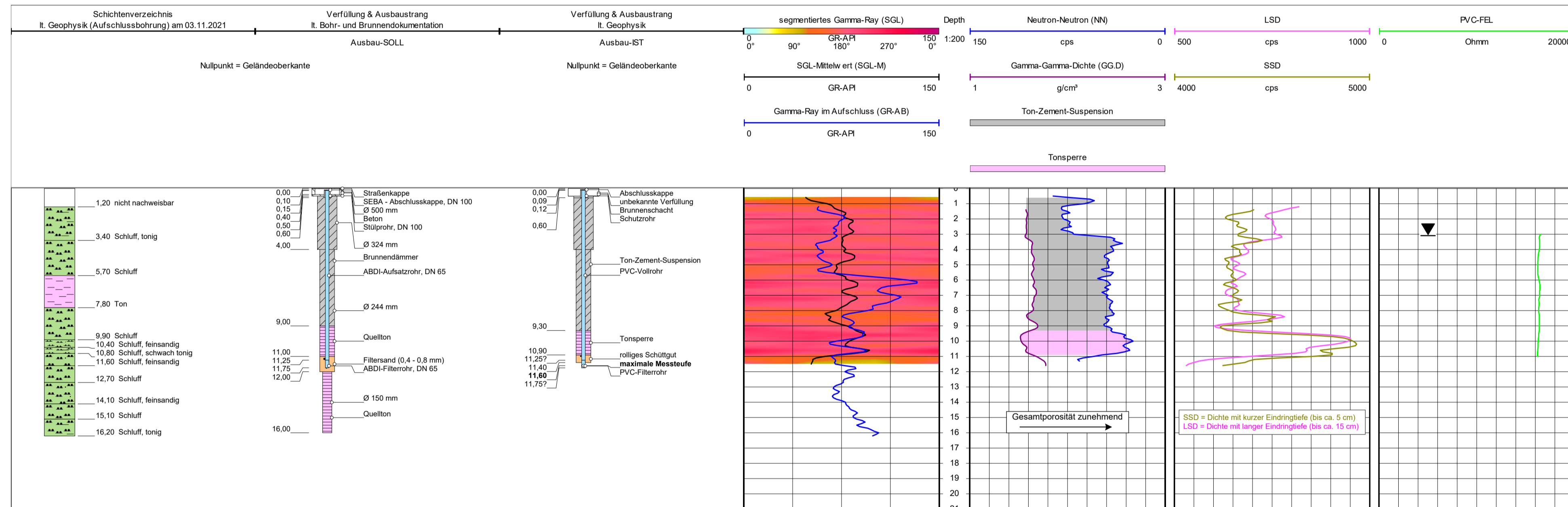
Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 12 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünte
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren	
Nullpotential "N":	(Abst. _____ m)					
Gerätedaten			Messdaten			
Messung: SGL	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: NN	Sonde Nr.: 81-05	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 cps / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Quellendaten						
Messung: NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: NK 2802	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 111 GBq	Sondenposition: frei hängend	
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt	
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.						
Bemerkungen:						

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH
 Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045			
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG					
Brunnen:	FLS 12					
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600			
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel			
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:				
Rechtswert:	25 58 420	Teufenskala:				
Hochwert:	57 25 040	Höhe ü. NN	ca. 48 m			
Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante					
Messbezugspunkt:	Geländeoberkante _____ m über Teufenbezugspunkt					
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante _____ m über Teufenbezugspunkt					
Datum	Uhrzeit	Messende	Wartezeit			
09.12.2021	14:00	15:15				
Rohrschuh:	_____ m					
Endteufe:	11,75? m					
Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL		
Tiefst. Messp.	11,5 m	11,5 m	11,5 m	11,0 m		
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	1,5 m	3,0 m		
Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt			
H. Scharfenberg	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter				
CONSULAQUA GmbH						
Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
500 mm	0,0	0,5	DN 100	Schutzrohr	0,09	?
324 mm	0,5	4,0	DN 65	PVC-Vollrohr	0,12	11,25?
244 mm	4,0	12,0	DN 65	PVC-Filterrohr	11,25?	11,75?
150 mm	12,0	16,0				

Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: **FLS 12**

Wasserspiegel 3,25 m unter OK. Seba offen (= GOK. - 15cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m ³ /h]	Absenkung	Bemerkung
14.12.21		0	3,25	WSP. Bohrung mit Klarwasser gespült
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m ³ /h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		11,18	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		11,03	
	2 min		10,90	
	3 min		10,80	
	4 min		10,68	
	5 min		10,57	
	6 min		10,46	
	7 min		10,36	
	8 min		10,26	
	9 min		10,16	
	10 min		10,06	
	11 min		9,97	
	12 min		9,87	
	13 min		9,78	
	14 min		9,70	
	15 min		9,61	
	16 min		9,52	
	17 min		9,44	
	18 min		9,36	
	19 min		9,28	
	20 min		9,20	
	21 min		9,12	
	22 min		9,05	
	23 min		8,97	
	24 min		8,90	
	25 min		8,82	
	26 min		8,75	
	27 min		8,68	
	28 min		8,61	
	29 min		8,54	
	30 min		8,48	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 14.12. bis 17.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A6.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 4		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 13							Bohrzeit: 22.10.21 Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
2,00	a) Aufschüttung b) Schotter c) d) e) dunkelgrau f) g) h) i)							
4,50	a) Schluff, feinsandig, tonig, sehr schwach kiesig b) roststreifig c) weich bis fest d) e) hellgrauorange f) Geschiebelehm g) h) i) kf			1. Kern 3,5 - 4 m				
5,00	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) c) steif d) e) braun f) g) h) i) kf			weich und nass 4,45 - 4,65 m				
5,25	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) Tonbrocken, feucht-nass c) weich d) e) dunkelbraun f) g) h) i) kf							
5,70	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) kf							

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 4

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 13

Bohrzeit:
22.10.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt			
6,00	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) k1		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
7,15	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif, fest d) e) dunkelbraun f) g) h) i) kf						
7,40	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) locker gelagert, steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) k						
8,60	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) kf						
9,35	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht-feucht c) weich, steif d) e) graubraun f) g) h) i) k						

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 4

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 13

Bohrzeit:
22.10.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
11,45	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht-trocken c) locker gelagert, steif d) e) graubraun, grün f) g) h) i) k4	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
11,70	a) Schluff, feinsandig, tonig b) erdfeucht-trocken c) steif, fest d) e) hellgraugrün f) g) h) i) k4					
13,65	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graugrün f) g) h) i) k					
14,40	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif, fest d) e) hellgrau f) g) h) i) k4	Mergelschicht				
14,80	a) Schluff, feinsandig, tonig b) erdfeucht-feucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

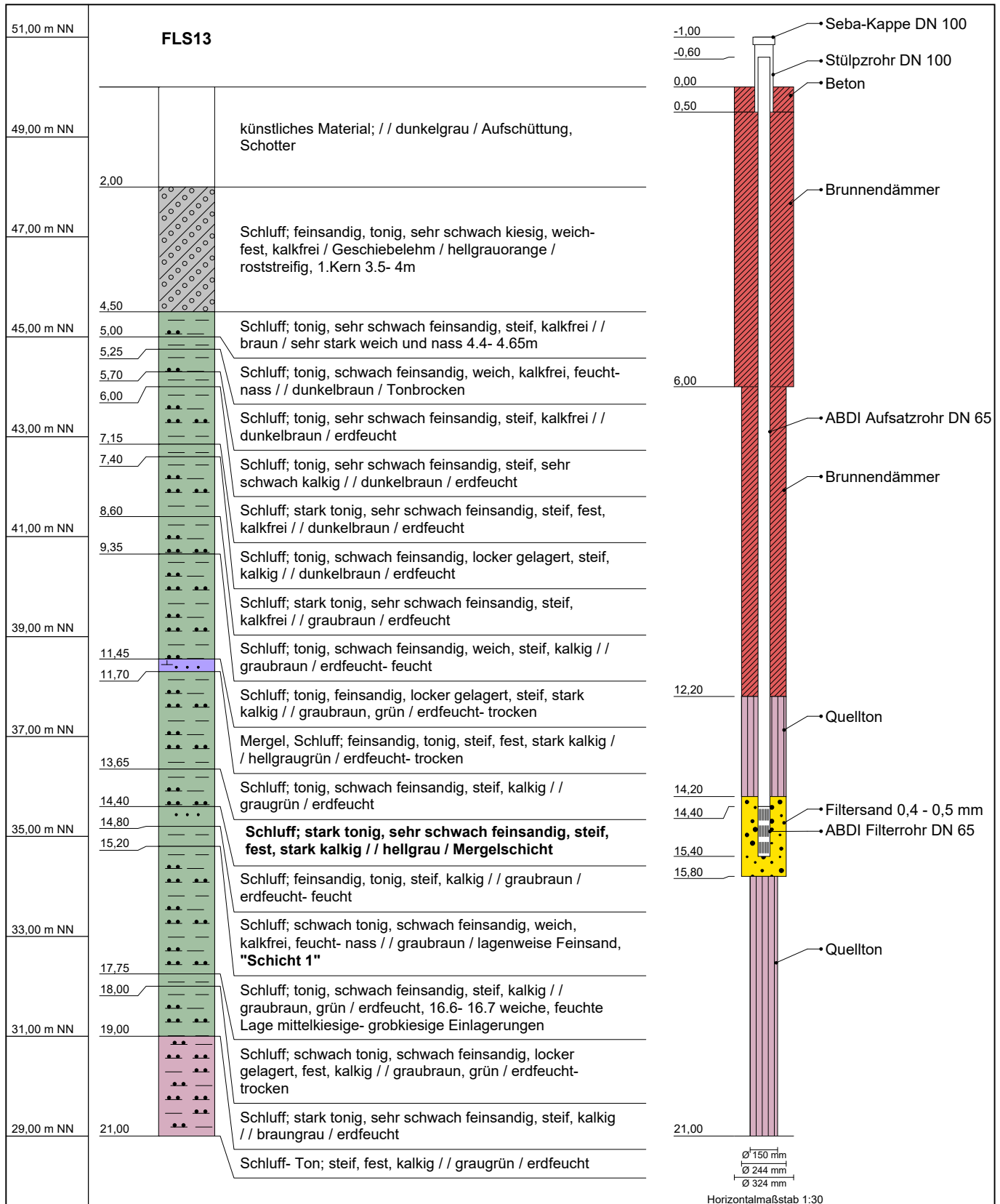
Seite 4 von 4

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 13

Bohrzeit:
22.10.21 Schroeter









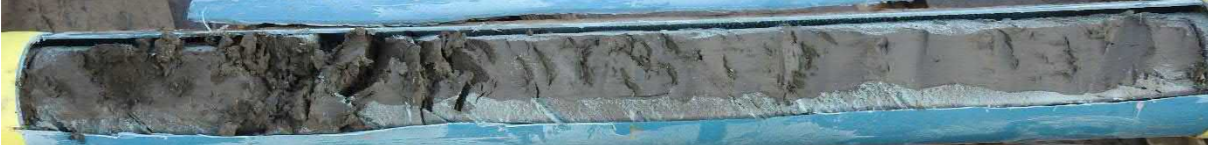






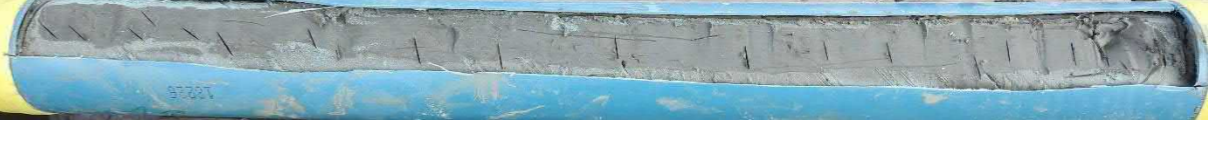

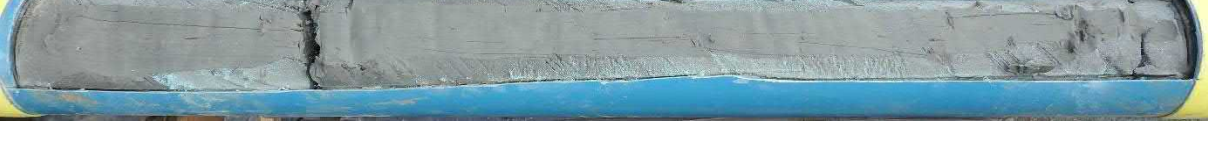
1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
15,20	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig b) lagenweise fS, feucht-nass c) weich d) e) graubraun f) g) h) i) kf	Schicht 1				
17,75	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun, grün f) g) h) i) k	16,6-16,7 weiche, feuchte Lage mg-gg-Einlagerungen				
18,00	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) locker gelagert, fest d) e) graubraun, grün f) g) h) i) k					
19,00	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) braungrau f) g) h) i) k					
21,00	a) Schluff bis Ton b) erdfeucht c) steif, fest d) e) graugrün f) g) h) i) k	Endteufe				



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	FLS13	Bhrg. Id: 21120013	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 350700,3	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725215,6	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 50	
Anlage	A6.2	Maßstab : 1:110	

Bohrung FLS13, Kernaufnahme - 22.10.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	3,5 – 4,0 m		12,0 – 13,0 m
	4,0 – 5,0 m		13,0 – 14,0 m
	5,0 – 6,0 m		14,0 – 15,0 m
	6,0 – 7,0 m		15,0 – 16,0 m
	7,0 – 8,0 m		16,0 – 17,0 m
	8,0 – 9,0 m		17,0 – 18,0 m
	9,0 – 10,0 m		18,0 – 19,0 m
	10,0 – 11,0 m		19,0 – 20,0 m
	11,0 – 12,0 m		20,0 – 21,0 m



Bericht

zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 13
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 260 H: 57 25 230
Messdatum: 21.10.2021

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie.....	5
2.3	Full Wave Sonic.....	6
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 13, Verfüllung Mühlenberg wurden am 21.10.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte
- **Full Wave Sonic (FWS):** Ermittlung von gesteinsmechanischen Eigenschaften

Die Bohrung FLS 13 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 5,6 m und mit 154 mm von 5,6 – 21,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 21,0 m. Von -0,55 – 5,45 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 20,9 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

Full Wave Sonic und mechanische Gesteinsparameter

Die Messung des Full Wave Sonic (**FWS**) erfolgt ausschließlich in flüssigkeitserfüllten Bohrlöchern und nutzt die Ausbreitung von Ultraschallwellen zur Charakterisierung des Anstehenden. Bei diesem Verfahren werden mehrere Sender und Empfänger verwendet, welche in unterschiedlichen feststehenden Abständen zueinander positioniert sind. Die empfangenen Signale werden in ihrer Laufzeit und Amplitude aufgezeichnet und als Wellenbild dargestellt. Aus den Empfänger-Anordnungen RX1-RX2 und RX1-RX3 wurde die Differenzlaufzeit (Slowness) der P-Welle ermittelt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 5,6 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist bis in eine Teufe von 12,9 m auf durchschnittlich 172 mm erweitert. Unterhalb bis zur maximalen Messteufe liegt das Kaliber bei durchschnittlich 152 mm und ist demnach leicht vermindert.

Die Kaliber-Messung ergibt somit einen durchschnittlichen Bohrlochdurchmesser von ca. 160 mm und ist somit nur geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 1,0°. Der Abstand aus der Lotrechten steigt bis in ca. 9,3 m nahezu kontinuierlich an und erreicht hier einen Maximalwert von 0,04 m in Richtung Ost (82°). Im weiteren Verlauf nimmt der Abstand wieder ab auf 0,02 m. In der maximalen Messteufe von 20,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung 0,1° in Richtung Süd-Südwest (212°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,02 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 5,6 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Bis in eine Teufe von 2,4 m steht ein Grundwasserleiter aus Sand an, der anhand einer verminderten Gammaaktivität zu vermuten ist.
- Im Liegenden bis zur maximalen Messteufe handelt es sich lt. Geophysik um einen Grundwassergeringleiter aus Ton und Schluff. Feinsandige Bereiche (11,3 – 12,4 m, 14,2 – 15,1 m, 16,0 – 17,8 m) weisen eine vergleichsweise verminderte Gammaaktivität sowie erhöhte spezifische elektrische Widerstände auf. Der Ton (5,6 – 11,3 m) kennzeichnet sich durch eine deutlich erhöhte Gammaaktivität. Die P-Wellen-Slowness liegt im Wertebereich von ca. 620 – 670 µs/m.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
	1,20	nicht nachweisbar
Grundwasserleiter	2,40	Sand
	5,60	Schluff
	11,30	Ton, schluffig
	12,40	Schluff, schwach feinsandig
Grundwassergeringleiter	14,20	Schluff
	15,10	Schluff, stark feinsandig
	16,00	Schluff
	17,80	Schluff, stark feinsandig
	20,60	Schluff

2.3 Full Wave Sonic

Die aus dem Full Wave Sonic ermittelten Differenzlaufzeiten liegen zwischen 620 – 670 $\mu\text{s}/\text{m}$. In Abgleich mit der Literatur entsprechen diese etwa typischen Werten von Wasser. Dies ist eine Indikation für ein sehr langsames Gebirge (langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallsignale) und deckt sich prinzipiell mit der angetroffenen Lithologie. Bei einem sehr langsamen Gebirge (Ton, Schluff) kann dies ein verfahrenstypisches Problem sein, bei dem das bohrlochnahe Sediment durch Bohr- und Spülungseinflüsse sowie Standzeit (Quellen) weiter aufgelockert wird und dies zu einem nicht verwertbaren Schalllaufzeitergebnis führt. Die eingesetzte Methode des Full Wave Sonic liefert daher bei der angetroffenen Lithologie keinen Mehrwert für eine Interpretation der Lithologie.

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 13, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 160 mm geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,02 m Abstand in 20,0 m Teufe (TVD) bei $0,1^\circ$ in Richtung Süd-Südwest (212°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter von 2,4 – 20,6 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 11,3 – 12,4 m, 14,2 – 15,1 m und 16,0 – 17,8 m.

tegeo

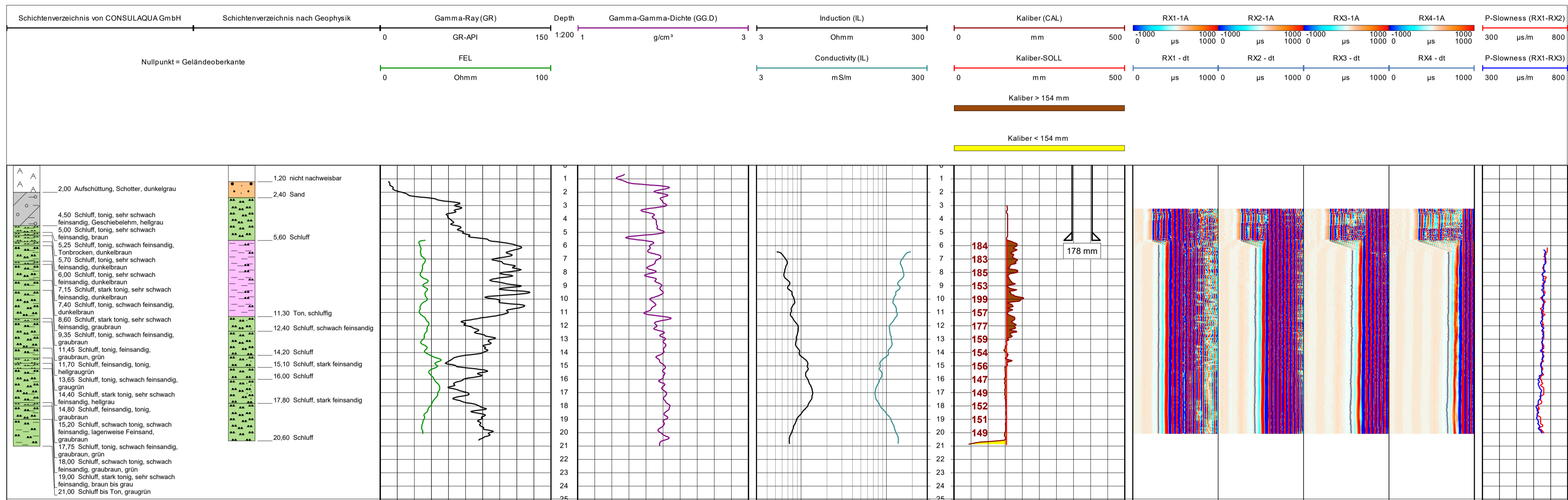
Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 18.11.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünke
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren	
Nullpotential "N":	(Abst. _____ m)					
Gerätedaten		Messdaten				
Messung: GR	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 100 Ohmm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: BA	Sonde Nr.: 1459001	ø var mm	Empfindlichkeit:	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: IL	Sonde Nr.: HI 385 F	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: CAL	Sonde Nr.: 3-78	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 mm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: FWS	Sonde Nr.: 202916	ø 50 mm	Empfindlichkeit:	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Quellendaten						
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt	
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>						
Bemerkungen:						

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 13 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG





TECTMEYER GEOPHYSIK GMBH
 Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr. Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co		
Brunnen:	FLS 13		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 260	Teufenskala:	
Hochwert:	57 25 230	Höhe ü. NN	ca. 48 m
		1:200	

Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante						
Messbezugspunkt:	OK Stahlrohr	0,55 m über Teufenbezugspunkt					
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante	m über Teufenbezugspunkt					
Datum	21.10.2021	Uhrzeit	Messbeginn: 13:00	Messende: 15:45	Wartezeit	Rohrschuh: 5,6 m	Endteufe: 21,0 m

Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D	FWS
Tiefst. Messp.	20,5 m	20,0 m	20,0 m	21,0 m	21,0 m	21,0 m	20,0 m
Höchst. Messp.	1,0 m	5,5 m	1,0 m	6,5 m	3,0 m	0,5 m	3,5 m
Ausführender	Messwagen		Geologische Bearbeitung			Landesamt	
C. Etongo	CE-TG 437		Dipl.-Geol. G. Schroeter				
M. Thimm	CONSULAQUA GmbH						

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0	5,6	178 mm	Stahl-Stahlrohr	-0,55	5,6
154 mm	5,6	21,0				



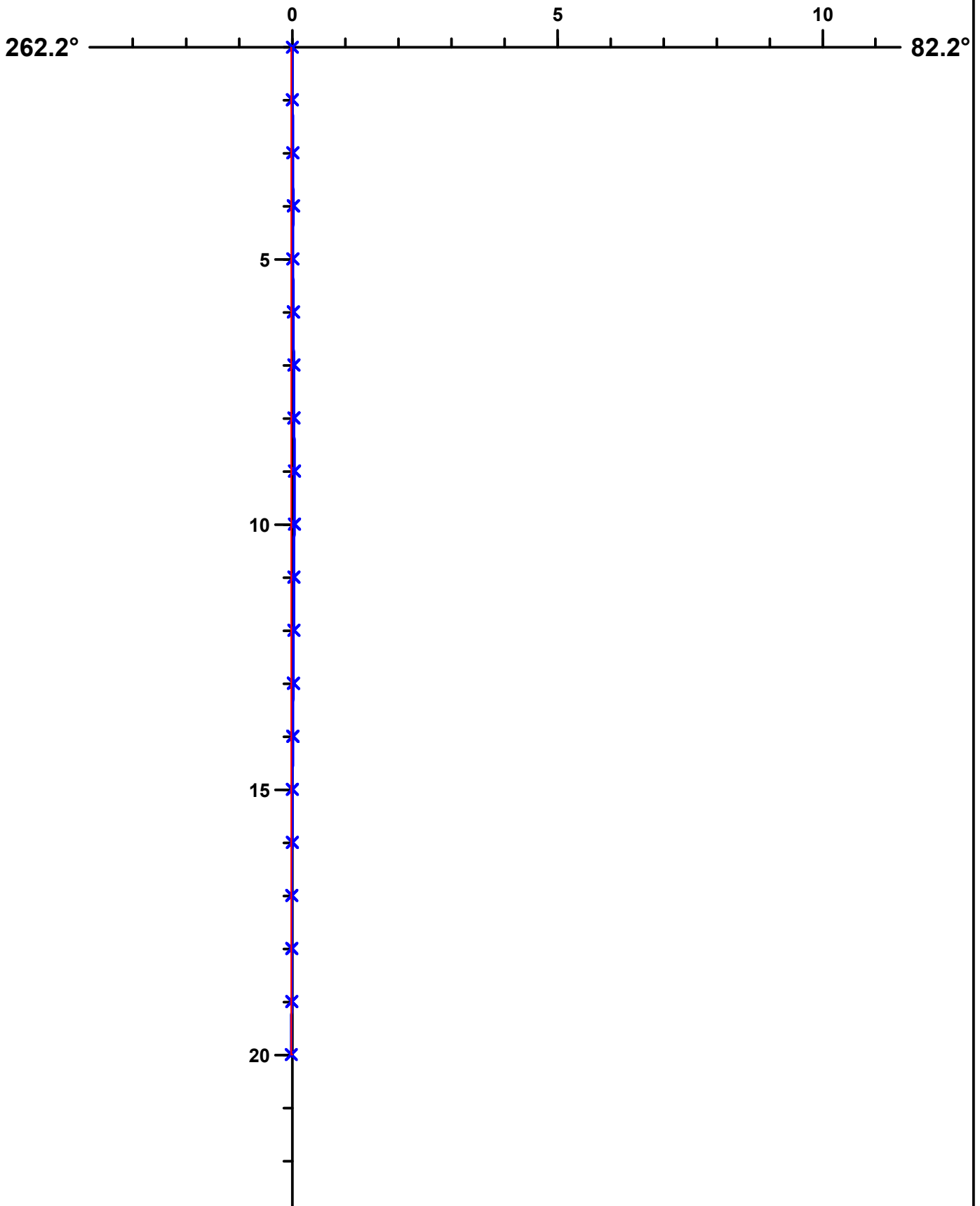
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt **Anlage A6.6**

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co
Bohrung: FLS 13
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 21.10.2021



Maximale Abweichung: (0.04m , 82.2°) @ 9.30m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 211.5°) @ 20.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



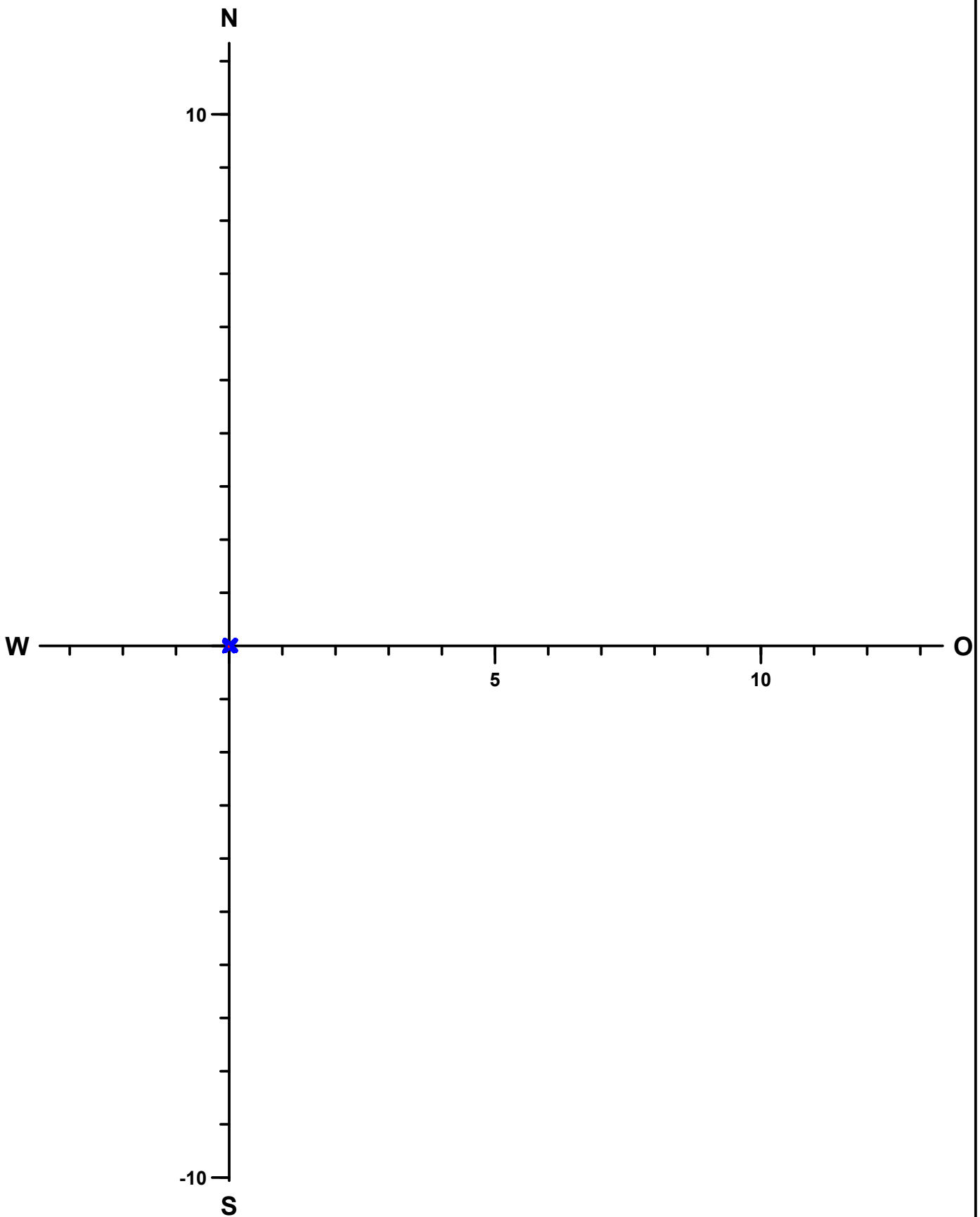
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co
Bohrung: FLS 13
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 21.10.2021



Maximale Abweichung: (0.04m , 82.2°) @ 9.30m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 211.5°) @ 20.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



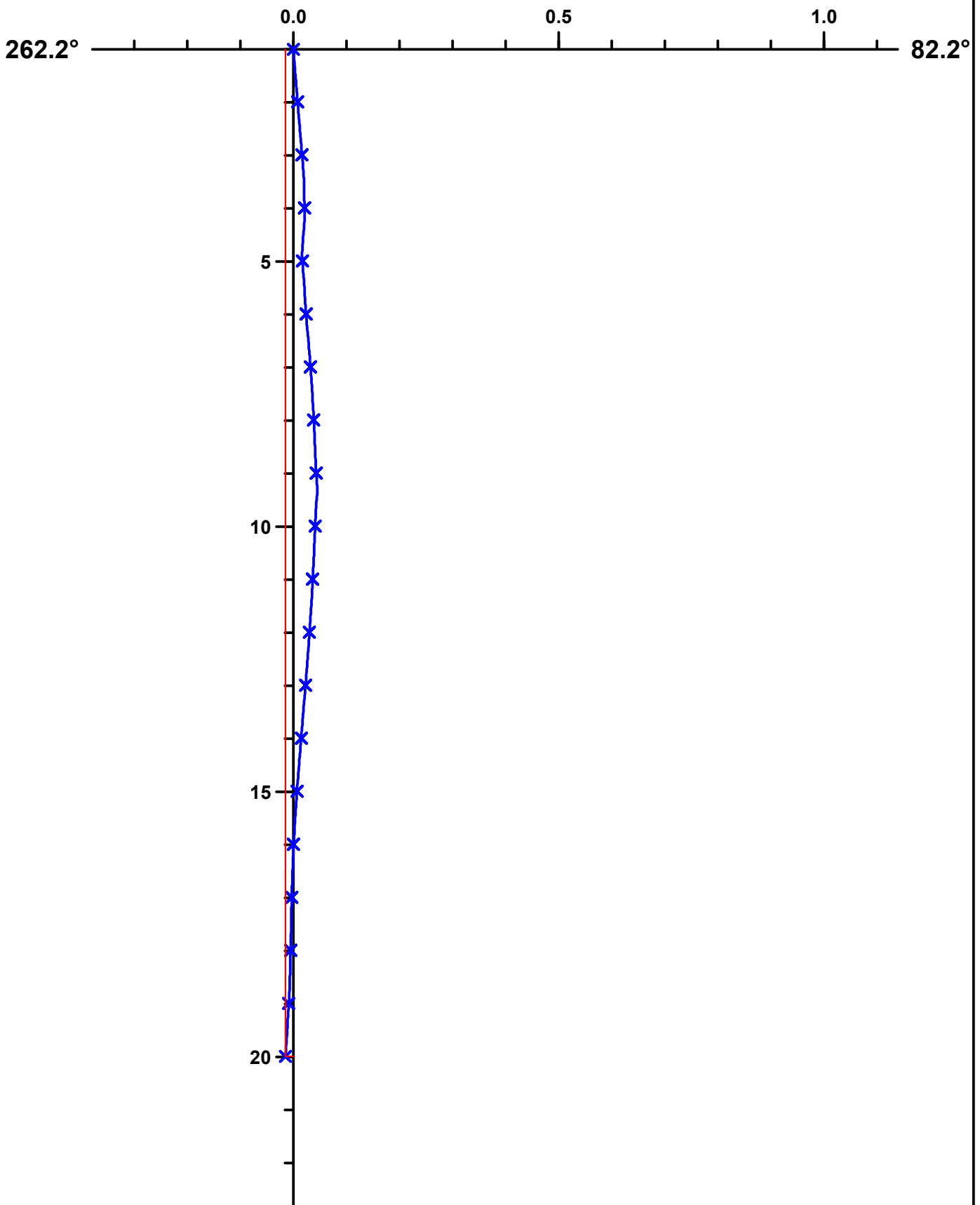
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co
Bohrung: FLS 13
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 21.10.2021



Maximale Abweichung: (0.04m , 82.2°) @ 9.30m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 211.5°) @ 20.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



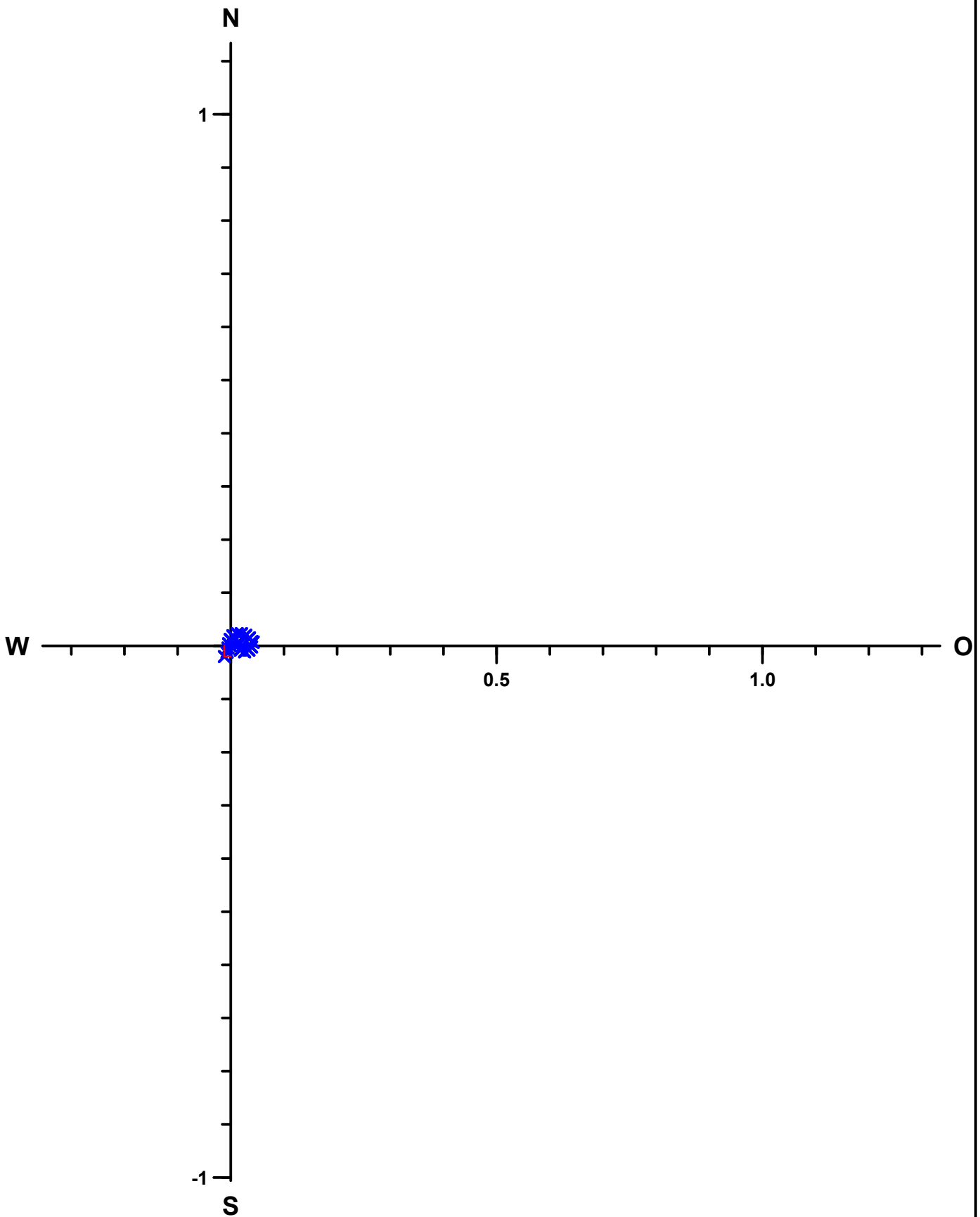
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co
Bohrung: FLS 13
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 21.10.2021



Maximale Abweichung: (0.04m , 82.2°) @ 9.30m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 211.5°) @ 20.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co
Bohrung: FLS 13
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 21.10.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
1m	0.5°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	1.00m
2m	0.5°	0.01m	82.9°	0.01m	0.00m	2.00m
3m	0.5°	0.02m	77.8°	0.02m	0.00m	3.00m
4m	0.5°	0.02m	93.9°	0.02m	-0.00m	4.00m
5m	0.5°	0.02m	113.8°	0.02m	-0.01m	5.00m
6m	0.5°	0.03m	114.5°	0.03m	-0.01m	6.00m
7m	0.5°	0.03m	103.4°	0.03m	-0.01m	7.00m
8m	0.5°	0.04m	92.7°	0.04m	-0.00m	8.00m
9m	0.5°	0.04m	81.5°	0.04m	0.01m	9.00m
10m	0.5°	0.04m	79.4°	0.04m	0.01m	10.00m
11m	0.5°	0.04m	67.1°	0.03m	0.01m	11.00m
12m	0.5°	0.03m	54.3°	0.03m	0.02m	12.00m
13m	0.5°	0.03m	40.8°	0.02m	0.02m	13.00m
14m	0.5°	0.03m	27.2°	0.01m	0.02m	14.00m
15m	0.5°	0.02m	12.7°	0.00m	0.02m	15.00m
16m	0.5°	0.01m	354.5°	-0.00m	0.01m	16.00m
17m	0.5°	0.01m	316.1°	-0.00m	0.00m	17.00m
18m	0.5°	0.01m	226.4°	-0.00m	-0.00m	18.00m
19m	0.5°	0.01m	208.8°	-0.01m	-0.01m	19.00m
20m	0.6°	0.02m	211.5°	-0.01m	-0.02m	20.00m



Bericht

Anlage A6.7

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 13
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 260 H: 57 25 230
Messdatum: 02.02.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 13, Verfüllung Mühlenberg wurden am 02.02.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 21.10.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL, FWS und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 22.10.2021) der Messstelle FLS 13 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (Ausbau-SOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 6,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm, bis in 15,8 m mit 244 mm und bis in 21,0 mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 14,4 – 15,4 m ist die Messstelle hydraulisch an stark feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 1 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,6 – 14,4 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -1,0 – 0,5 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Beton von 0,0 – 0,5 m, Brunnendämmer von 0,5 – 12,2 m und Quellton von 12,2 – 14,2 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 15,8 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 15,0 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast

(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Verringerung des spezifischen elektrischen Widerstands (erhöhte Leitfähigkeit, hellblaue Schraffur im Messplot) in 14,3 m Teufe beschreibt die Filterrohroberkante. Die Unterkante des Filters konnte ausbaubedingt nicht abgebildet werden. Insgesamt werden 0,2 m Filterstrecke nachgewiesen. Die maximale Messteufe beträgt 14,5 m. Unter der Annahme eines projektgerechten Ausbaus, beträgt die Filterlänge 1 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	-1,0 – 0,5	-0,92 – ?
PVC-Vollrohr	-0,6 – 14,4	-0,72 – 14,3
PVC-Filterrohr	14,4 – 15,4	14,3 – 15,3?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 11 m. An der Verbindung in 10,3 m ist ein geringer Peak festzustellen. Dieser Stromfluss weist auf eine potenzielle Leckage und Undichtigkeit an der Rohrverbindung hin. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,6 – 11,4 m und eine Tonsperre von 11,4 – 14,1 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein deutlicher Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die Abnahme der natürlichen Radioaktivität oberhalb von ca. 2 m ist daher vermutlich auf das Gebirge zurückzuführen. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarbendarstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 14,1 – 14,7 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 15,8 – 21,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2

Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,6
Beton	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 12,2	0,6 – 11,4
Quellton / Tonsperre	12,2 – 14,2	11,4 – 14,1
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	14,2 – 15,8	14,1 – 14,7
Quellton	15,8 – 21,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 13, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filteroberkante konnte in 10,3 m festgestellt werden und ist somit projektgerecht positioniert.

Die Rohrverbindung in 14,6 m zeigt einen Stromfluss, welcher auf eine potenzielle Undichtigkeit hinweisen kann. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,6 – 11,4 m und eine Tonsperre von 11,4 – 14,1 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



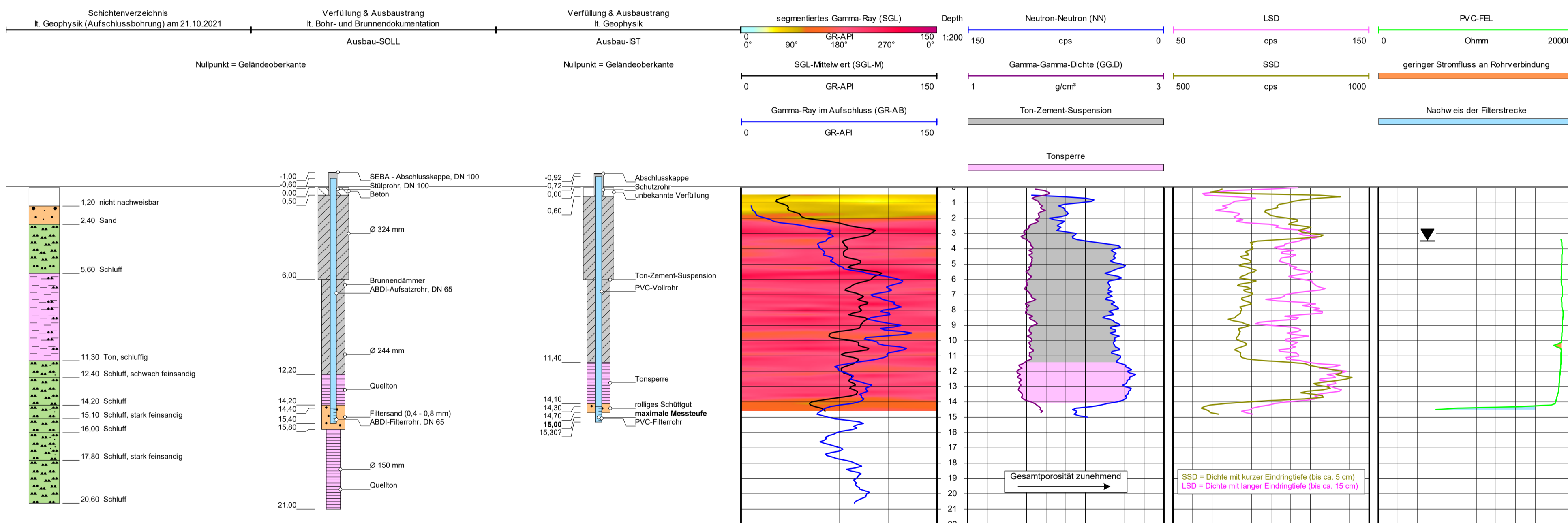
Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 13 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünte
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren	
Nullpotential "N":	(Abst. _____ m)					
Gerätedaten			Messdaten			
Messung: SGL	Sonde Nr.: 38-01	ø 38 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: NN	Sonde Nr.: 81-05	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 cps / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 3-93	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Quellendaten						
Messung: NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: NK 2802	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 111 GBq	Sondenposition: frei hängend	
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: 448-6-73	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 111 MBq	Sondenposition: angedrückt	
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.						
Bemerkungen:						

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045		
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG				
Brunnen:	FLS 13				
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600		
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel		
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:			
Rechtswert:	25 58 260	Teufenskala:	1:200		
Hochwert:	57 25 230	Höhe ü. NN	ca. 48 m		
Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante				
Messbezugspunkt:	OK Abschlusskappe	0,92 m über Teufenbezugspunkt			
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante				
Datum	Uhrzeit	Messende	Wartezeit		
02.02.2022	14:45	16:00			
			Rohrschuh: _____ m		
			Endteufe: 15,3? m		
Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL	
Tiefst. Messp.	14,5 m	15,0 m	14,5 m	14,5 m	
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	0,0 m	3,5 m	
Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt		
J. Wohler	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter			
CONSULAQUA GmbH					
Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten		
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m bis m
324 mm	0,0	6,0	DN 100	Schutzrohr	-0,92 ?
244 mm	6,0	15,8	DN 65	PVC-Vollrohr	-0,72 14,3
150 mm	15,8	21,0	DN 65	PVC-Filterrohr	14,3 15,3?



Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: **FLS 13**

Wasserspiegel 4,61 m unter OK. Seba (= GOK. + 100cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
14.12.21		0	4,61	WSP.
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		15,91	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		15,75	
	2 min		15,73	
	3 min		15,70	
	4 min		15,69	
	5 min		15,67	
	6 min		15,64	
	7 min		15,60	
	8 min		15,54	
	9 min		15,48	
	10 min		15,43	
	11 min		15,38	
	12 min		15,33	
	13 min		15,28	
	14 min		15,23	
	15 min		15,18	
	16 min		15,14	
	17 min		15,10	
	18 min		15,05	
	19 min		15,00	
	20 min		14,96	
	21 min		14,92	
	22 min		14,87	
	23 min		14,83	
	24 min		14,79	
	25 min		14,74	
	26 min		14,70	
	27 min		14,66	
	28 min		14,61	
	29 min		14,57	
	30 min		14,53	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 14.12. bis 16.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A7.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 6		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 14							Bohrzeit: 30.11.21 Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
0,40	a) Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig, sehr schwach grobsandig, humos b) Wurzeln c) d) e) schwarzbraun f) g) h) i)							
1,50	a) Feinsand, schluffig, mittelsandig b) vereinzelt Grobsand c) weich d) e) grau bis orange f) g) h) i) kf							
2,50	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) c) weich, steif d) e) hellgrau bis grün f) Geschiebelehm g) h) i) kf							
3,50	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) c) weich, steif d) e) hellgrau bis grün f) Geschiebemergel g) h) i) k5							
4,30	a) Schluff, tonig, feinsandig, sehr schwach mittelsandig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) braun f) g) h) i) kf							

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 6

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 14

Bohrzeit:
30.11.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt			
6,20	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) Konkretionen bei 5,2 m; erdfeucht bis trocken c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
7,05	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k						
7,35	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) feucht, bröckelig c) d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf						
8,05	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k						
8,35	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) feucht, bröckelig c) d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k						

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 6

Projekt: 54201									
Bohrung: FLS 14								Bohrzeit: 30.11.21 Schroeter	
1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
9,80	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif bis fest d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k								
10,00	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) weich bis steif d) e) braun f) g) h) i) k								
10,55	a) Schluff, stark feinsandig b) erdfeucht,feucht, Konkretionen bei 10,35 m c) locker gelagert d) e) braun f) g) h) i) kf								
11,05	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) fest d) e) braun f) g) h) i) k								
11,60	a) Ton, schluffig b) bröckelig, fast Festgestein, trocken c) fest d) e) hellgraubraun f) g) h) i) k5					Mergelschicht			

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 4 von 6

Projekt: 54201									
Bohrung: FLS 14								Bohrzeit: 30.11.21 Schroeter	
1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
11,90	a) Schluff, stark tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken, Muschelschalen c) steif, fest d) e) dunkelbraun f) g) h) i) k5								
12,85	a) Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig b) feucht-nass c) weich d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf					Schicht 1.1			
13,45	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) feucht c) weich, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf								
14,10	a) Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig b) feucht-nass c) weich d) e) braungrau f) g) h) i) kf								
15,45	a) Schluff, stark feinsandig, schwach tonig b) feucht-nass c) weich, steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k2					Schicht 1.2			

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 5 von 6

Projekt: 54201									
Bohrung: FLS 14								Bohrzeit: 30.11.21 Schroeter	
1	2					3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen					Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
16,10	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht, Muschelreste c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k								
17,40	a) Ton bis Schluff, sehr schwach feinsandig b) trocken c) fest d) e) dunkelgraubraungrün f) g) h) i) k								
18,20	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) feucht c) weich d) e) dunkelgraubraungrün f) g) h) i) k								
19,00	a) Schluff, tonig, feinsandig b) feucht-erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k5								
20,30	a) Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig b) feucht c) weich d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k2					Schicht 2			

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 6 von 6

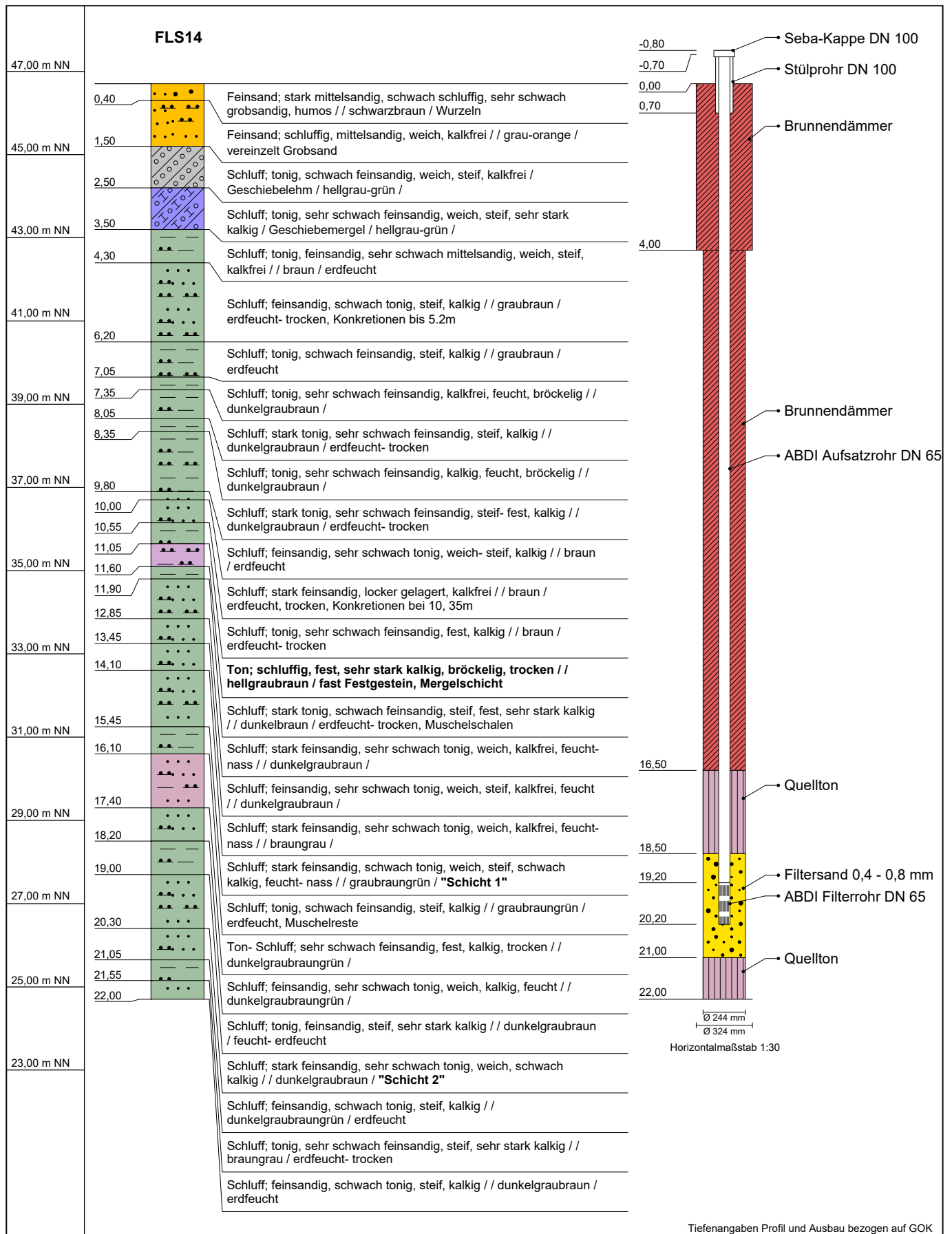
Projekt: 54201

Bohrung: FLS 14

Bohrzeit:

30.11.21 Schroeter




















1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
21,05	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraungrün f) g) h) i) k	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
21,55	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif d) e) braungrau f) g) h) i) k5					
22,00	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k	Endteufe				



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	FLS14	Bhrg. Id: 22120014	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 351298,7	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725287,6	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 46,7	
Anlage	A7.2	Maßstab : 1:125	

Bohrung FLS14, Kernaufnahme - 29.11.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	3,5 – 4,0 m		13,0 – 14,0 m
	4,0 – 5,0 m		14,0 – 15,0 m
	5,0 – 6,0 m		15,0 – 16,0 m
	6,0 – 7,0 m		16,0 – 17,0 m
	7,0 – 8,0 m		17,0 – 18,0 m
	8,0 – 9,0 m		18,0 – 19,0 m
	9,0 – 10,0 m		19,0 – 20,0 m
	10,0 – 11,0 m		20,0 – 21,0 m
	11,0 – 12,0 m		21,0 – 22,0 m
	12,0 – 13,0 m		

Schicht 1.1. 11.9-12.85m

Schicht 1.2. 14.1-15.45m

Schicht 2. 19.0-20.3m

Mergel
11.95-11.6m



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A - 29227 Celle

Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30

www.tegeo.de · info@tegeo.de

Anlage A7.4

Bericht

**zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 14
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 880 H: 57 25 505
Messdatum: 30.11.2021**

Eigentümer/Bauherr

**Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe**



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie.....	5
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 14, Verfüllung Mühlenberg wurden am 30.11.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte

Die Bohrung FLS 14 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 4,2 m und mit 154 mm von 4,2 – 22,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 22,0 m. Von -0,91 – 4,2 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 22,0 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 3,8 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist über die gesamte Messstrecke geringfügig bis wenig erweitert. Bis in eine Teufe von ca. 13,5m liegt der Durchmesser bei durchschnittlich 170 mm und unterhalb bis zur maximalen Messteufe bei 157 mm.

Die Kaliber-Messung ergibt somit einen durchschnittlichen Bohrlochdurchmesser von ca. 164 mm und ist somit geringfügig größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter $0,3^\circ$. Der Abstand aus der Lotrechten steigt kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 21,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung $0,1^\circ$ in Richtung Ost-Südost (115°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,03 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 3,8 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Schluff und Ton an. Schichten aus Ton bzw. mit tonigen Anteilen (3,7 – 4,3 m, 6,2 – 9,8 m, 10,6 – 12,0 m, 15,7 – 17,4 m, 18,4 – 18,8 m, 21,0 – 21,8 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität und überwiegend verminderte spezifische elektrische Widerstände auf. Feinsandige Anteile (4,3 – 6,2 m, 9,8 – 10,6 m, 12,0 – 12,7 m, 13,7 – 15,0 m, 17,4 – 18,4 m, 18,8 – 20,1 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
Grundwassergeringleiter	1,60	nicht nachweisbar
	3,70	Schluff
	4,30	Ton
	6,20	Schluff, feinsandig
	9,80	Schluff, lagenweise schwach tonig
	10,60	Schluff, feinsandig
	12,00	Schluff, schwach tonig
	12,70	Schluff, feinsandig
	13,70	Schluff
	14,10	Schluff, stark feinsandig
	15,00	Schluff, schwach feinsandig
	15,70	Schluff
	17,40	Ton, schluffig
	18,40	Schluff, schwach feinsandig
	18,80	Ton, schluffig
	20,10	Schluff, schwach feinsandig
	21,00	Schluff
	21,80	Ton

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 14, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 164 mm etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,03 m Abstand in 21,0 m Teufe (TVD) bei 0,1° in Richtung Ost-Südost (115°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungsteufe von 1,6 – 21,8 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 4,3 – 6,2 m, 9,8 – 10,6 m, 12,0 – 12,7 m, 13,7 – 15,0 m, 17,4 – 18,4 m und 18,8 – 20,1 m.

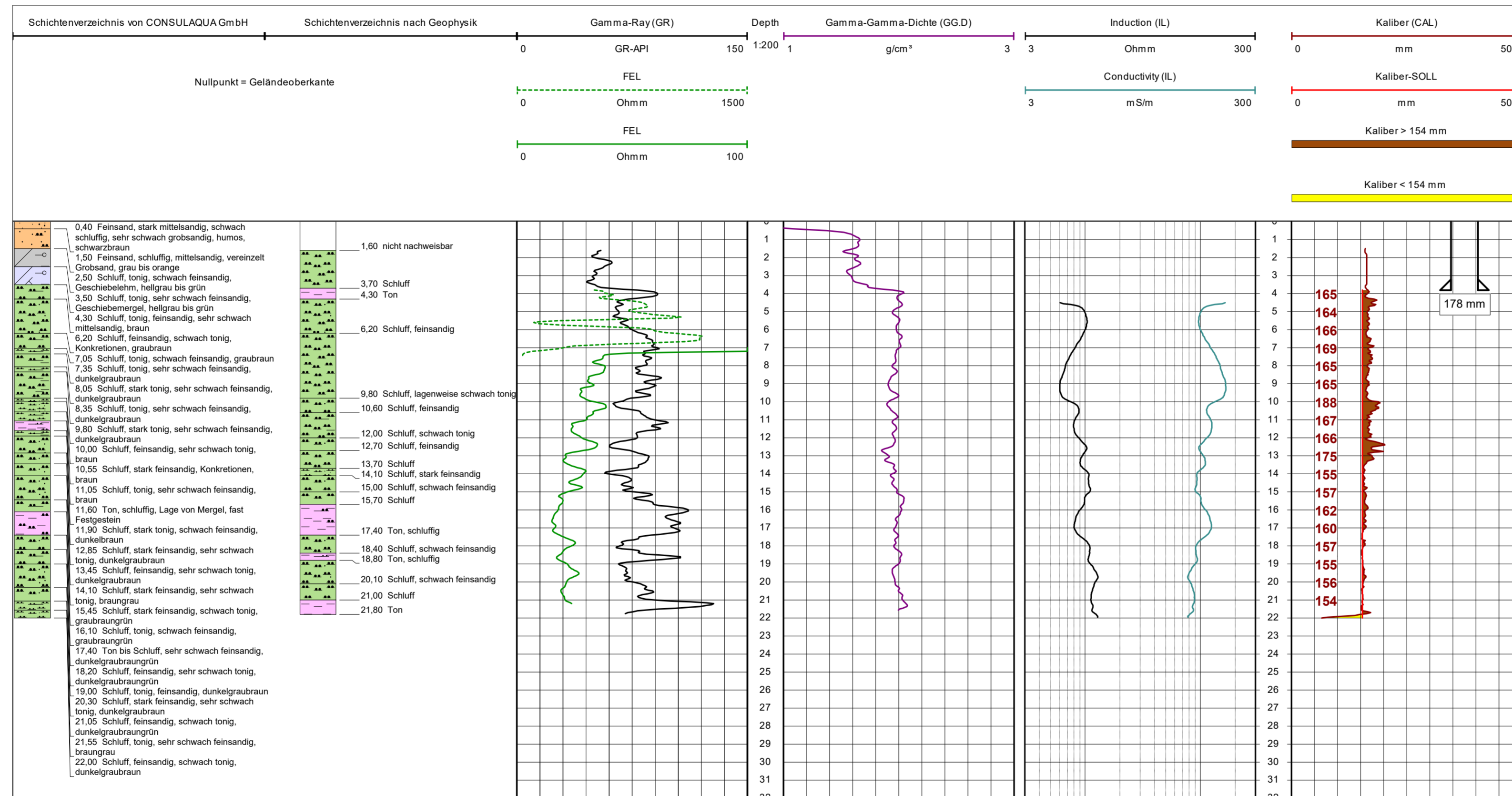
tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 15.12.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 14 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünte
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren	
Nullpotential "N":	(Abst. ____ m)					
Gerätedaten			Messdaten			
Messung: GR	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 1500/100 Ohmm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: BA	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit:	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: IL	Sonde Nr.: HI 385 F	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: CAL	Sonde Nr.: 3-78	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 mm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 1476015	ø 52 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Quellendaten						
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: AG-3386	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3.7 GBq	Sondenposition: angedrückt	
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.						
Bemerkungen:						

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH
Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045			
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG					
Bohrung:	FLS 14					
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600			
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel			
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:				
Rechtswert:	25 58 880	Teufenskala:				
Hochwert:	57 25 505	Höhe ü. NN	ca. 44 m			
Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante					
Messbezugspunkt:	OK Standrohr	0,91 m über Teufenbezugspunkt				
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante					
Datum	Uhrzeit		Rohrschuh: 3,8 m			
30.11.2021	Messbeginn: 12:30	Messende: 14:15	Endteufe: 22,0 m			
Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D
Tiefst.Messp.	22,0 m	21,0 m	21,0 m	22,0 m	22,0 m	21,5 m
Höchst.Messp.	1,5 m	4,0 m	1,0 m	4,5 m	1,5 m	0,0 m
Spülung: Zusammensetzung	Wasser					
Spülung: Spez. Gewicht				g/cm³	Spülung: Viskosität	sec.
Spülung: Rm			Ohmm bei	°C	Spülung: pH-Wert	
Herkunft Spülungsprobe:	Letzter Spülungsumlauf:					
Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung		Landesamt		
C. Etongo	CE-TG 777	Dipl.-Geol. G. Schroeter		CONSULAQUA GmbH		
Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	4,2	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,91	3,8
154 mm	4,2	22,0				



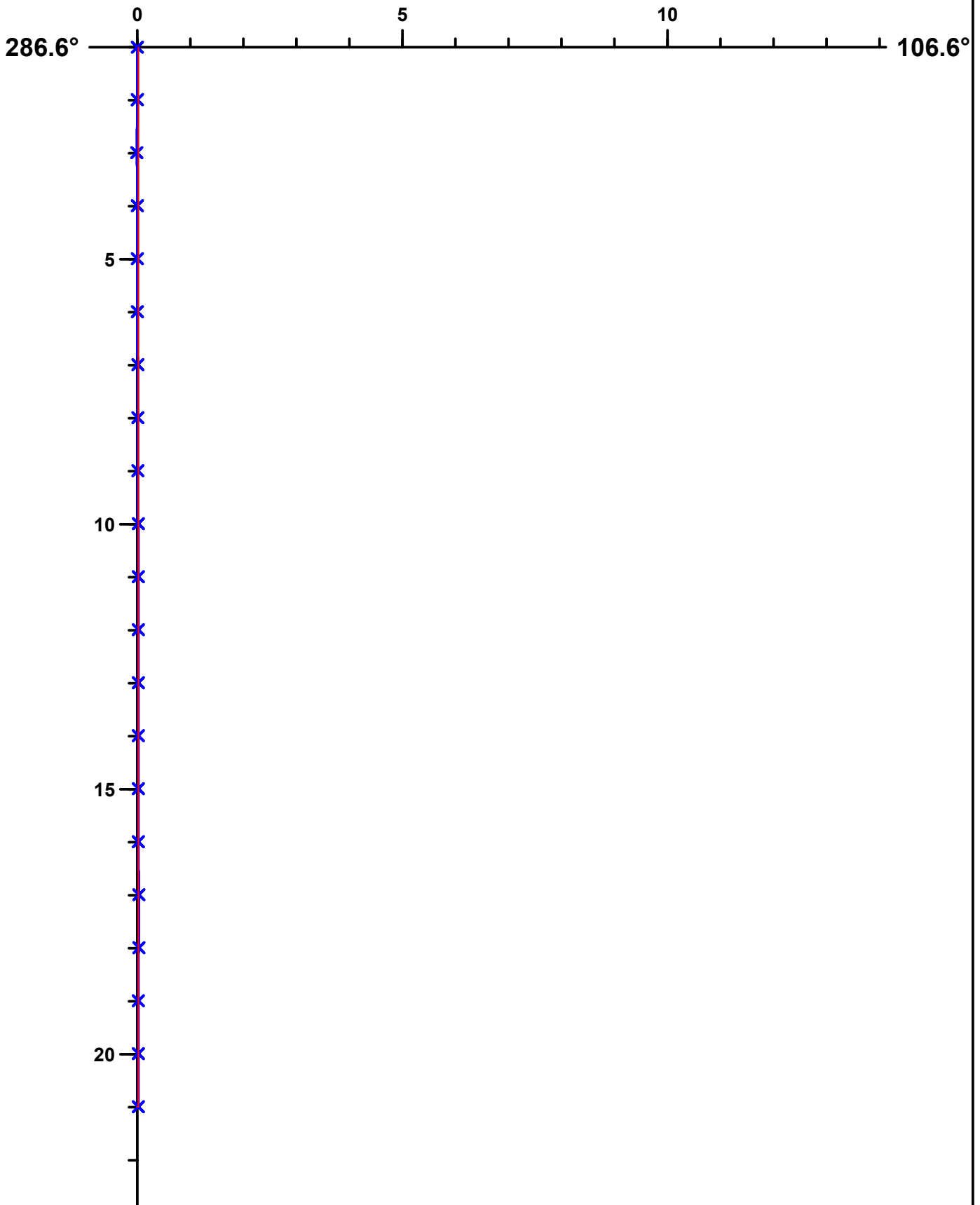
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Vertikaler Schnitt **Anlage A7.6**

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 14
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 30.11.2021



Maximale Abweichung: (0.03m , 106.6°) @ 17.37m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 114.5°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



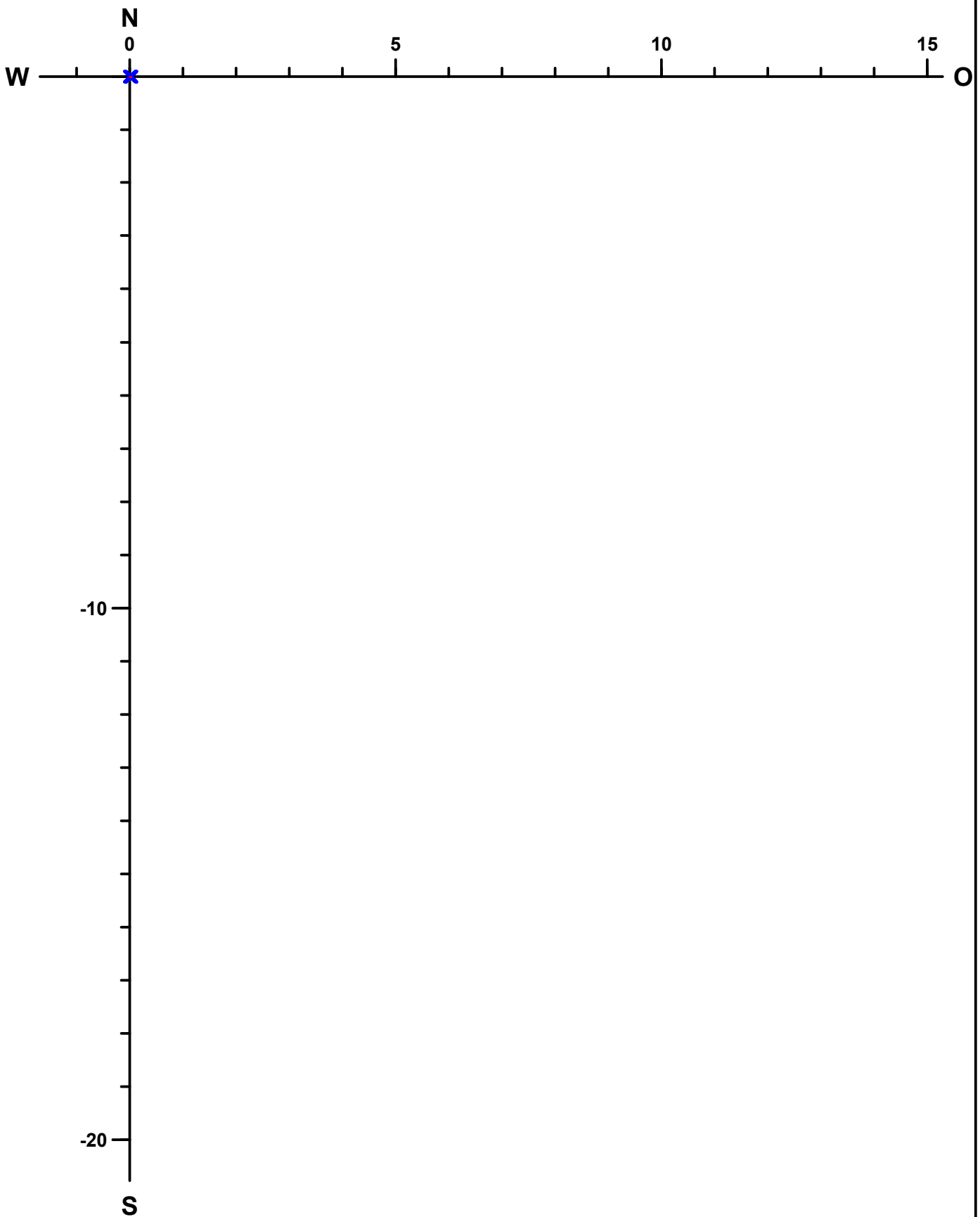
TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 14
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 30.11.2021



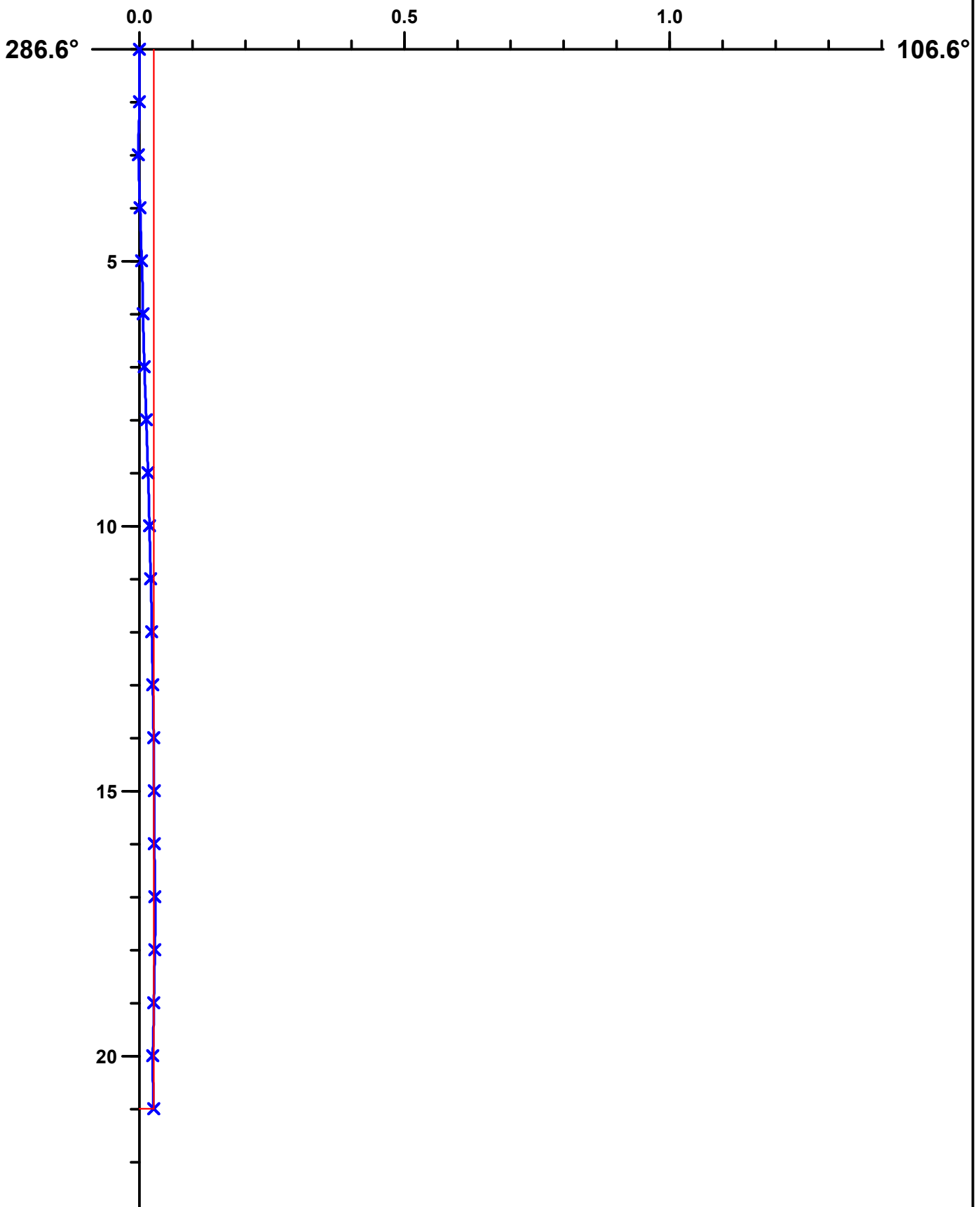
Maximale Abweichung: (0.03m , 106.6°) @ 17.37m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 114.5°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 14
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 30.11.2021



Maximale Abweichung: (0.03m , 106.6°) @ 17.37m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 114.5°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



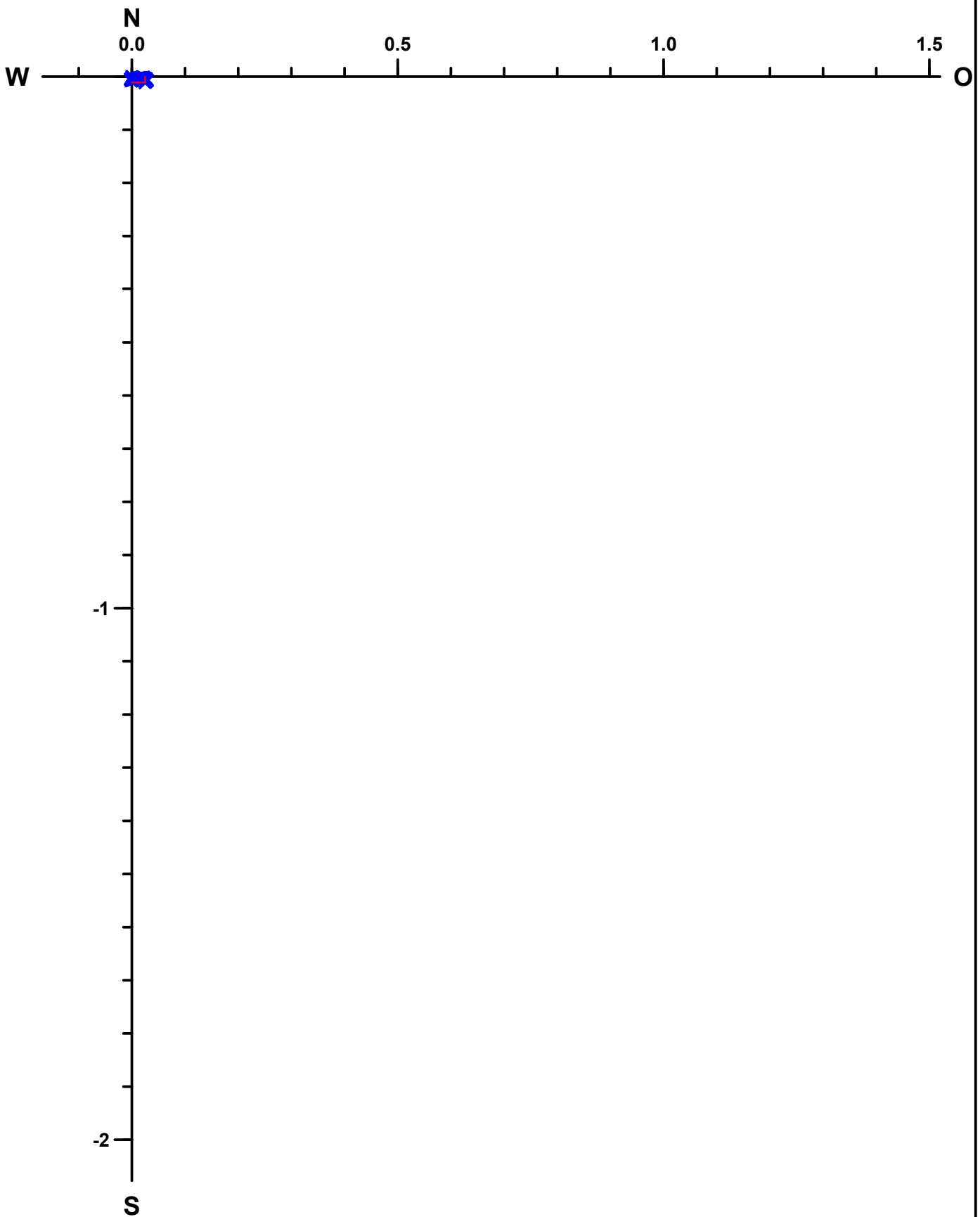
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 14
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 30.11.2021



Maximale Abweichung: (0.03m , 106.6°) @ 17.37m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 114.5°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 14
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 30.11.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
1m	0.1°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	1.00m
2m	0.2°	0.00m	187.9°	-0.00m	-0.00m	2.00m
3m	0.3°	0.01m	212.8°	-0.00m	-0.01m	3.00m
4m	0.2°	0.01m	190.0°	-0.00m	-0.01m	4.00m
5m	0.2°	0.01m	164.7°	0.00m	-0.01m	5.00m
6m	0.2°	0.01m	135.6°	0.01m	-0.01m	6.00m
7m	0.2°	0.01m	110.4°	0.01m	-0.00m	7.00m
8m	0.2°	0.01m	101.6°	0.01m	-0.00m	8.00m
9m	0.2°	0.02m	98.8°	0.02m	-0.00m	9.00m
10m	0.1°	0.02m	97.4°	0.02m	-0.00m	10.00m
11m	0.2°	0.02m	94.9°	0.02m	-0.00m	11.00m
12m	0.1°	0.02m	97.4°	0.02m	-0.00m	12.00m
13m	0.1°	0.03m	98.2°	0.03m	-0.00m	13.00m
14m	0.1°	0.03m	99.9°	0.03m	-0.00m	14.00m
15m	0.1°	0.03m	102.6°	0.03m	-0.01m	15.00m
16m	0.1°	0.03m	104.3°	0.03m	-0.01m	16.00m
17m	0.1°	0.03m	105.7°	0.03m	-0.01m	17.00m
18m	0.1°	0.03m	108.0°	0.03m	-0.01m	18.00m
19m	0.1°	0.03m	107.3°	0.03m	-0.01m	19.00m
20m	0.1°	0.03m	110.2°	0.02m	-0.01m	20.00m
21m	0.3°	0.03m	114.5°	0.02m	-0.01m	21.00m



Anlage A7.7

Bericht

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 14
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 880 H: 57 25 505
Messdatum: 02.02.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 14, Verfüllung Mühlenberg wurden am 02.02.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 30.11.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 02.12.2021) der Messstelle FLS 14 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (AusbausOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 4,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm und bis in 22,0 m mit 244 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 19,2 – 20,2 m ist die Messstelle hydraulisch an schwach feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 1 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,7 – 19,2 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -0,8 – 0,7 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Brunnendämmer von 0,0 – 16,5 m und Quellton von 16,5 – 18,5 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 21,0 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Aufgrund der schlechten Zufahrtswege musste das Equipment mobil zur Messstelle gebracht werden. Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 19,5 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast



(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Verringerung des spezifischen elektrischen Widerstands (erhöhte Leitfähigkeit, hellblaue Schraffur im Messplot) in 18,9 m Teufe beschreibt die Filterrohroberkante. Die Unterkante des Filters konnte ausbaubedingt nicht abgebildet werden. Insgesamt werden 0,1 m Filterstrecke nachgewiesen. Die maximale Messteufe beträgt 19,0 m. Unter der Annahme eines projektgerechten Ausbaus, beträgt die Filterlänge 1 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL It. Bohr- und Brunnendokumentation	IST It. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	-0,8 – 0,7	-0,87 – ?
PVC-Vollrohr	-0,7 – 19,2	-0,5 – 18,9
PVC-Filterrohr	19,2 – 20,2	18,9 – 19,9?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 13 m. An den Verbindungen in 11,0 m und 14,9 m sind geringe Peaks festzustellen. Diese Stromflüsse weisen auf potenzielle Leckagen und Undichtigkeiten an den Rohrverbindungen hin. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,5 – 16,0 m und eine Tonsperre von 16,0 – 18,1 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 18,1 – 19,2 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 21,0 – 22,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2

Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation Nullpunkt = Geländeoberkante	IST lt. Geophysik Nullpunkt = Geländeoberkante
	Teufe [m]	Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,5
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,0 – 16,5	0,5 – 16,0
Quellton / Tonsperre	16,5 – 18,5	16,0 – 18,1
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	18,5 – 21,0	18,1 – 19,2
Quellton	21,0 – 22,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 14, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filteroberkante konnte in 18,9 m festgestellt werden und weicht somit nur geringfügig von den Angaben der Bohr- und Brunnendokumentation ab.

Die Rohrverbindungen in 11,0 m und 14,9 m zeigen Stromflüsse, welche auf potenzielle Undichtigkeiten hinweisen können. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension können die Rohrverbindungen erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,5 – 16,0 m und eine Tonsperre von 16,0 – 18,1 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



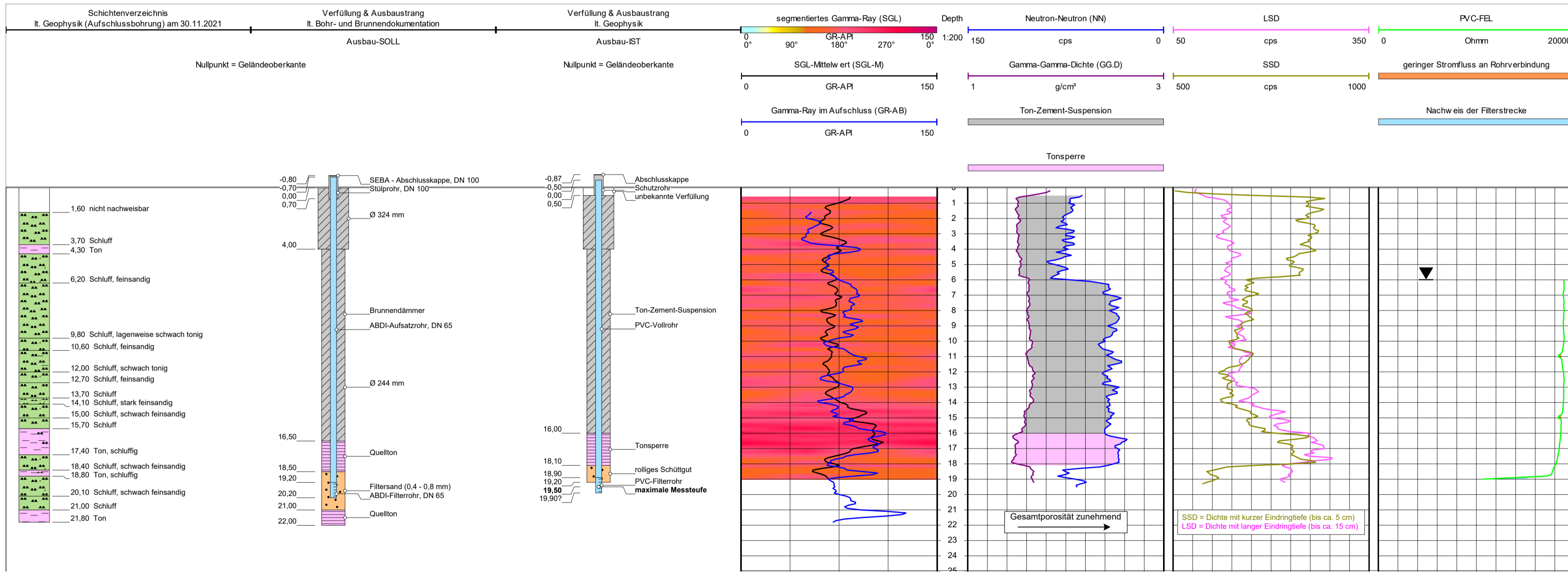
Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 14 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünte
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren	
Nullpotential "N":	_____ (Abst. _____ m)					
Gerätedaten			Messdaten			
Messung: SGL	Sonde Nr.: 38-01	ø 38 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: NN	Sonde Nr.: 81-05	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 cps / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 3-93	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Quellendaten						
Messung: NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: NK 2802	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 111 GBq	Sondenposition: frei hängend	
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: 448-6-73	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 111 MBq	Sondenposition: angedrückt	
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.						
Bemerkungen:						

TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045	
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG			
Brunnen:	FLS 14			
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600	
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel	
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:		
Rechtswert:	25 58 880	Teufenskala:		
Hochwert:	57 25 505	Höhe ü. NN	ca. 44 m	
Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante			
Messbezugspunkt:	OK Abschlusskappe	0,87 m über Teufenbezugspunkt		
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante			
Datum	Uhrzeit		Wartezeit	
02.02.2022	Messbeginn 10:30	Messende 11:45		
			Rohrschuh: _____ m	
			Endteufe: 19,9? m	
Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL
Tiefst. Messp.	19,0 m	19,5 m	19,0 m	19,0 m
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	0,0 m	6,0 m
Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung		Landesamt
J. Wohler	CE-TG 777	Dipl.-Geol. G. Schroeter		
H. Siemßen	tragbar	CONSULAQUA GmbH		



Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: **FLS 14**

Wasserspiegel 7,31 m unter OK. Seba (= GOK. + 80cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
20.12.21		0	7,31	WSP.
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			Bohrung mit Klarwasser gespült senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		20,01	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		19,60	
	2 min		19,36	
	3 min		19,10	
	4 min		18,86	
	5 min		18,62	
	6 min		18,39	
	7 min		18,16	
	8 min		17,95	
	9 min		17,73	
	10 min		17,54	
	11 min		17,53	
	12 min		17,14	
	13 min		16,95	
	14 min		16,76	
	15 min		16,57	
	16 min		16,40	
	17 min		16,23	
	18 min		16,06	
	19 min		15,89	
	20 min		15,73	
	21 min		15,57	
	22 min		15,41	
	23 min		15,26	
	24 min		15,11	
	25 min		14,96	
	26 min		14,82	
	27 min		14,68	
	28 min		14,54	
	29 min		14,40	
	30 min		14,27	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 20.12. bis 21.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A8.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 6		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 15							Bohrzeit: 07.12.21 Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
0,50	a) Aufschüttung b) Schotter c) d) e) grau, schwarz f) g) h) i)							
1,80	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) roststreifig c) d) e) grauorange f) Geschiebelehm g) h) i) kf							
2,40	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) rostfleckig c) d) e) grauorange f) Geschiebelehm g) h) i) kf							
2,80	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) feucht c) d) e) braun f) Geschiebelehm g) h) i) kf							
3,20	a) Schluff, tonig, feinsandig, schwach mittelsandig b) feucht c) d) e) dunkelbraun f) g) h) i) kf							

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 6

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 15

Bohrzeit:
07.12.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
4,20	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) kf		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges			
4,80	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, sehr schwach mittelsandig b) feucht, bröckelig c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf					
5,30	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht, Muschelschalen c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k2					
5,60	a) Schluff, feinsandig, tonig b) feucht, bröckelig c) weich d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf					
6,30	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 6

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 15

Bohrzeit:
07.12.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt			
6,70	a) Schluff, feinsandig, tonig b) erdfeucht - feucht c) weich bis steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k2		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
7,00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf						
7,50	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) trocken c) steif bis fest d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k						
8,00	a) Schluff, feinsandig, tonig b) erdfeucht c) locker gelagert bis fest d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k						
9,20	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken c) steif bis fest d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k						

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 4 von 6

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 15

Bohrzeit:
07.12.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6			
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben					
	b) Ergänzende Bemerkung							
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
9,70	a) Schluff, feinsandig, tonig b) feucht c) steif bis fest d) e) graubraungrün f) g) h) i) k		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges					
10,60	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) braungrün f) g) h) i) k2							
11,10	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k							
11,50	a) Schluff, tonig b) trocken, Mergel c) fest d) e) hellgraubraun f) g) h) i) k4					Mergelschicht		
11,90	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif bis fest d) e) graubraun f) g) h) i) k4							

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 5 von 6

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 15

Bohrzeit:
07.12.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt			
12,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k		Schicht 1				
12,85	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) feucht c) weich bis locker gelagert d) e) graubraun f) g) h) i) k						
13,40	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) weich bis steif d) e) graubraun f) g) h) i) k						
15,10	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) feucht c) weich d) e) graubraun f) g) h) i) k						
15,40	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k						

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

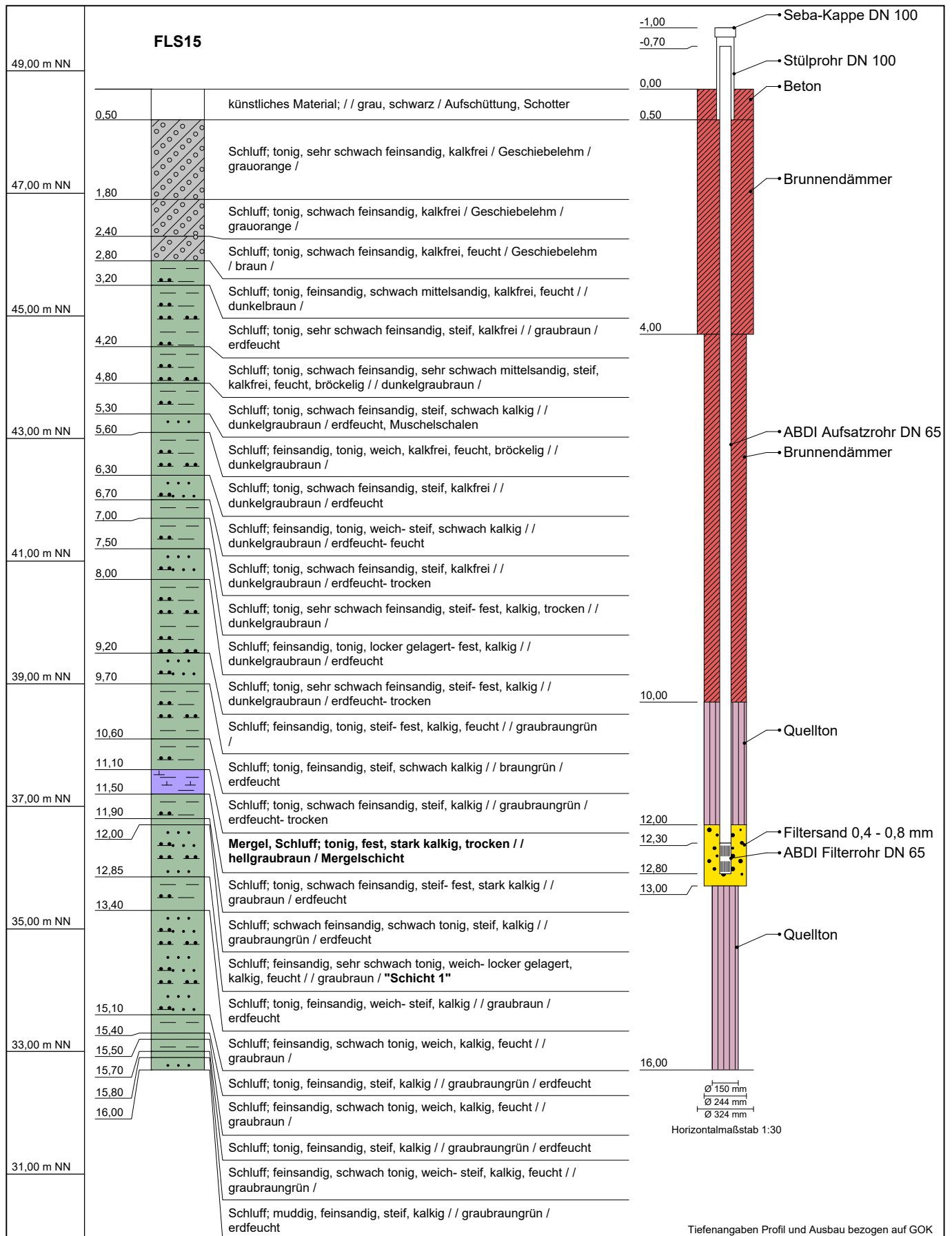
Seite 6 von 6


Projekt: 54201

Bohrung: FLS 15












Bohrzeit:
07.12.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
15,50	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) feucht c) weich d) e) graubraun f) g) h) i) k	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
15,70	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k					
15,80	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) feucht c) weich bis steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k					
16,00	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k	Endteufe				



Name d. Bhrg.	FLS15	Bhrg. Id: 21120015	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 350816,7	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725341	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 48,7	
Anlage	A8.2	Maßstab : 1:85	

Bohrung FLS15, Kernaufnahme - 07.12.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	4,0 – 5,0 m		12,0 – 13,0 m
	5,0 – 6,0 m		14,0 – 15,0 m
	6,0 – 7,0 m		15,0 – 16,0 m
	7,0 – 8,0 m		
	8,0 – 9,0 m		
	9,0 – 10,0 m		
	10,0 – 11,0 m		
	11,0 – 12,0 m		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; color: red;">Mergel 11,1-11,5m</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; color: orange;">Schicht 1 12,0-12,85m</div>	



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A - 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 - Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Bericht

Anlage A8.4

**zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 15
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 360 H: 57 25 295
Messdatum: 07.12.2021**

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie.....	5
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 15, Verfüllung Mühlenberg wurden am 07.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte

Die Bohrung FLS 15 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 6,0 m und mit 154 mm von 6,0 – 16,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 16,0 m. Von 0,0 – 6,0 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 15,9 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 5,7 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist über die gesamte Messstrecke auf durchschnittlich 164 mm erweitert und ist somit etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 0,2°. Der Abstand aus der Lotrechten steigt kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 15,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung 0,1° in Richtung Süden (189°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,02 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 5,7 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Schluff und Ton an. Schichten aus Ton bzw. mit tonigen Anteilen (2,6 – 8,9 m, 9,9 – 10,9 m, 13,0 – 13,6 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität und verminderte spezifische elektrische Widerstände auf. Feinsandige Anteile (11,9 – 13,0 m, 13,6 – 15,6 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
Grundwassergeringleiter	1,1	nicht nachweisbar
	1,0	nicht nachweisbar
	2,6	Schluff
	5,6	Ton, schluffig
	6,1	Ton
	6,4	Schluff, tonig
	8,9	Ton
	9,9	Schluff
	10,9	Schluff, tonig
	11,9	Schluff
	13,0	Schluff, schwach feinsandig
	13,6	Schluff, tonig
	15,6	Schluff, schwach feinsandig

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 15, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 164 mm etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,02 m Abstand in 15,0 m Teufe (TVD) bei 0,1° in Richtung Süden (189°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungsteufe von 1,0 – 15,6 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 11,9 – 13,0 m und 13,6 – 15,6 m.

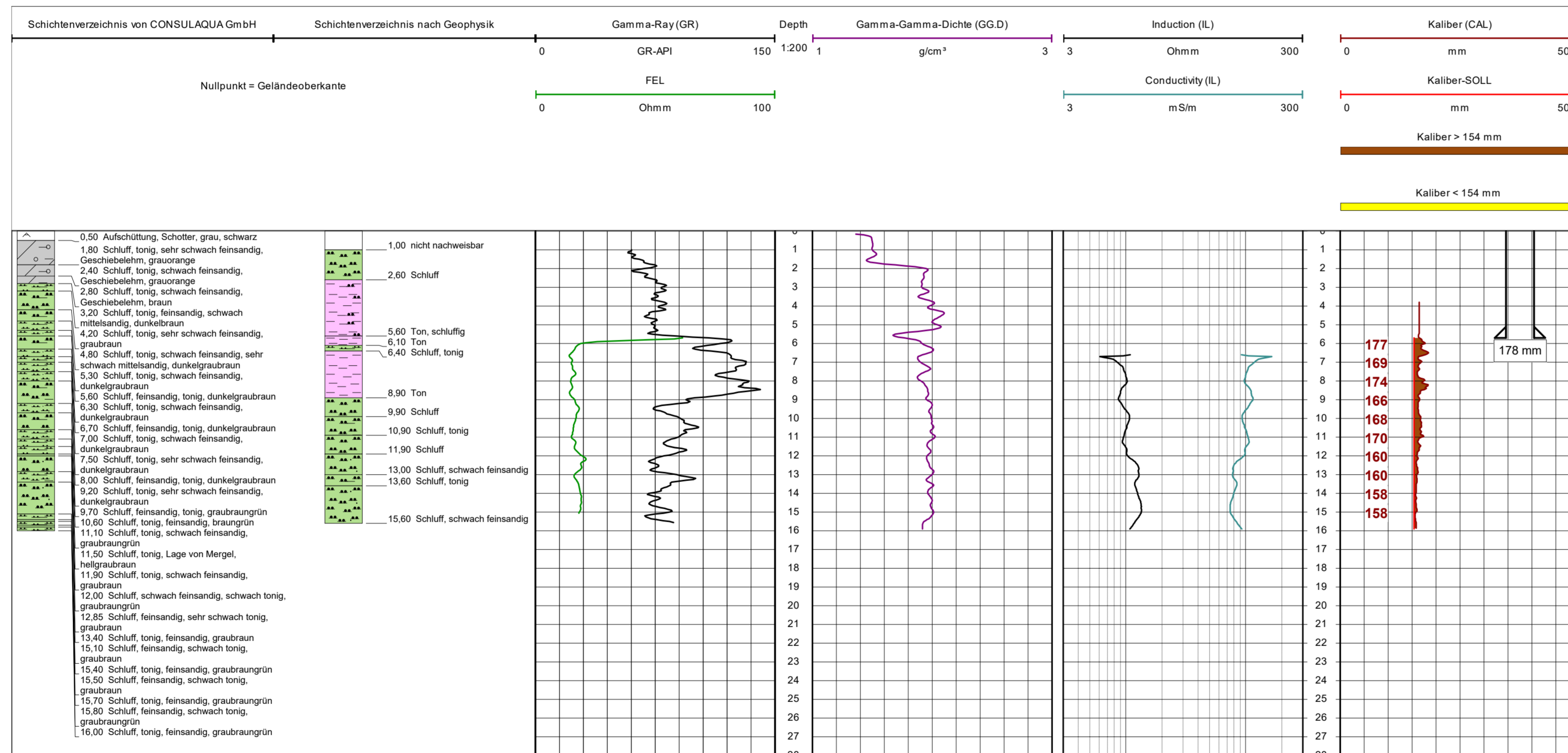
tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 15.12.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 15 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünte
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren	
Nullpotential "N":						
Gerätedaten		Messdaten				
Messung: GR	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 100 Ohmm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: BA	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit:	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: IL	Sonde Nr.: HI 385 F	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: CAL	Sonde Nr.: 3-78	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 mm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm ³ / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Quelldaten						
Messung: GG.D	Detektor: Naj	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt	
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>						
Bemerkungen:						

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle

Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30

www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr. Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Bohrung:	FLS 15		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 360	Teufenskala:	
Hochwert:	57 25 295	Höhe ü. NN	ca. 48 m

Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante		
Messbezugspunkt:	Geländeoberkante		m über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante		m über Teufenbezugspunkt
Uhrzeit			
Datum	Messbeginn	Messende	Wartezeit
07.12.2021	11:00	12:30	
			Rohrschuh: 5,7 m
			Endteufe: 16,0 m

Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D
Tiefst. Messp.	15,5 m	15,0 m	15,0 m	16,0 m	16,0 m	16,0 m
Höchst. Messp.	1,0 m	5,5 m	0,0 m	6,5 m	4,0 m	0,0 m

Spülung: Zusammensetzung	Wasser	
Spülung: Spez. Gewicht	g/cm ³	Spülung: Viskosität
Spülung: Rm	Ohmm bei	°C
Spülung: pH-Wert		
Herkunft Spülungsprobe:	Letzter Spülungsumlauf:	

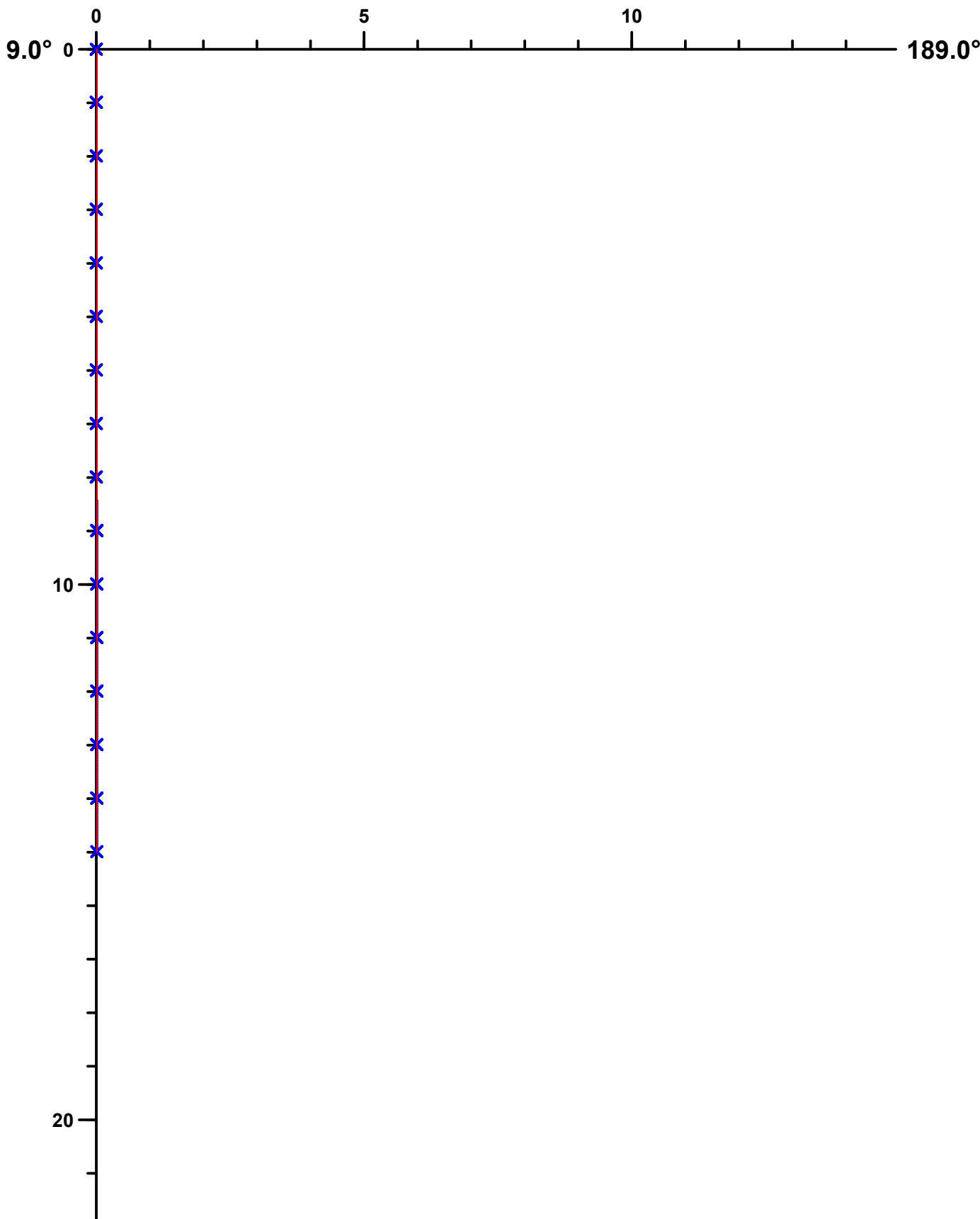
Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
H. Siemßen	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	6,0	178 mm	Stahl-Standrohr	0,0	5,7
154 mm	6,0	16,0				



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 15
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 07.12.2021



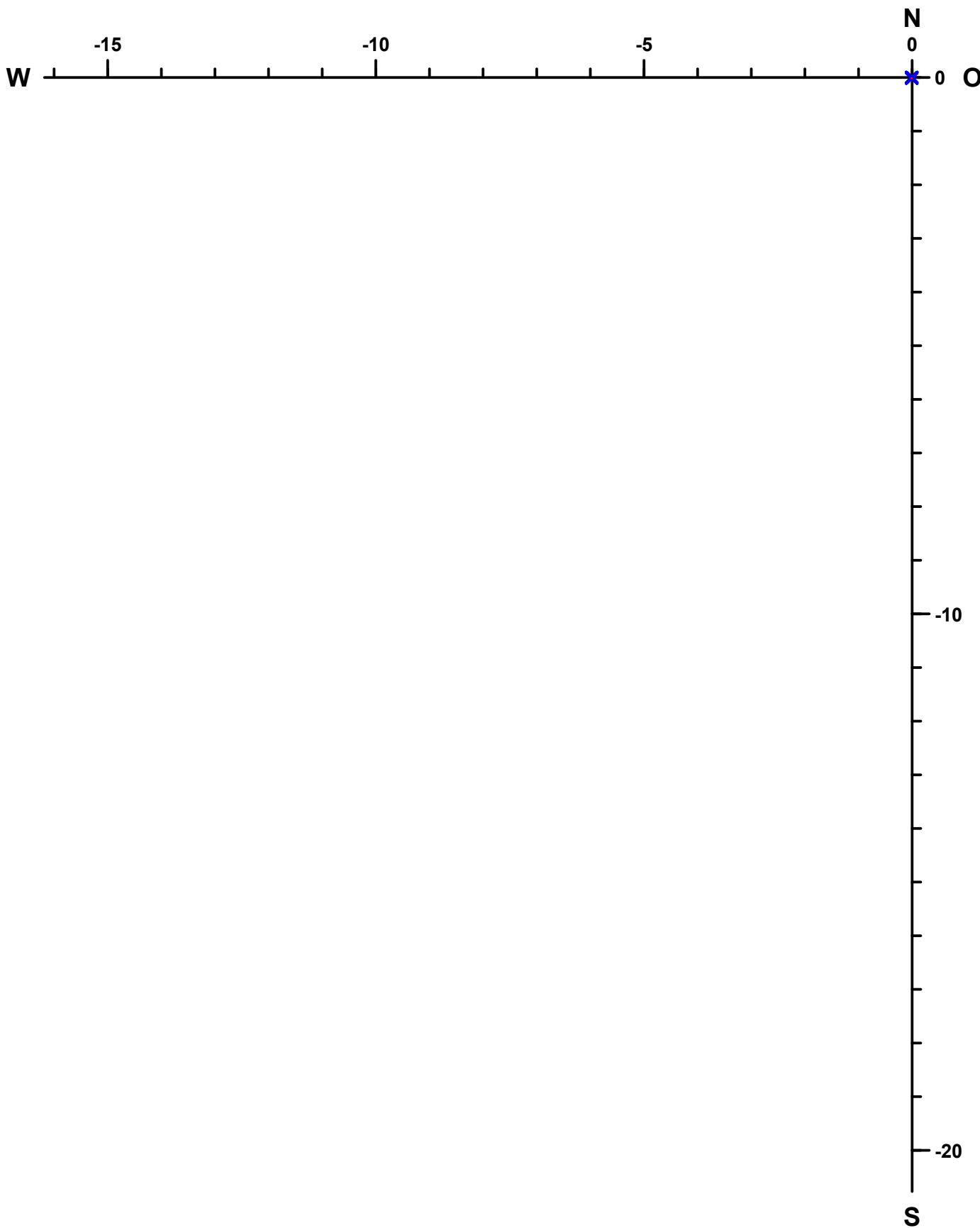
Maximale Abweichung: (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 15
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 07.12.2021



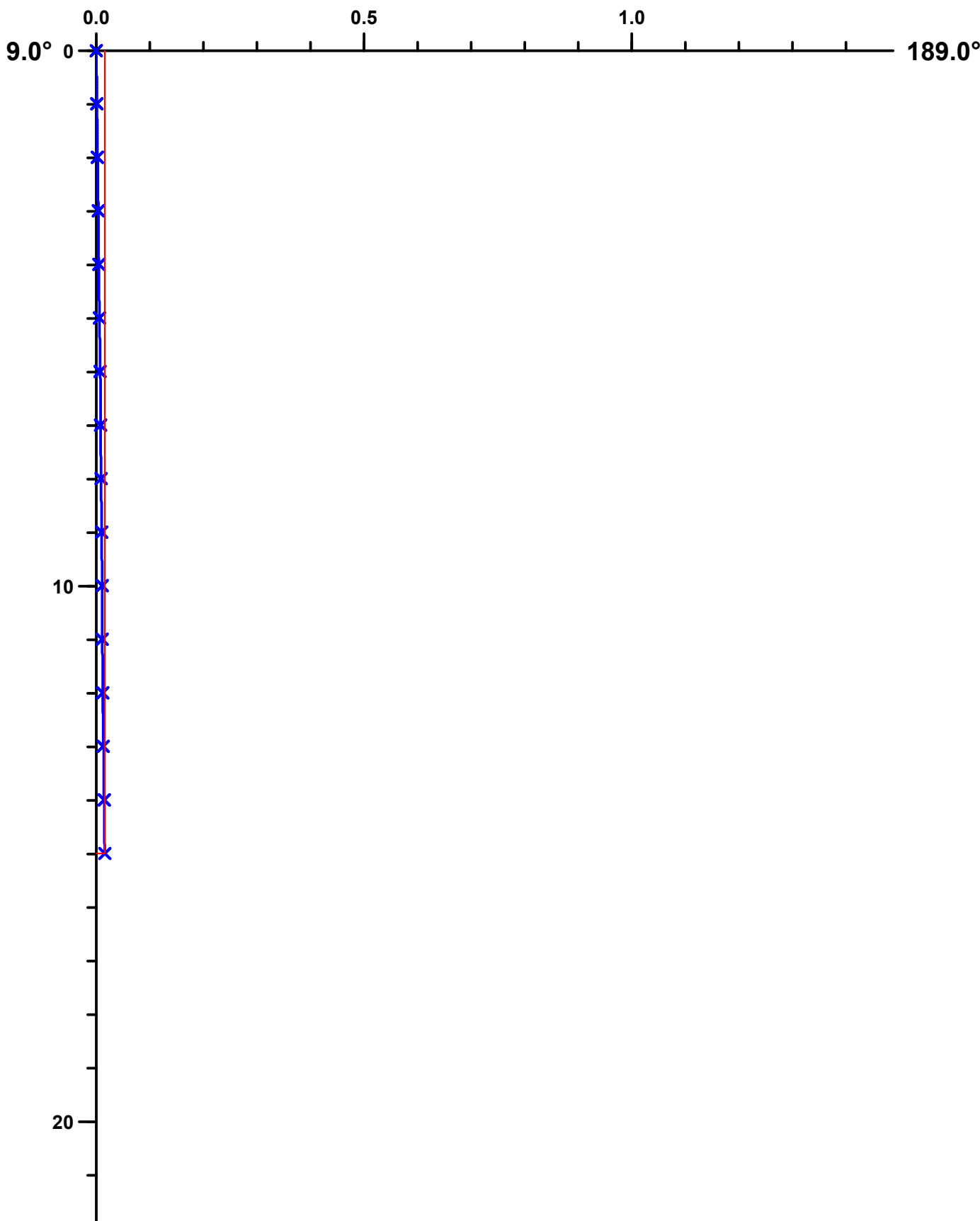
Maximale Abweichung: (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 15
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 07.12.2021



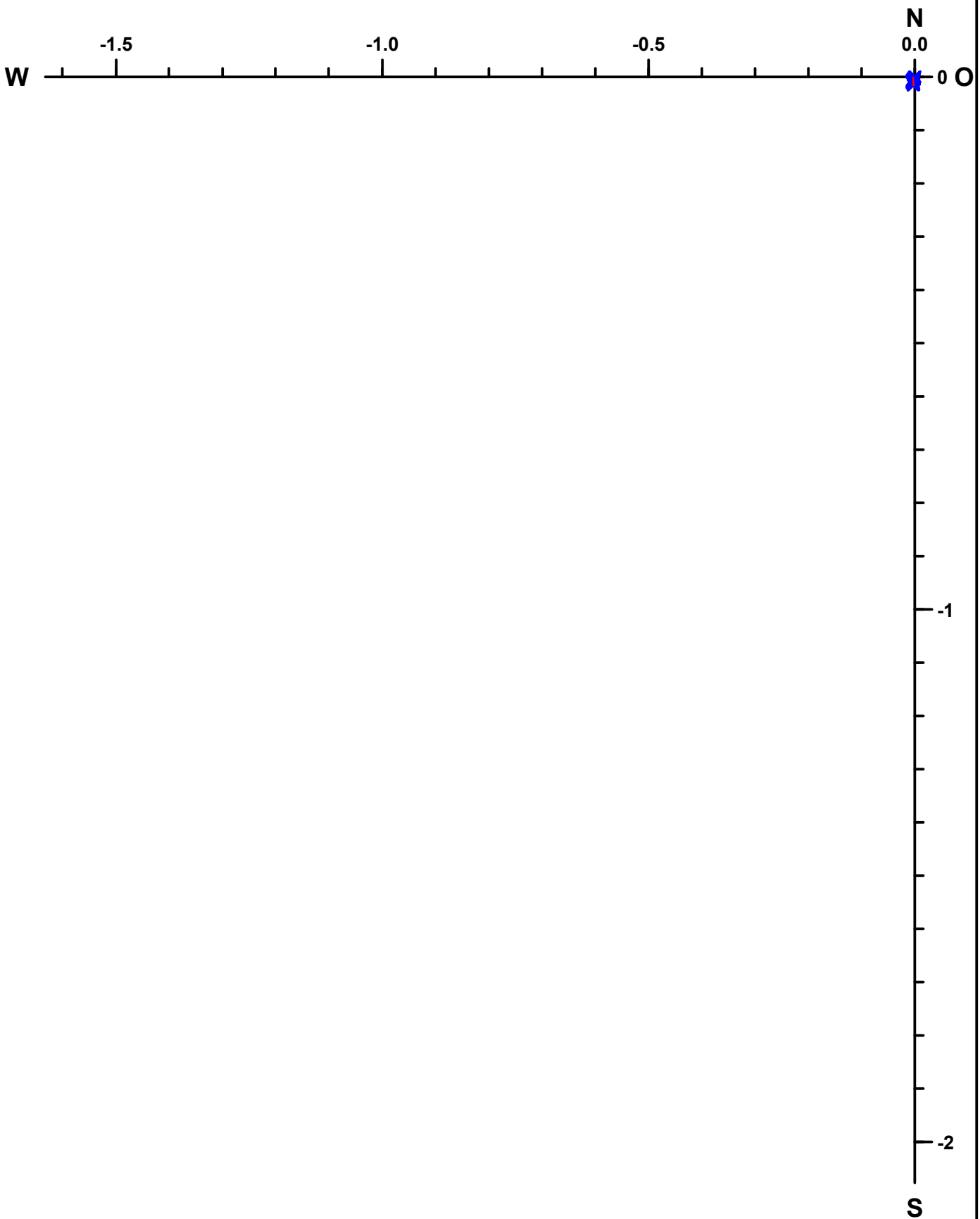
Maximale Abweichung: (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 15
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 07.12.2021



Maximale Abweichung: (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 189.0°) @ 15.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 15
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 07.12.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
0m	0.1°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	0.00m
1m	0.1°	0.00m	200.6°	-0.00m	-0.00m	1.00m
2m	0.1°	0.00m	189.5°	-0.00m	-0.00m	2.00m
3m	0.1°	0.00m	192.0°	-0.00m	-0.00m	3.00m
4m	0.1°	0.01m	207.0°	-0.00m	-0.00m	4.00m
5m	0.1°	0.01m	207.9°	-0.00m	-0.01m	5.00m
6m	0.1°	0.01m	208.8°	-0.00m	-0.01m	6.00m
7m	0.1°	0.01m	202.3°	-0.00m	-0.01m	7.00m
8m	0.1°	0.01m	196.7°	-0.00m	-0.01m	8.00m
9m	0.1°	0.01m	197.9°	-0.00m	-0.01m	9.00m
10m	0.0°	0.01m	201.1°	-0.00m	-0.01m	10.00m
11m	0.1°	0.01m	196.2°	-0.00m	-0.01m	11.00m
12m	0.1°	0.01m	191.2°	-0.00m	-0.01m	12.00m
13m	0.1°	0.01m	189.8°	-0.00m	-0.01m	13.00m
14m	0.1°	0.02m	187.0°	-0.00m	-0.01m	14.00m
15m	0.1°	0.02m	189.0°	-0.00m	-0.02m	15.00m



Bericht

Anlage A8.7

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 15
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 360 H: 57 25 295
Messdatum: 02.02.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 15, Verfüllung Mühlenberg wurden am 02.02.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 07.12.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 09.12.2021) der Messstelle FLS 15 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (AusbausOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 4,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm, bis in 13,0 m mit 244 mm und bis in 16,0 m mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 12,3 – 12,8 m ist die Messstelle hydraulisch an schwach feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 0,5 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,7 – 12,3 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -1,0 – 0,5 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Beton von 0,0 – 0,5 m, Brunnendämmer von 0,5 – 10,0 m und Quellton von 10,0 – 12,0 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 13,0 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 12,5 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast

(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Filterstrecke kann nicht abgebildet werden, was vermutlich mit der ausgewiesenen geringen Filterlänge von 0,5 m zusammenhängt. Der Abstand vom Messpunkt bis zum Messsondenende beträgt im Falle der PVC-FEL ca. 0,9 m. Die maximale Messteufe beträgt 12,0 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	-1,0 – 0,5	-1,04 – ?
PVC-Vollrohr	-0,7 – 12,3	-0,73 – 12,3?
PVC-Filterrohr	12,3 – 12,8	12,3? – 12,8?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 9,5 m. Es können keine signifikanten Peaks festgestellt werden, die Stromflüsse darstellen und somit auf potenzielle Leckagen und Undichtigkeiten an den Rohrverbindungen hinweisen würden. Somit können die Rohrverbindungen als hydraulisch dicht bewertet werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,5 – 9,8 m und eine Tonsperre von 9,8 – 11,9 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der natürlichen Radioaktivität bzw. Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein deutlicher Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 11,9 – 12,1 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 13,0 – 16,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2

Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation Nullpunkt = Geländeoberkante	IST lt. Geophysik Nullpunkt = Geländeoberkante
	Teufe [m]	Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,5
Beton	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 10,0	0,5 – 9,8
Quellton / Tonsperre	10,0 – 12,0	9,8 – 11,9
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	12,0 – 13,0	11,9 – 12,1
Quellton	13,0 – 16,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 15, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filterstrecke konnte aufgrund ihrer geringen Länge nicht nachgewiesen werden.

Die Rohrverbindungen zeigen keine Stromflüsse, welche auf potenzielle Undichtigkeiten hinweisen würden. Die Rohrverbindungen können als hydraulisch dicht bewertet werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,5 – 9,8 m und eine Tonsperre von 9,8 – 11,9 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

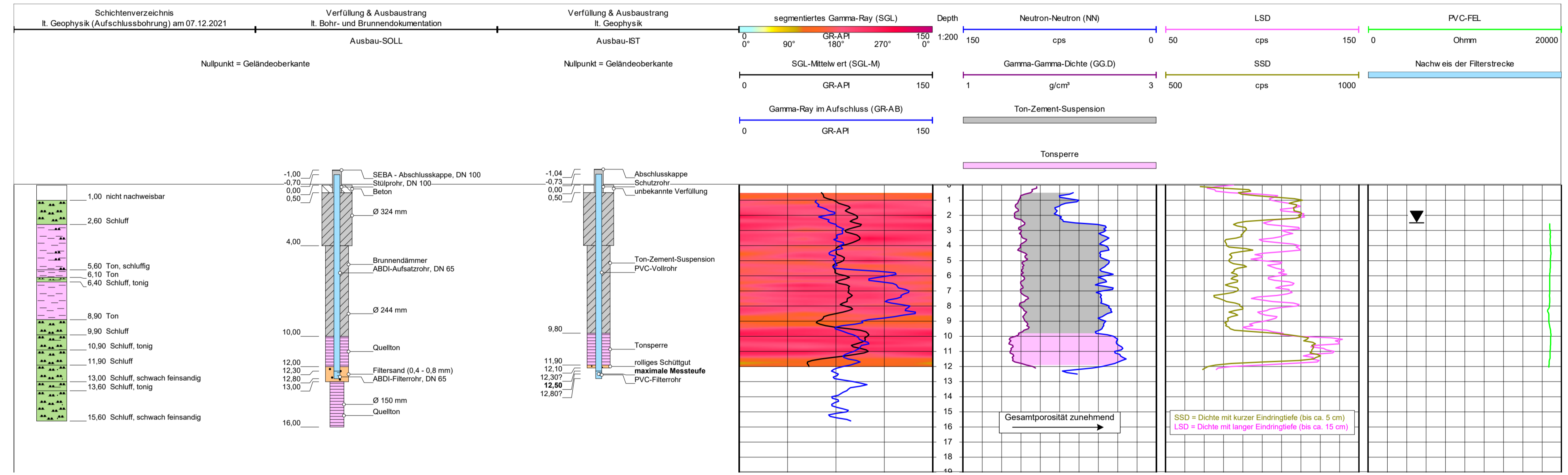
Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 15 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen: Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)			Bohrmeister: M. Tünte		
Bohrgerät: ROTOMAX XL GT			Bohrverfahren:		
Nullpotential "N": _____ (Abst. _____ m)					
Gerätedaten			Messdaten		
Messung: SGL	Sonde Nr.: 38-01	ø 38 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: NN	Sonde Nr.: 81-05	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 cps / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 3-93	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Quelldaten					
Messung: NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: NK 2802	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 111 GBq	Sondenposition: frei hängend
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: 448-6-73	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 111 MBq	Sondenposition: angedrückt
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.					
Bemerkungen:					





TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Brunnen:	FLS 15		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel

Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 360	Teufenskala:	
Hochwert:	57 25 295	Höhe ü. NN	ca. 48 m
		Skala:	1:200

Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante	
Messbezugspunkt:	OK Abschlusskappe	1,04 m über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante	m über Teufenbezugspunkt

Datum	Uhrzeit	Messbeginn	Messende	Wartezeit	Rohrschuh:	Endteufe:
02.02.2022	13:30	14:45			m	12,8? m

Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL
Tiefst. Messp.	12,0 m	12,5 m	12,0 m	12,0 m
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	0,0 m	2,5 m

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
J. Wohliert	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
324 mm	0,0	4,0	DN 100	Schutzrohr	-1,04	?
244 mm	4,0	13,0	DN 65	PVC-Vollrohr	-0,73	12,3?
150 mm	13,0	16,0	DN 65	PVC-Filterrohr	12,3?	12,8?

Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: FLS 15

Wasserspiegel 3,41 m unter OK. Rohr (= GOK. + 70cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
14.12.21		0	3,41	WSP. Bohrung mit Klarwasser gespült
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		13,40	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		13,28	
	2 min		13,10	
	3 min		12,99	
	4 min		12,89	
	5 min		12,79	
	6 min		12,69	
	7 min		12,59	
	8 min		12,49	
	9 min		12,40	
	10 min		12,30	
	11 min		12,20	
	12 min		12,11	
	13 min		12,03	
	14 min		11,94	
	15 min		11,85	
	16 min		11,77	
	17 min		11,68	
	18 min		11,60	
	19 min		11,52	
	20 min		11,44	
	21 min		11,36	
	22 min		11,29	
	23 min		11,24	
	24 min		11,14	
	25 min		11,06	
	26 min		10,99	
	27 min		10,91	
	28 min		10,84	
	29 min		10,76	
	30 min		10,69	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 14.12. bis 16.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A9.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 4		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 16							Bohrzeit: 15.12.21 G.Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
0,20	a) Aufschüttung b) Schotter c) d) e) grau f) g) h) i)							
1,00	a) Aufschüttung b) Schotter, Ziegelreste, Kies c) d) e) f) Auffüllung g) h) i)							
2,00	a) Schluff, feinsandig, tonig, schwach mittelsandig b) c) weich bis steif d) e) graugelb f) Geschiebelehm g) h) i) kf							
2,50	a) Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, schwach tonig b) c) weich bis steif d) e) graugelb f) Geschiebemergel g) h) i) k							
3,00	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) c) weich bis steif d) e) braun f) g) h) i) kf							
4,80	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) weich bis steif d) e) graubraun f) g) h) i) k							

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 4

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 16

Bohrzeit:

15.12.21 G.Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
6,40	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken c) steif d) e) oliv f) g) h) i) k	Bemerkungen				
8,10	a) Schluff bis Ton, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken, Muschelreste, 1 Muschel bei 7,25 m c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k5					
8,90	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) bröckelig d) e) dunkeloliv f) g) h) i) k					
9,30	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k5					
9,70	a) Ton, stark schluffig b) trocken, Muschelreste, Mergel c) fest d) e) graubraun bis hellgraubraun f) g) h) i) k5	Mergelschicht				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 4

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 16

Bohrzeit:
15.12.21 G.Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
10,40	a) Schluff bis Ton b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k					
11,30	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) bröckelig d) e) braungrau f) g) h) i) k2	Schicht 1.1				
12,00	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) braungrau f) g) h) i) kf					
12,40	a) Kernverlust b) c) d) e) f) g) h) i)					
12,75	a) Feinsand, stark schluffig b) feucht, (sehr fein) c) weich bis , bröckelig d) e) braungrün f) g) h) i) kf	Schicht 1.2				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

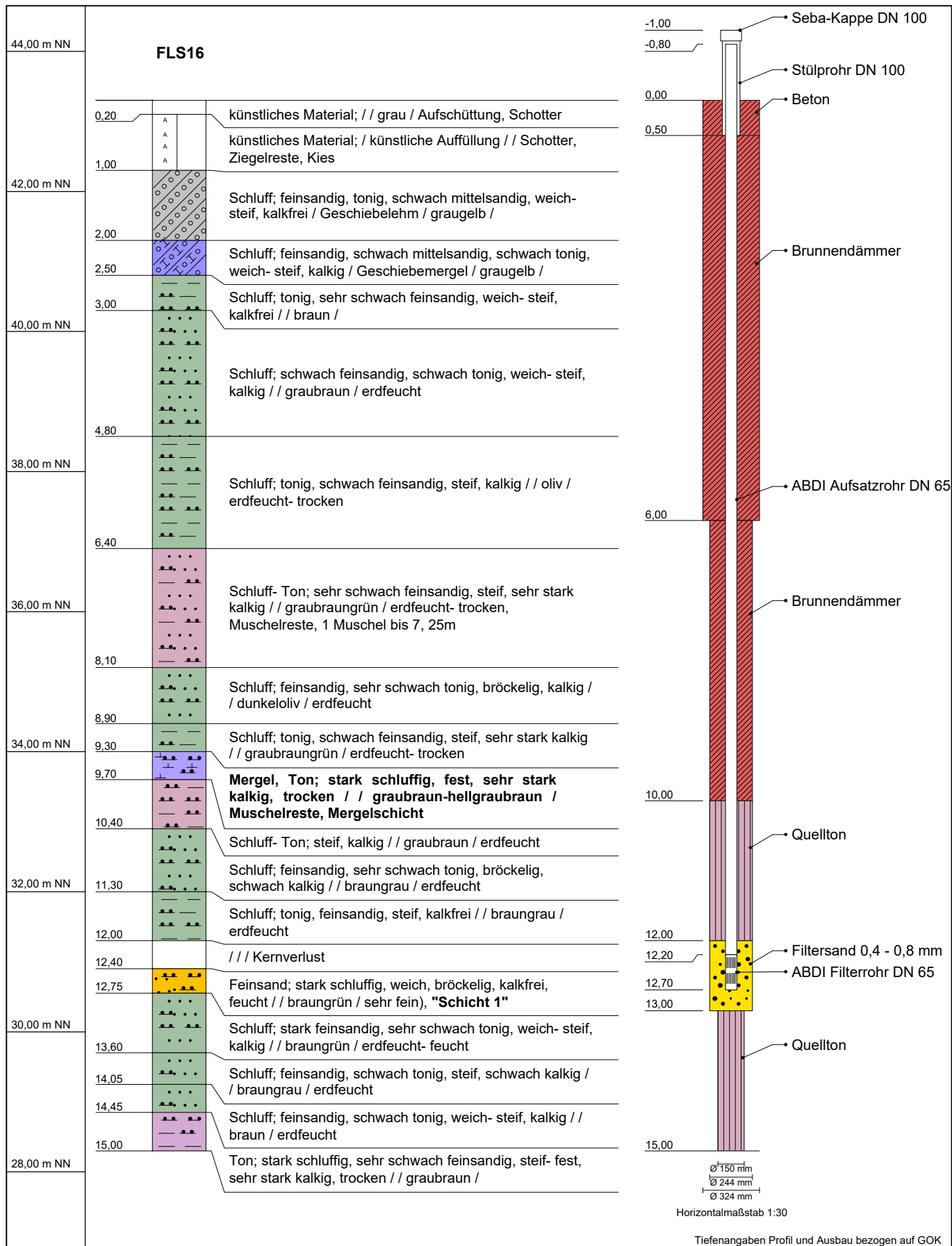
Seite 4 von 4


Projekt: 54201

Bohrung: FLS 16















Bohrzeit:
15.12.21 G.Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
13,60	a) Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht- feucht c) weich bis steif d) e) braungrün f) g) h) i) k	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
14,05	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) steif d) e) braungrau f) g) h) i) k2					
14,45	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) weich bis steif d) e) braun f) g) h) i) k					
15,00	a) Ton, stark schluffig, sehr schwach feinsandig b) trocken c) steif bis fest d) e) graubraun f) g) h) i) k5	Endteufe				



Name d. Bhrg.	FLS16	Bhrg. Id: 21120016	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 351274,1	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725534,4	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 43,3	
Anlage	A9.2	Maßstab : 1:75	

Bohrung FLS16, Kernaufnahme - 14.12.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	4,0 – 5,0 m		8,0 – 9,0 m
	5,0 – 6,0 m		9,0 – 10,0 m
	6,0 – 7,0 m		Detailuntersuchung 9,0 – 10,0 m
	7,0 – 8,0 m		10,0 – 11,0 m
	Detailuntersuchung 1 7,0 – 8,0 m		11,0 – 12,0 m
	Detailuntersuchung 2 7,0 – 8,0 m		12,0 – 13,0 m
			13,0 – 14,0 m
			14,0 – 15,0 m

Mergel
9,3-9,7m

Schicht 1.1 10,4-11,3m

Schicht 1.2 12,4-



Bericht

Anlage A9.4

**zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 16
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 840 H: 57 25 230
Messdatum: 14.12.2021**

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie.....	5
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 16, Verfüllung Mühlenberg wurden am 14.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte

Die Bohrung FLS 16 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 4,0 m und mit 154 mm von 4,0 – 15,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 15,0 m. Von -0,4 – 4,0 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 15,0 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 3,7 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist über die gesamte Messstrecke erweitert. Bis zur maximalen Messteufe liegt der Durchmesser bei durchschnittlich 166 mm. Somit ist er etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 0,3°. Der Abstand aus der Lotrechten steigt nahezu kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 14,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung 0,1° in Richtung Süden (170°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,03 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 3,7 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Schluff und Ton an. Schichten aus Ton bzw. mit tonigen Anteilen (4,2 – 8,0 m, 9,0 – 10,4 m, 11,2 – 12,0 m, 14,3 – 14,8 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität und überwiegend verminderte spezifische elektrische Widerstände auf. Feinsandige Anteile (8,0 – 9,0 m, 10,4 – 11,2 m, 12,0 – 13,4 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
	1,0	nicht nachweisbar
Grundwassergeringleiter	4,2	Schluff
	8,0	Schluff, lagenweise schwach tonig
	9,0	Schluff, feinsandig
	10,4	Schluff, schwach tonig
	11,2	Schluff, schwach feinsandig
	12,0	Schluff, tonig
	13,4	Schluff, feinsandig
	14,3	Schluff
	14,8	Ton, schluffig

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 16, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 166 mm etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,03 m Abstand in 14,0 m Teufe (TVD) bei 0,1° in Richtung Süden (170°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungsteufe von 1,0 – 14,8 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 8,0 – 9,0 m, 10,4 – 11,2 m und 12,0 – 13,4 m.

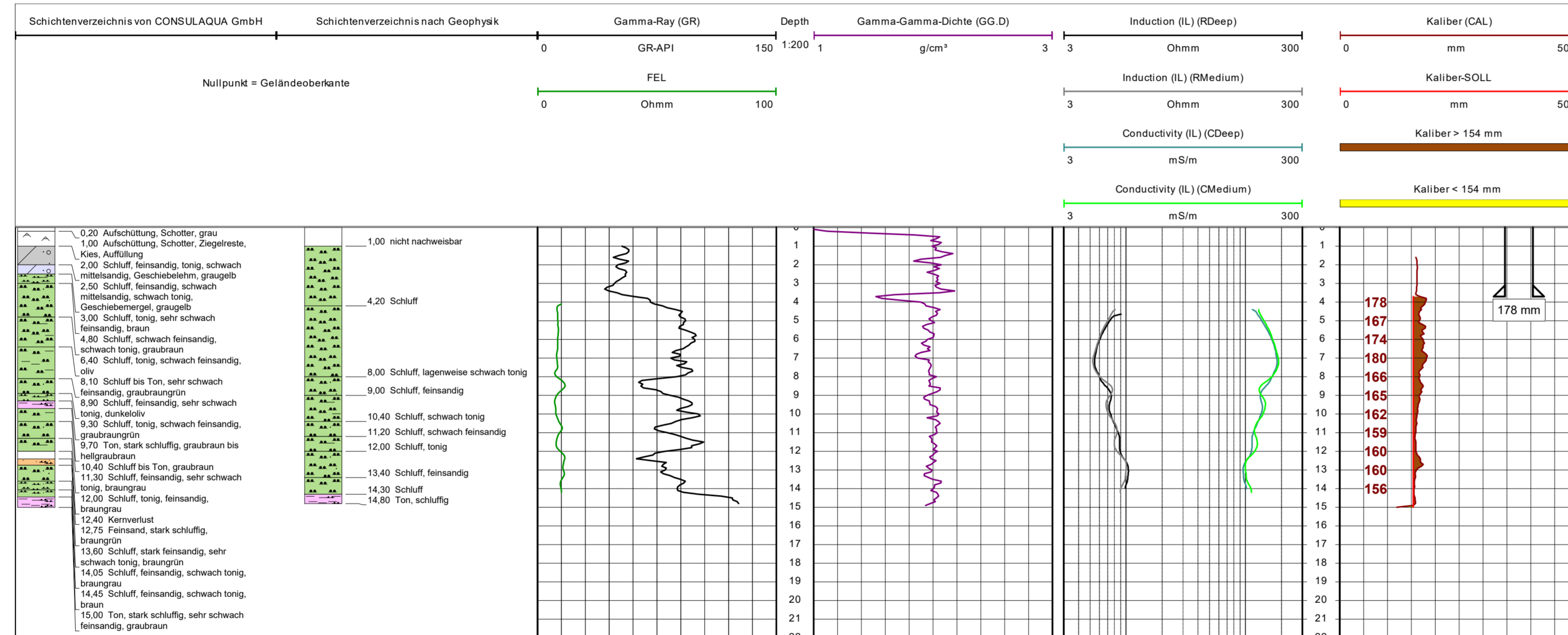
tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 03.01.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 16 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



Allgemeine Daten											
Bohrunternehmen:	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister:	M. Tünfte					
Bohrgerät:	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren:						
Nullpotential "N":											
Gerätedaten			Messdaten								
Messung:	GR	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit:	150 GR-API / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min					
Messung:	FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit:	100 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min					
Messung:	BA	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit:		Fahrgeschw.: 4 m/min					
Messung:	IL	Sonde Nr.: 1134001	ø 45 mm	Empfindlichkeit:	300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrgeschw.: 4 m/min					
Messung:	CAL	Sonde Nr.: 3-78	ø 45 mm	Empfindlichkeit:	500 mm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min					
Messung:	GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit:	2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min					
Quellendaten											
Messung:	GG.D	Detektor:	NaJ	Quellen-Nr.:	RC 23	Quellen-Typ:	Cs137	Quellen-Stärke:	3,7 GBq	Sondenposition:	angedrückt
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>											
Bemerkungen:											

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr. Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Bohrung:	FLS 16		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 840	Teufenskala:	
Hochwert:	57 25 230	Höhe ü. NN:	ca. 40 m

Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante		
Messbezugspunkt:	Geländeoberkante		m über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante		m über Teufenbezugspunkt

Datum	Uhrzeit		Wartezeit	Rohrschuh:	3,7 m
	Messbeginn	Messende			
14.12.2021	12:30	14:00		Endteufe:	15,0 m

Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D
Tiefst. Messp.	15,0 m	14,0 m	14,0 m	14,0 m	15,0 m	15,0 m
Höchst. Messp.	1,0 m	4,0 m	1,0 m	4,5 m	1,5 m	0,0 m

Spülung: Zusammensetzung	Wasser	
Spülung: Spez. Gewicht	g/cm³	Spülung: Viskosität
Spülung: Rm	Ohmm bei °C	Spülung: pH-Wert
Herkunft Spülungsprobe:	Letzter Spülungsumlauf:	

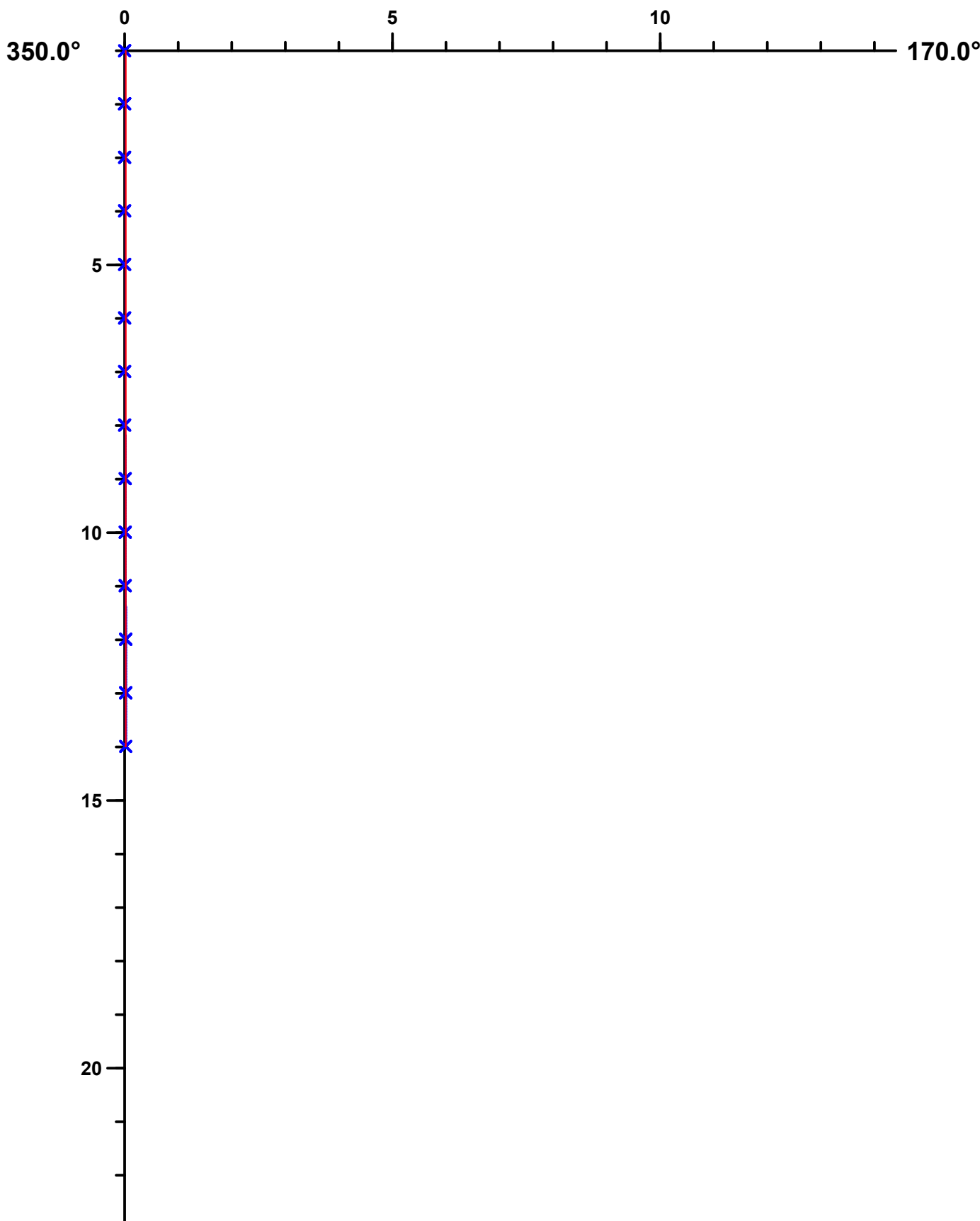
Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
H. Siemßen	CE-TG 778	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	4,0	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,4	3,7
154 mm	4,0	15,0				



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 16
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 14.12.2021



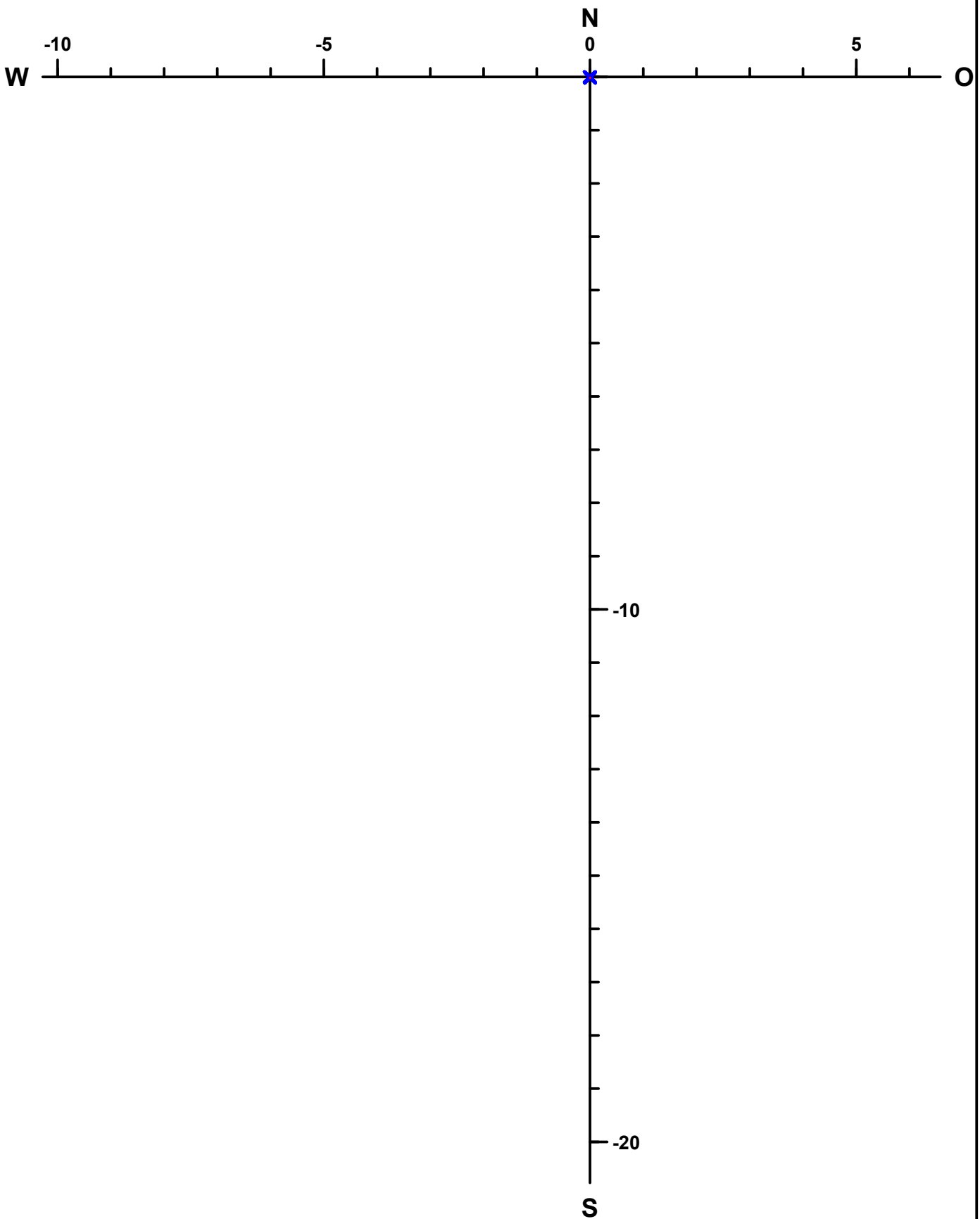
Maximale Abweichung: (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 16
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 14.12.2021



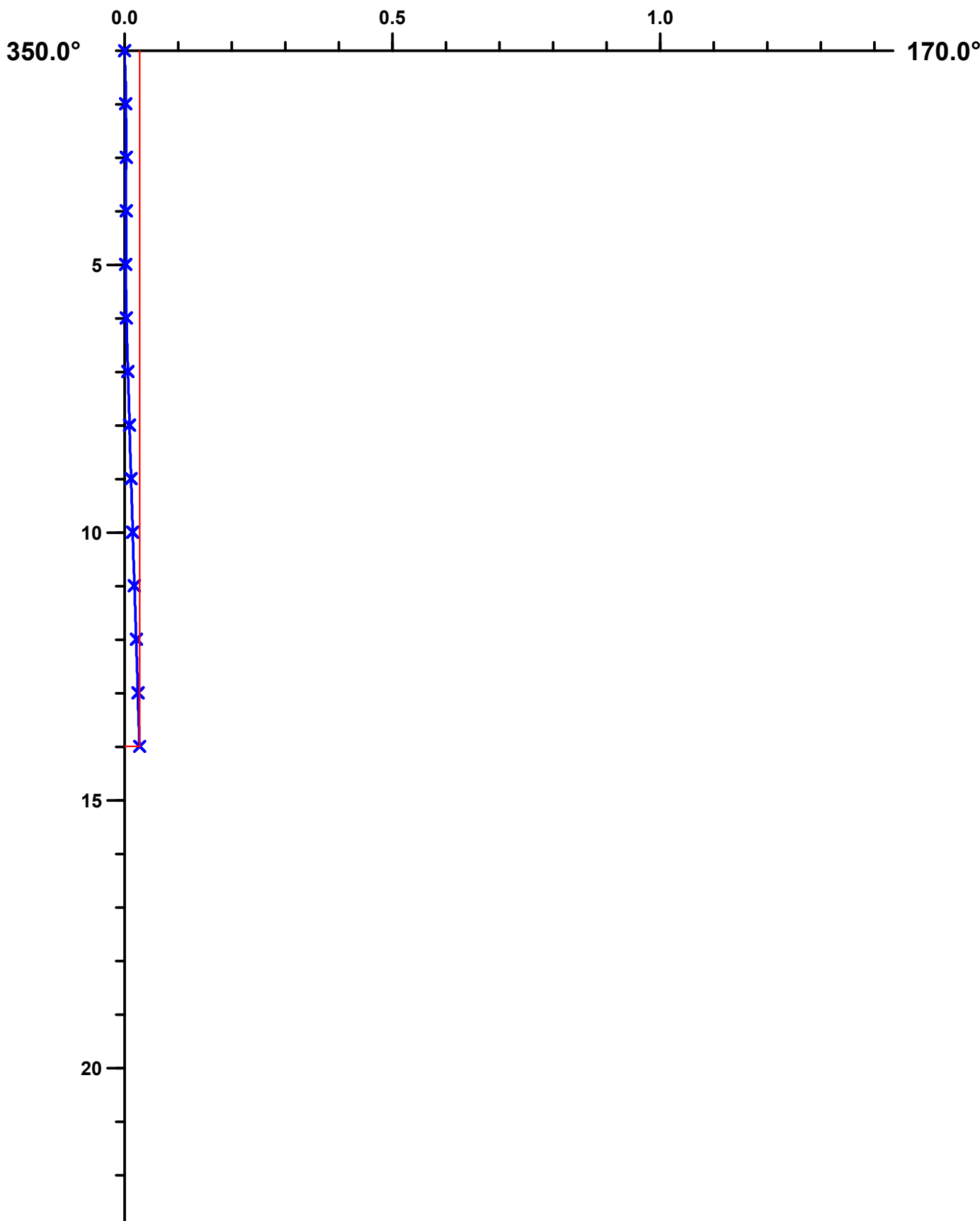
Maximale Abweichung: (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 16
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 14.12.2021



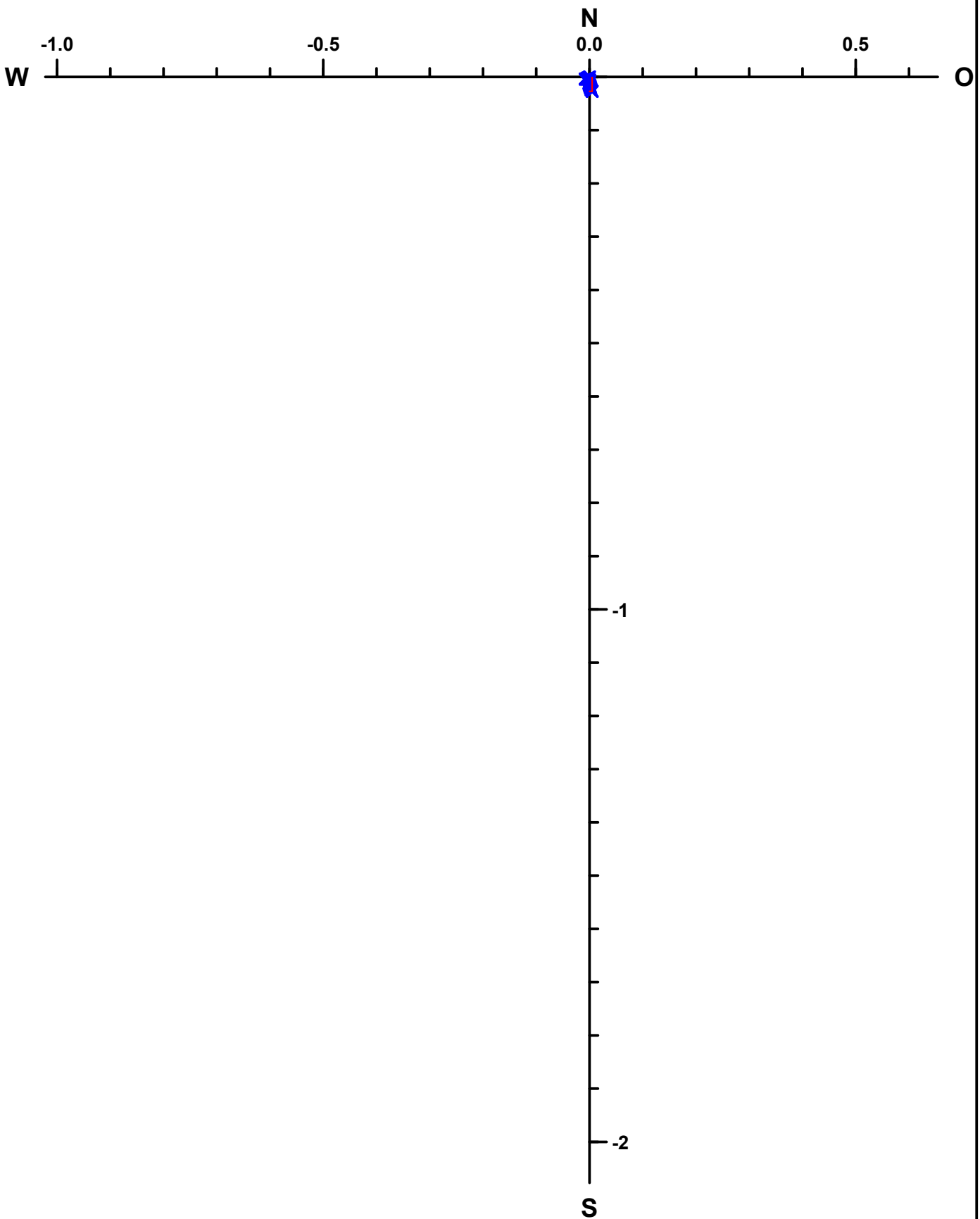
Maximale Abweichung: (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 16
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 14.12.2021



Maximale Abweichung: (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.03m , 170.0°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 16
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 14.12.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
1m	0.2°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	1.00m
2m	0.2°	0.00m	220.2°	-0.00m	-0.00m	2.00m
3m	0.2°	0.01m	227.9°	-0.01m	-0.00m	3.00m
4m	0.2°	0.01m	240.2°	-0.01m	-0.00m	4.00m
5m	0.2°	0.01m	231.3°	-0.00m	-0.00m	5.00m
6m	0.2°	0.00m	199.7°	-0.00m	-0.00m	6.00m
7m	0.2°	0.01m	178.3°	0.00m	-0.01m	7.00m
8m	0.2°	0.01m	180.6°	-0.00m	-0.01m	8.00m
9m	0.2°	0.01m	183.1°	-0.00m	-0.01m	9.00m
10m	0.2°	0.02m	179.6°	0.00m	-0.02m	10.00m
11m	0.2°	0.02m	175.1°	0.00m	-0.02m	11.00m
12m	0.2°	0.02m	174.0°	0.00m	-0.02m	12.00m
13m	0.2°	0.03m	171.8°	0.00m	-0.02m	13.00m
14m	0.2°	0.03m	170.0°	0.00m	-0.03m	14.00m



Bericht

Anlage A9.7

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 16
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 840 H: 57 25 230
Messdatum: 02.02.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 16, Verfüllung Mühlenberg wurden am 02.02.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 14.12.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 16.12.2021) der Messstelle FLS 16 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (AusbausOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 6,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm, bis in 13,0 m mit 244 mm und bis in 15,0 m mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 12,2 – 12,7 m ist die Messstelle hydraulisch an feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 0,5 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,8 – 12,2 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -1,0 – 0,5 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Beton von 0,0 – 0,5 m, Brunnendämmer von 0,5 – 10,0 m und Quellton von 10,0 – 12,0 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 13,0 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 12,4 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast

(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Filterstrecke kann nicht abgebildet werden, was vermutlich mit der ausgewiesenen geringen Filterlänge von 0,5 m zusammenhängt. Der Abstand vom Messpunkt bis zum Messsondenende beträgt im Falle der PVC-FEL ca. 0,9 m. Die maximale Messteufe beträgt 11,9 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	-1,0 – 0,5	-1,07 – ?
PVC-Vollrohr	-0,8 – 12,2	-0,9 – 12,2?
PVC-Filterrohr	12,2 – 12,7	12,2? – 12,7?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 9,5 m. An der Verbindung in 7,2 m ist ein geringer Peak festzustellen. Dieser Stromfluss weist auf eine potenzielle Leckage und Undichtigkeit an der Rohrverbindung hin. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,5 – 9,2 m und eine Tonsperre von 9,2 – 11,8 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der natürlichen Radioaktivität bzw. Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein deutlicher Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 11,8 – 12,3 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 13,0 – 15,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2

Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation Nullpunkt = Geländeoberkante	IST lt. Geophysik Nullpunkt = Geländeoberkante
	Teufe [m]	Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,5
Beton	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 10,0	0,5 – 9,2
Quellton / Tonsperre	10,0 – 12,0	9,2 – 11,8
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	12,0 – 13,0	11,8 – 12,3
Quellton	13,0 – 15,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 16, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filterstrecke konnte aufgrund ihrer geringen Länge nicht nachgewiesen werden.

Die Rohrverbindung in 7,2 m zeigt einen Stromfluss, welcher auf eine potenzielle Undichtigkeit hinweisen kann. Nach dem vollständigen Abbinden der Ton-Zement-Suspension kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,5 – 9,2 m und eine Tonsperre von 9,2 – 11,8 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 16 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen		Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister M. Tünte		
Bohrgerät		ROTOMAX XL GT		Bohrverfahren		
Nullpotential "N":		(Abst. _____ m)				
Gerätedaten			Messdaten			
Messung:	SGL	Sonde Nr.: 38-01	ø 38 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung:	NN	Sonde Nr.: 81-05	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 cps / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung:	GG.D	Sonde Nr.: 3-93	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung:	PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Quelldaten						
Messung:	NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: NK 2802	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 111 GBq	Sondenposition:
Messung:	GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: 448-6-73	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 111 MBq	Sondenposition: angedrückt
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.						
Bemerkungen:						

TEGTMEYER GEOPHYSIK GMBH
 Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Brunnen:	FLS 16		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel

Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 840	Teufenskala:	
Hochwert:	57 25 230	Höhe ü. NN	ca. 40 m
		1:200	

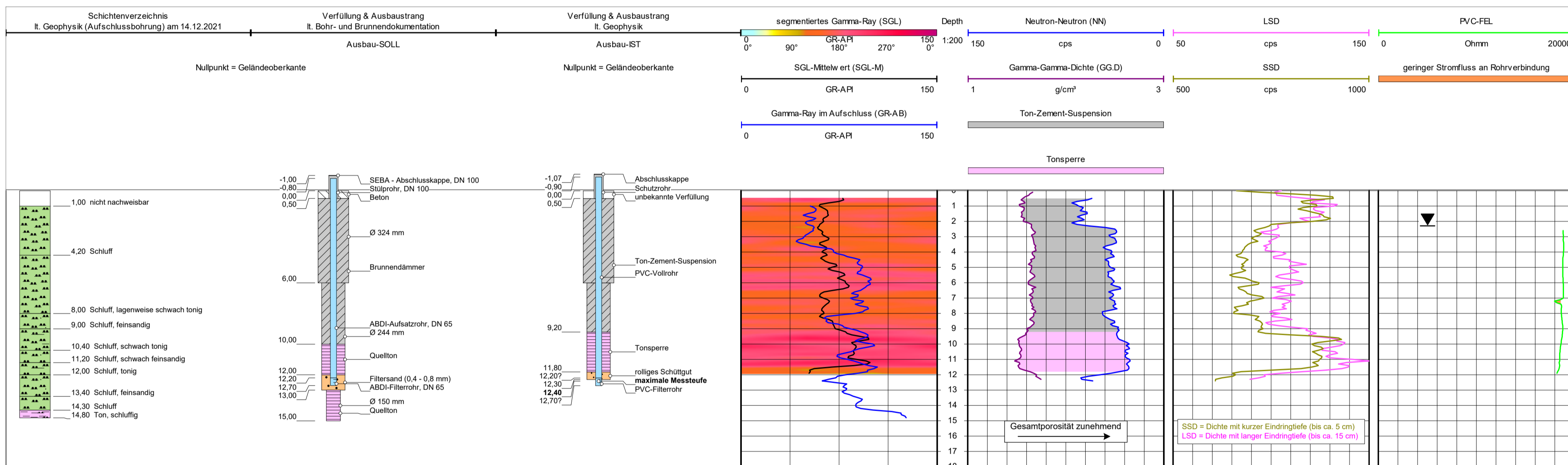
Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante	
Messbezugspunkt:	OK Abschlusskappe	1,07 m über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante	m über Teufenbezugspunkt

Datum	Uhrzeit	Messbeginn	Messende	Wartezeit	Rohrschuh:	Endteufe:
02.02.2022	12:15	13:30			m	12,?? m

Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL
Tiefst. Messp.	12,0 m	12,5 m	12,5 m	12,0 m
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	0,0 m	2,5 m

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
J. Wohliert	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
324 mm	0,0	6,0	DN 100	Schutzrohr	-1,07	?
244 mm	6,0	13,0	DN 65	PVC-Vollrohr	-0,9	12,2?
150 mm	13,0	15,0	DN 65	PVC-Filterrohr	12,2?	12,7?



Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: FLS 16

Wasserspiegel 3,63 m unter OK. Seba (= GOK. + 100cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
20.12.21		0	3,63	WSP. Bohrung mit Klarwasser gespült
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		13,31	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		12,90	
	2 min		12,55	
	3 min		12,23	
	4 min		11,92	
	5 min		11,64	
	6 min		11,36	
	7 min		11,10	
	8 min		10,85	
	9 min		10,61	
	10 min		10,37	
	11 min		10,16	
	12 min		9,94	
	13 min		9,74	
	14 min		9,54	
	15 min		9,35	
	16 min		9,17	
	17 min		9,00	
	18 min		8,83	
	19 min		8,66	
	20 min		8,51	
	21 min		8,36	
	22 min		8,22	
	23 min		8,08	
	24 min		7,94	
	25 min		7,81	
	26 min		7,68	
	27 min		7,56	
	28 min		7,44	
	29 min		7,33	
	30 min		7,22	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 20.12. bis 21.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A10.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Seite 1 von 5		
Projekt: 54201							
Bohrung: FLS 18						Bohrzeit: 10.12.21 G.Schroeter	
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt		
0,60	a) Aufschüttung b) Schotter, Ziegelreste c) d) e) schwarzgrau f) Auffüllung g) h) i)						
1,20	a) Schluff, mittelsandig, grobsandig, feinkiesig bis schwach mittelkiesig, schwach tonig b) c) d) e) graubraun f) Auffüllung g) h) i) kf						
2,00	a) Schluff, tonig, feinsandig b) c) weich d) e) grauorange f) Geschiebelehm g) h) i) kf						
3,10	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) c) weich d) e) graugelb f) Geschiebelehm g) h) i) kf						
3,40	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) c) weich bis steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) kf						

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 18

Bohrzeit:
10.12.21 G.Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
4,10	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k2	Bemerkungen				
5,05	a) Schluff, feinsandig, tonig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k					
6,20	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht, unten kalkhaltiger c) steif bis fest d) e) oliv f) g) h) i) k					
6,60	a) Ton bis Schluff b) erdfeucht - trocken, Mergel c) fest d) e) hellgraubraun f) g) h) i) k5	Mergelschicht				
6,80	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken, Muschelreste c) fest d) e) braun f) g) h) i) k5					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 18

Bohrzeit:

10.12.21 G.Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
7,80	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
8,00	a) Kernverlust b) c) d) e) f) g) h) i)					
8,40	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) weich bis steif d) e) dunkeloliv f) g) h) i) k					
9,05	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) weich, bröckelig d) e) braunoliv f) g) h) i) k2					
9,70	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht - feucht c) weich, bröckelig d) e) braunoliv f) g) h) i) k	Schicht 1				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 4 von 5

Projekt: 54201

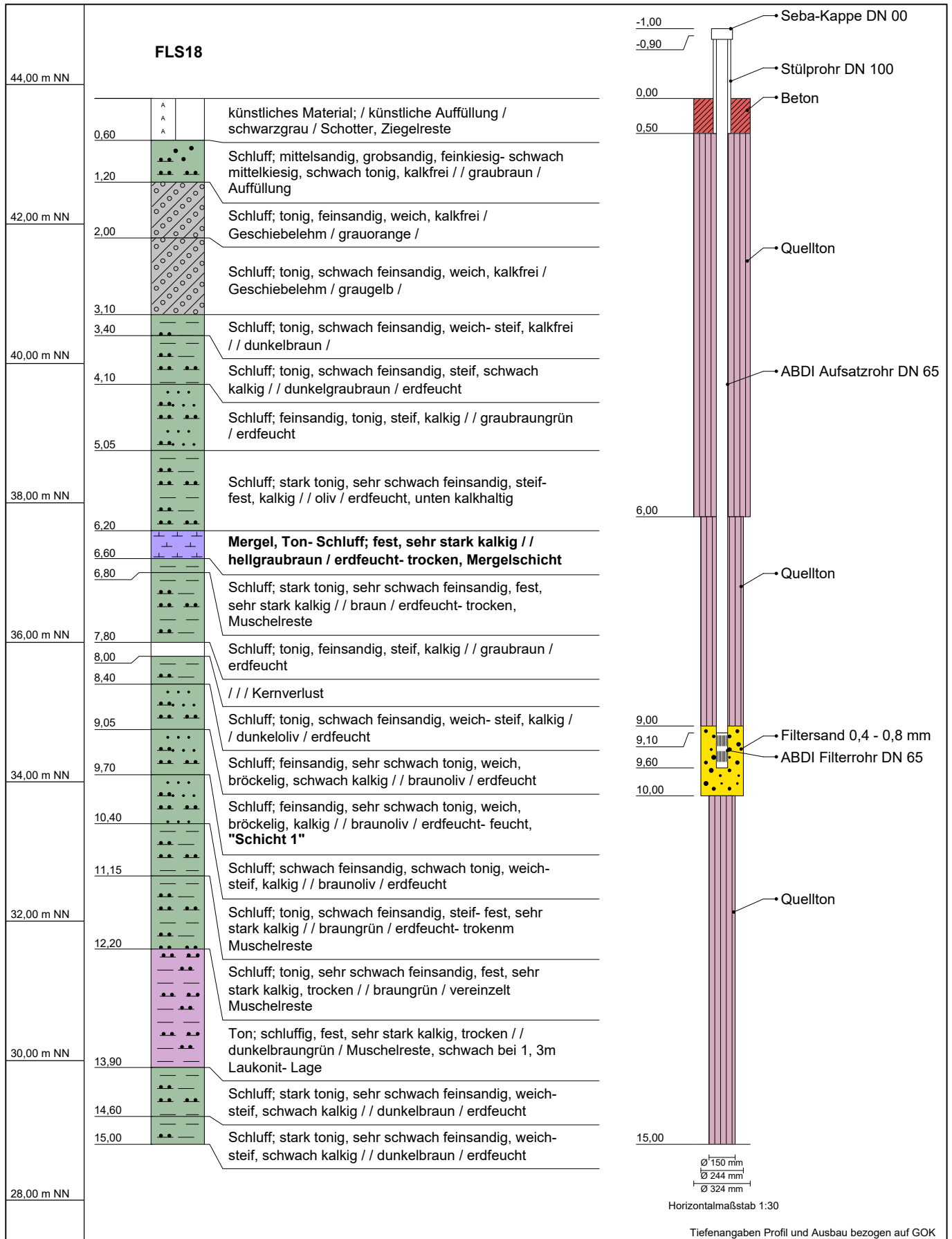
Bohrung: FLS 18


Bohrzeit:

10.12.21 G.Schroeter













1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
10,40	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) weich bis steif d) e) braunoliv f) g) h) i) k	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges				
11,15	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht - trocken, Muschelreste c) steif bis fest d) e) braungrün f) g) h) i) k5					
12,20	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) trocken, vereinzelt Muschelreste c) fest d) e) braungrün f) g) h) i) k5					
13,90	a) Ton, schluffig b) trocken, Muschelreste, bei 12,3 m Glaukonit-Lage c) fest d) e) dunkelbraungrün f) g) h) i) k5					
14,60	a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) weich bis steif d) e) dunkelbraun f) g) h) i) k2					

		Schichtenverzeichnis						
		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Seite 5 von 5		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 18						Bohrzeit: 10.12.21 G.Schroeter		
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
15,00	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) trocken c) fest d) e) braungrün f) g) h) i) k5			Endteufe				



Name d. Bhrg.	FLS18	Bhrg. Id: 21120018	 Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82
Autor	Georg Schroeter	RW: 351095,2	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725704,6	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 43,8	
Anlage	A10.2	Maßstab : 1:75	

Bohrung FLS18, Kernaufnahme - 09.12.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	4,0 – 5,0 m		12,0 – 13,0 m
	5,0 – 6,0 m		Detailuntersuchung 12,0 – 13,0 m
	6,0 – 7,0 m		
	7,0 – 8,0 m		13,0 – 14,0 m
	8,0 – 9,0 m		14,0 – 15,0 m
	9,0 – 10,0 m		
	10,0 – 11,0 m		
	11,0 – 12,0 m		



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A - 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 - Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Bericht

Anlage A10.4

**zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 18
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 650 H: 57 25 700
Messdatum: 10.12.2021**

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie.....	5
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 18, Verfüllung Mühlenberg wurden am 10.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte

Die Bohrung FLS 18 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 6,2 m und mit 154 mm von 6,2 – 15,0 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 15,0 m. Von -0,5 – 6,2 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 14,9 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 6,2 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist über die gesamte Messstrecke auf durchschnittlich 176 mm erweitert und ist somit etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 1,0°. Der Abstand aus der Lotrechten steigt kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 14,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung 0,1° in Richtung Süd-Südwest (196°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,02 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 6,2 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Schluff und Ton an. Schichten aus Ton bzw. mit tonigen Anteilen (0,8 – 3,7 m, 6,3 – 7,0 m, 7,6 – 8,1 m, 9,8 – 13,7 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität und überwiegend verminderte spezifische elektrische Widerstände auf. Feinsandige Anteile (8,1 – 9,8 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und erhöhten Widerständen ableiten.

Tabelle 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
	0,8	nicht nachweisbar
Grundwassergeringleiter	2,9	Schluff, tonig
	3,7	Ton
	6,3	Schluff
	7,0	Schluff, tonig
	7,6	Schluff
	8,1	Schluff, tonig
	9,8	Schluff, schwach feinsandig
	12,4	Schluff, tonig
	13,7	Ton, schluffig
	14,4	Schluff

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 18, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 176 mm etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,02 m Abstand in 14,0 m Teufe (TVD) bei 0,1° in Richtung Süd-Südwest (196°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungsteufe von 0,8 – 14,4 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen im Teufenbereich von 8,1 – 9,8 m.

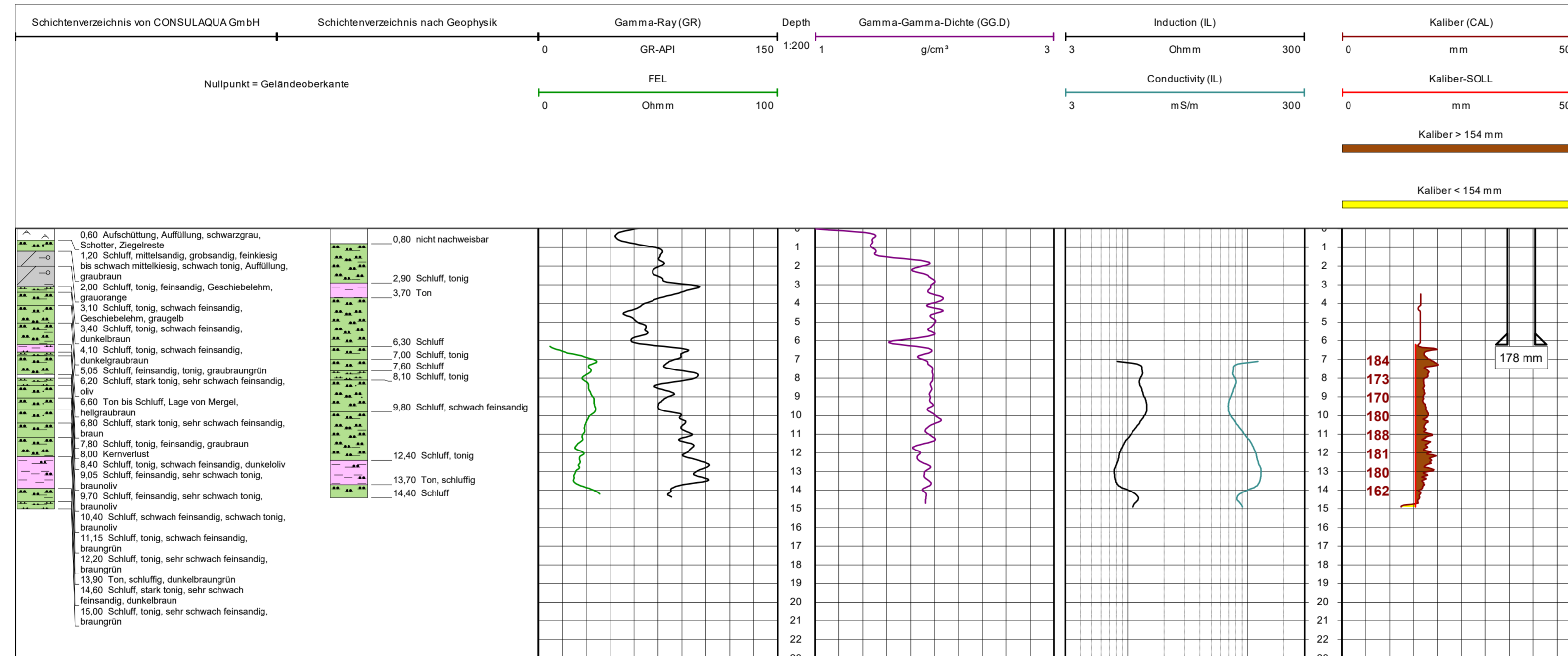
tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 15.12.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 18 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



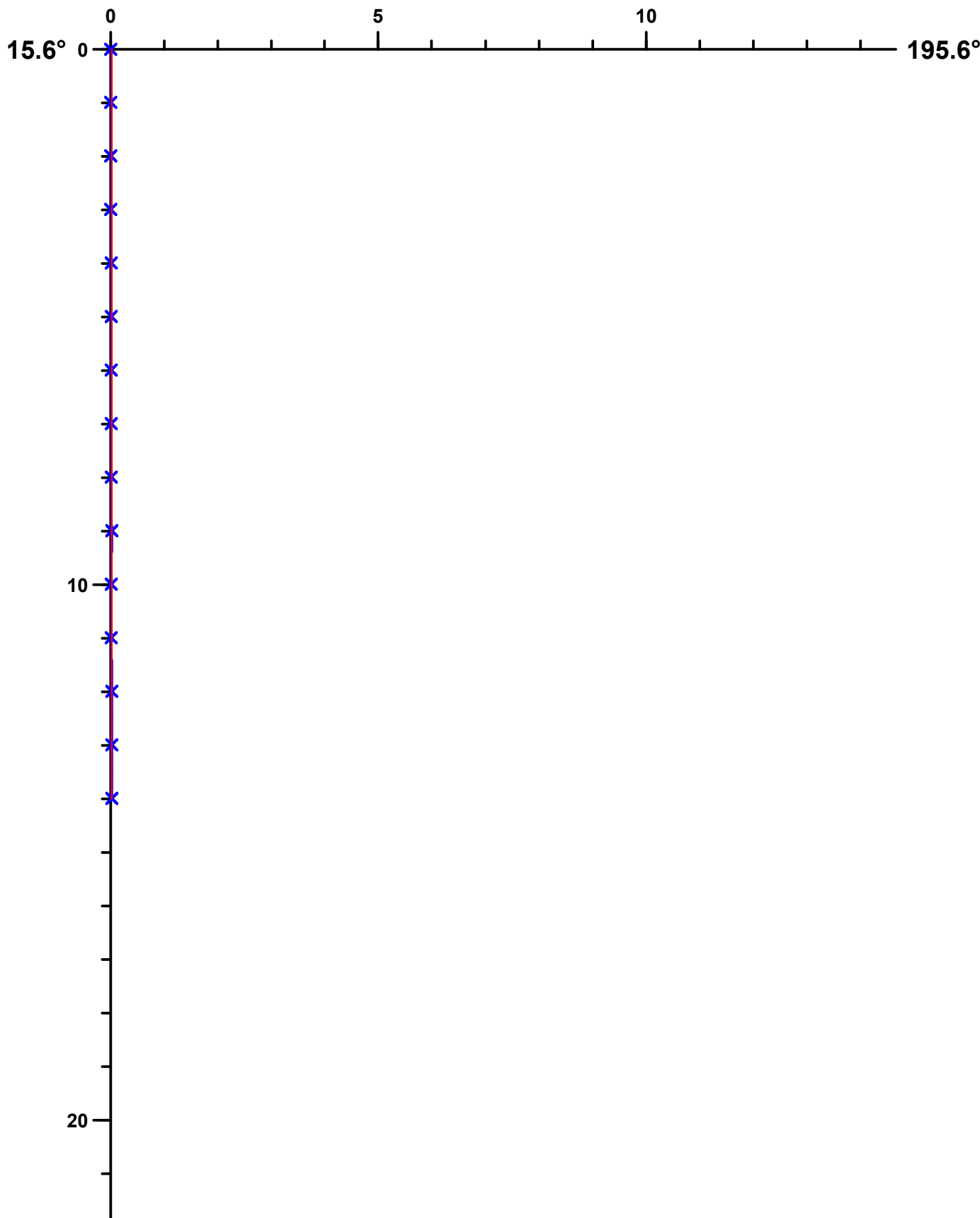
Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünte
Bohrgerät	Rotomax XL B				Bohrverfahren	
Nullpotential "N":	(Abst. _____ m)					
Gerätedaten			Messdaten			
Messung: GR	Sonde Nr.: 0459001	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: BA	Sonde Nr.: 0459001	ø 42 mm	Empfindlichkeit:	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 66-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm ³ / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 100 Ohmm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: CAL	Sonde Nr.: 1-83	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 mm / 10 SKT	Fahrtgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: IL	Sonde Nr.: HI 385 F	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrtgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Quelldaten						
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt	
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Gelände-Höhe-Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>						
Bemerkungen:						

TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH						
Bruchkampweg 28A · 29227 Celle Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30 www.tegeo.de · info@tegeo.de						
Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe					
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG					
Bohrung:	FLS 18					
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg					
Land:	Nordrhein-Westfalen					
Kreis:	Wesel					
Topogr. Karte:	4307 Dorsten					
Rechtswert:	25 58 650					
Hochwert:	57 25 700					
Höhe ü. NN:	ca. 43 m					
Andere Messungen:						
Teufenskala:	1:200					
Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante					
Messbezugspunkt:	OK Standrohr					
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante					
Datum:	10.12.2021					
Messbeginn:	08:30					
Messende:	11:00					
Wartezeit:						
Rohrschuh:	6,2 m					
Endteufe:	15,0 m					
Messung:	GR	BA	GG.D	FEL	CAL	IL
Tiefst. Messp.:	14,5 m	14,0 m	14,5 m	14,0 m	15,0 m	15,0 m
Höchst. Messp.:	0,0 m	0,0 m	0,0 m	6,5 m	3,5 m	7,0 m
Spülung: Zusammensetzung:	Wasser					
Spülung: Spez. Gewicht:	g/cm ³			Spülung: Viskosität:	sec.	
Spülung: Rm:	Ohmm bei °C			Spülung: pH-Wert:		
Herkunft Spülungsprobe:	Letzter Spülungsumlauf:					
Ausführender:	Messwagen:	Geologische Bearbeitung:			Landesamt:	
H. Scharfenberg	CE-TG 437	Dipl.-Geol. G. Schroeter				
CONSULAQUA GmbH						
Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	6,2	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,5	6,2
154 mm	6,2	15,0				



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 18
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 10.12.2021



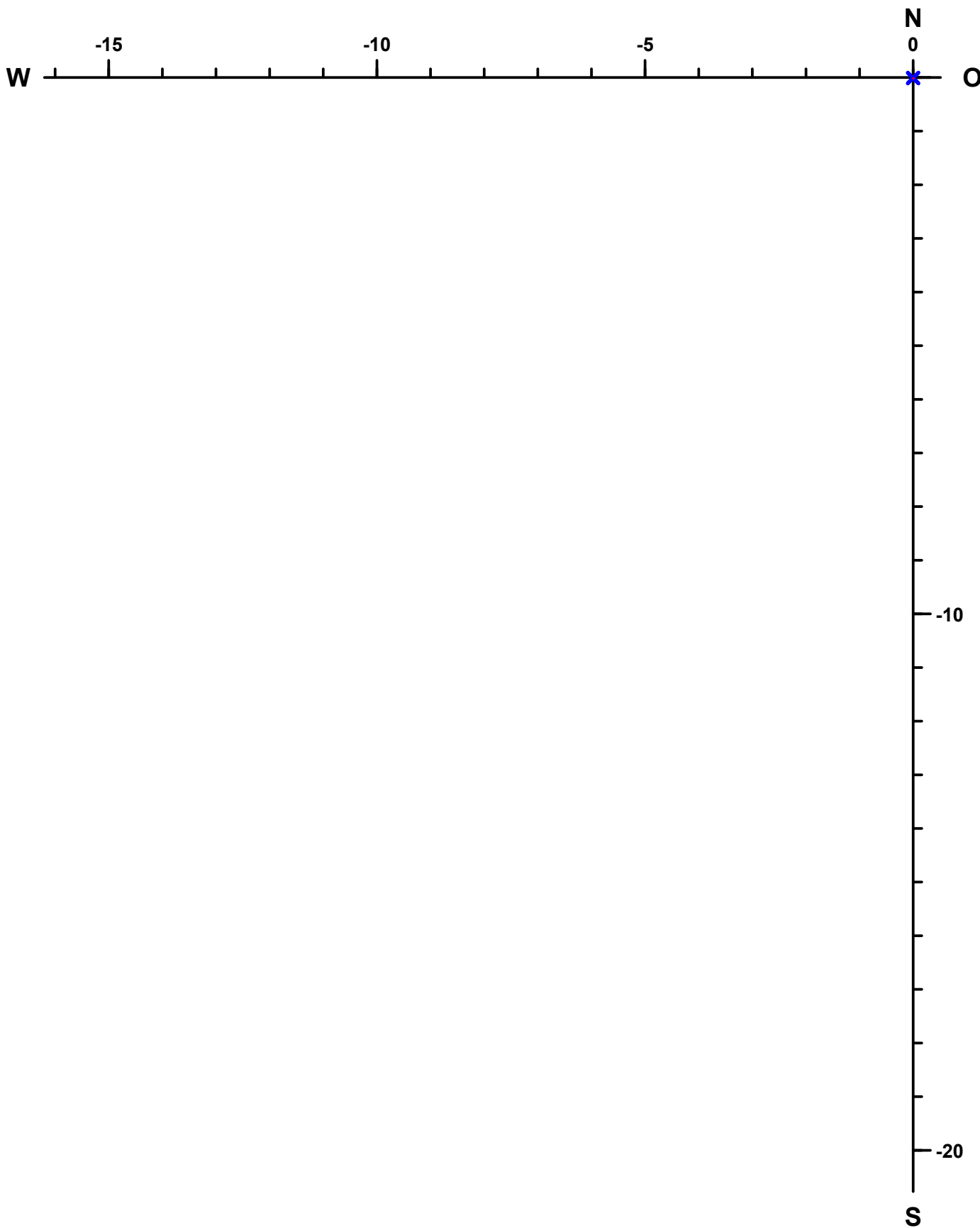
Maximale Abweichung: (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 18
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 10.12.2021



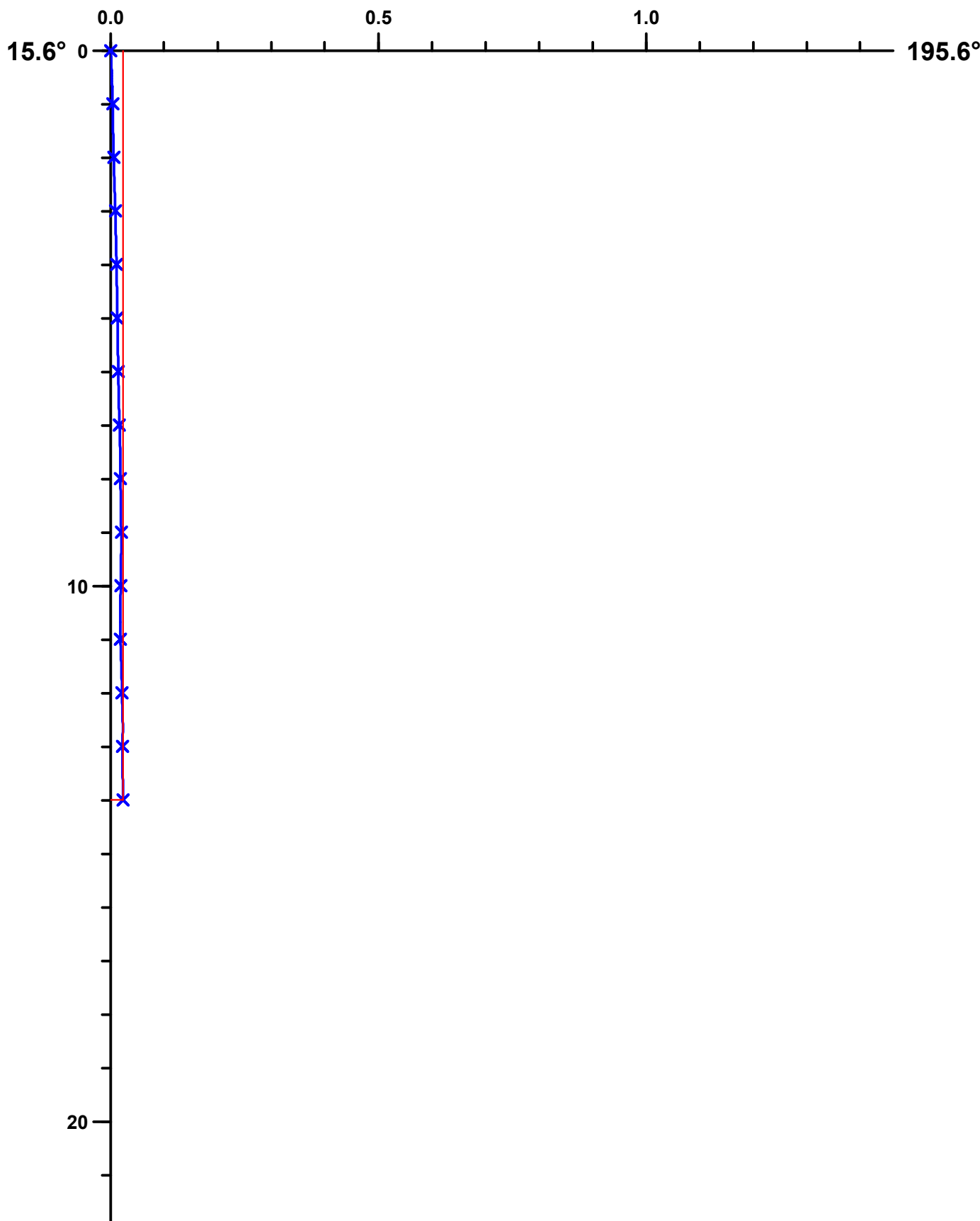
Maximale Abweichung: (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 18
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 10.12.2021



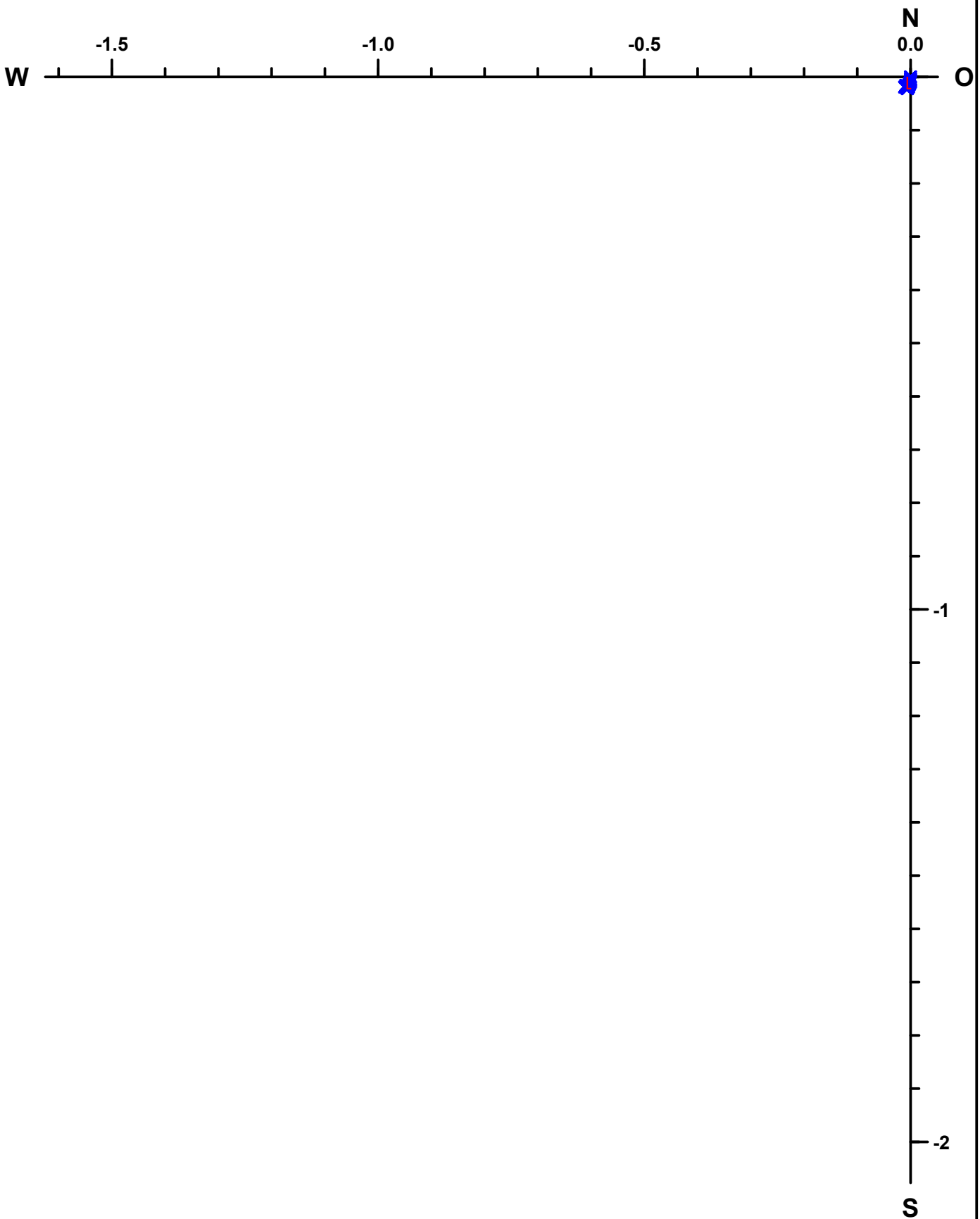
Maximale Abweichung: (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 18
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 10.12.2021



Maximale Abweichung: (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.02m , 195.6°) @ 14.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.1°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 18
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 10.12.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
0m	0.7°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	0.00m
1m	0.2°	0.00m	181.9°	-0.00m	-0.00m	1.00m
2m	0.1°	0.01m	179.5°	0.00m	-0.01m	2.00m
3m	0.2°	0.01m	182.8°	-0.00m	-0.01m	3.00m
4m	0.1°	0.01m	186.0°	-0.00m	-0.01m	4.00m
5m	0.1°	0.01m	188.1°	-0.00m	-0.01m	5.00m
6m	0.1°	0.01m	189.9°	-0.00m	-0.01m	6.00m
7m	0.2°	0.02m	194.3°	-0.00m	-0.02m	7.00m
8m	0.1°	0.02m	193.4°	-0.00m	-0.02m	8.00m
9m	0.1°	0.02m	193.4°	-0.00m	-0.02m	9.00m
10m	0.2°	0.02m	201.0°	-0.01m	-0.02m	10.00m
11m	0.2°	0.02m	209.1°	-0.01m	-0.02m	11.00m
12m	0.1°	0.02m	209.2°	-0.01m	-0.02m	12.00m
13m	0.3°	0.02m	202.3°	-0.01m	-0.02m	13.00m
14m	0.1°	0.02m	195.6°	-0.01m	-0.02m	14.00m



Bericht

Anlage A10.7

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 18
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 650 H: 57 25 700
Messdatum: 14.12.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 18, Verfüllung Mühlenberg wurden am 14.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 10.12.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 13.12.2021) der Messstelle FLS 18 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (Ausbau-SOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 6,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm, bis in 10,0 m mit 244 mm und bis in 15,0 m mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 9,1 – 9,6 m ist die Messstelle hydraulisch an feinsandigen Schluff angeschlossen (insgesamt 0,5 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,9 – 9,1 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -1,0 – 0,5 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Beton von 0,0 – 0,5 m und Quellton von 0,5 – 9,0 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 10,0 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 9,3 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RGG.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast

(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Verringerung des spezifischen elektrischen Widerstands in 8,4 m Teufe könnte auf die Filteroberkante, eine Rohrverbindung oder einen Defekt im Rohr hinweisen. Dies wurde anhand einer Kamerabefahrung durch CONSULAQUA GmbH überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass keine der aufgeführten Vermutungen zutrifft. Die Filterstrecke befindet sich projektgerecht im Teufenbereich von 9,1 – 9,6 m.

Table 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Teufe [m]	Teufe [m]
Schutzrohr	-1,0 – 0,6	--
PVC-Vollrohr	-0,9 – 9,1	-0,98 – 9,1
PVC-Filterrohr	9,1 – 9,6	9,1 – 9,6

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 6,5 m. An der Verbindung in 3,0 m ist ein geringer Peak festzustellen. Dieser Stromfluss weist auf eine potenzielle Leckage und Undichtigkeit an der Rohrverbindung hin. Nach dem vollständigen Quellen der Tonsperre kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Tonsperre von 0,9 – 8,9 m im Ringraum nach. Sie lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 8,9 – 9,2 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 10,0 – 15,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2
Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation Nullpunkt = Geländeoberkante	IST lt. Geophysik Nullpunkt = Geländeoberkante
	Teufe [m]	Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,9
Beton	0,0 – 0,5	--
Quellton / Tonsperre	0,5 – 9,0	0,9 – 8,9
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	9,0 – 10,0	8,9 – 9,2
Quellton	10,0 – 15,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 18, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filterstrecke konnte im Teufenbereich von 9,1 – 9,6 m nachgewiesen werden und ist somit projektgerecht.

Die Rohrverbindung in 3,0 m zeigt einen Stromfluss, welcher auf eine potenzielle Undichtigkeit hinweisen kann. Nach dem vollständigen Quellen der Tonsperre kann die Rohrverbindung erfahrungsgemäß als hydraulisch dicht angenommen werden.

Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Tonsperre von 0,9 – 8,9 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

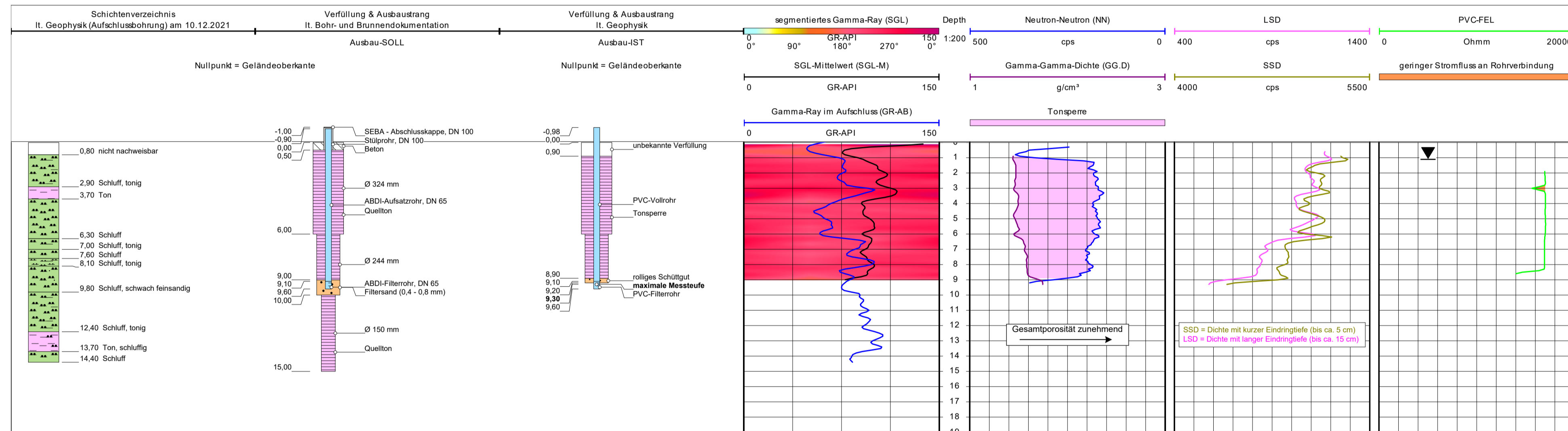
Celle, den 08.03.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 18 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen		Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister M. Tünte	
Bohrgerät		Rotomax XL B		Bohrverfahren	
Nullpotential "N":		(Abst. _____ m)			
Gerätedaten			Messdaten		
Messung: SGL	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: NN	Sonde Nr.: 9-95	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 500 cps / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Quellendaten					
Messung: NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: 3956	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 185 GBq	Sondenposition: frei hängend
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.					
Bemerkungen:					



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.: B-21045
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG	
Brunnen: FLS 18	
Gemarkung/Ort: Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km: 600
Land: Nordrhein-Westfalen	Kreis: Wesel

Topogr. Karte: 4307 Dorsten	Andere Messungen:
Rechtswert: 25 58 650	Teufenskala: 1:200
Hochwert: 57 25 700	Höhe ü. NN ca. 43 m

Teufenbezugspunkt: Geländeoberkante	
Messbezugspunkt: OK Abschlusskappe	0,98 m über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt: Geländeoberkante	m über Teufenbezugspunkt

Datum	Messbeginn	Messende	Wartezeit	Rohrschuh: _____ m
14.12.2021	15:15	16:00		Endteufe: 9,6 m

Messung	SGL	NN	GG.D	PVC-FEL
Tiefst. Messp.	9,0 m	9,0 m	9,5 m	8,5 m
Höchst. Messp.	0,0 m	0,5 m	1,0 m	2,0 m

Ausführender	Messwagen	Geologische Bearbeitung	Landesamt
H. Siemßen	CE-TG 778	Dipl.-Geol. G. Schroeter	
CONSULAQUA GmbH			

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
324 mm	0,0	6,0	DN 65	PVC-Vollrohr	-0,98	9,1
244 mm	6,0	10,0	DN 65	PVC-Filterrohr	9,1	9,6
150 mm	10,0	15,0				

Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: FLS 18

Wasserspiegel 2,25 m unter OK. Rohr (= GOK. + 90cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
16.12.21		0	2,25	WSP. Bohrung mit Klarwasser gespült
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich			senkt bis unten ab
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung			
	0		10,32	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		10,29	
	2 min		10,28	
	3 min		10,27	
	4 min		10,26	
	5 min		10,25	
	6 min		10,24	
	7 min		10,23	
	8 min		10,22	
	9 min		10,21	
	10 min		10,20	
	11 min		10,19	
	12 min		10,15	
	13 min		10,11	
	14 min		10,07	
	15 min		10,03	
	16 min		9,99	
	17 min		9,94	
	18 min		9,90	
	19 min		9,86	
	20 min		9,81	
	21 min		9,78	
	22 min		9,74	
	23 min		9,70	
	24 min		9,66	
	25 min		9,62	
	26 min		9,58	
	27 min		9,54	
	28 min		9,50	
	29 min		9,47	
	30 min		9,43	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 16.12. bis 17.12.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 22.12.21

Anl. A11.1	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben					Seite 1 von 5		
Projekt: 54201								
Bohrung: FLS 20							Bohrzeit: 18.10.21 Schroeter	
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe		i) Kalk- gehalt			
0,25	a) Aufschüttung b) Schotter, Wegbefestigung c) d) e) f) g) h) i)							
0,60	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schwach steinig b) c) d) e) grau f) g) h) i)							
4,00	a) Schluff, tonig, feinsandig b) c) d) e) gelbgrau f) g) h) i) kf							
6,00	a) Schluff, feinsandig, tonig b) c) d) e) dunkelgrau f) g) h) i) k2							
7,20	a) Schluff bis Ton, sehr schwach feinsandig b) trocken-erdfeucht c) steif d) e) dunkelgrau bis braun f) g) h) i)			ab 6,55 - 6,6 etwas mehr fS				
8,00	a) Schluff bis Ton, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) weich, steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k4			7,2 - 7,4 m etwas mehr fs, etwas feuchter				

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 2 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 20

Bohrzeit:
18.10.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt			
8,30	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) feucht c) weich, steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k	8,2 - 8,3 m etwas mehr fs, nassere Lage					
9,25	a) Schluff bis Ton, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k4						
9,80	a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig b) vereinzelt Konkretionen, erdfeucht c) steif d) e) hellgraubraun f) g) h) i) k4	Mergelschicht					
10,35	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k						
10,80	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) erdfeucht c) steif, weich d) e) graubraungrün f) g) h) i) k						

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 3 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 20

Bohrzeit:
18.10.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
11,30	a) Schluff, feinsandig b) erdfeucht c) steif, weich d) e) graubraungrün f) g) h) i) k					
12,00	a) Schluff, tonig, feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k					
13,45	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) feucht-nass, lagenweise (mm)sandstreifig - nass c) weich d) e) graubraungrün f) g) h) i) k	Schicht 1				
14,00	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig b) Glimmer, erdfeucht c) steif d) e) graubraungrün f) g) h) i) k5	deutlich kalkiger				
15,00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Seite 4 von 5

Projekt: 54201

Bohrung: FLS 20

Bohrzeit:
18.10.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
17,10	a) Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig b) erdfeucht c) halbfest d) e) graubraun f) g) h) i) k	Muschelschalen 15,35 m				
17,30	a) Schluff, feinsandig b) Glimmer, erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k					
17,65	a) Schluff, stark feinsandig b) Glimmer, erdfeucht-nass c) weich, steif d) e) graubraun f) g) h) i) k					
17,90	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) Glimmer, erdfeucht c) steif d) e) graubraun f) g) h) i) k					
19,15	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig b) erdfeucht-trocken c) steif, halbfest d) e) graubraun bis braun f) g) h) i) k					

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

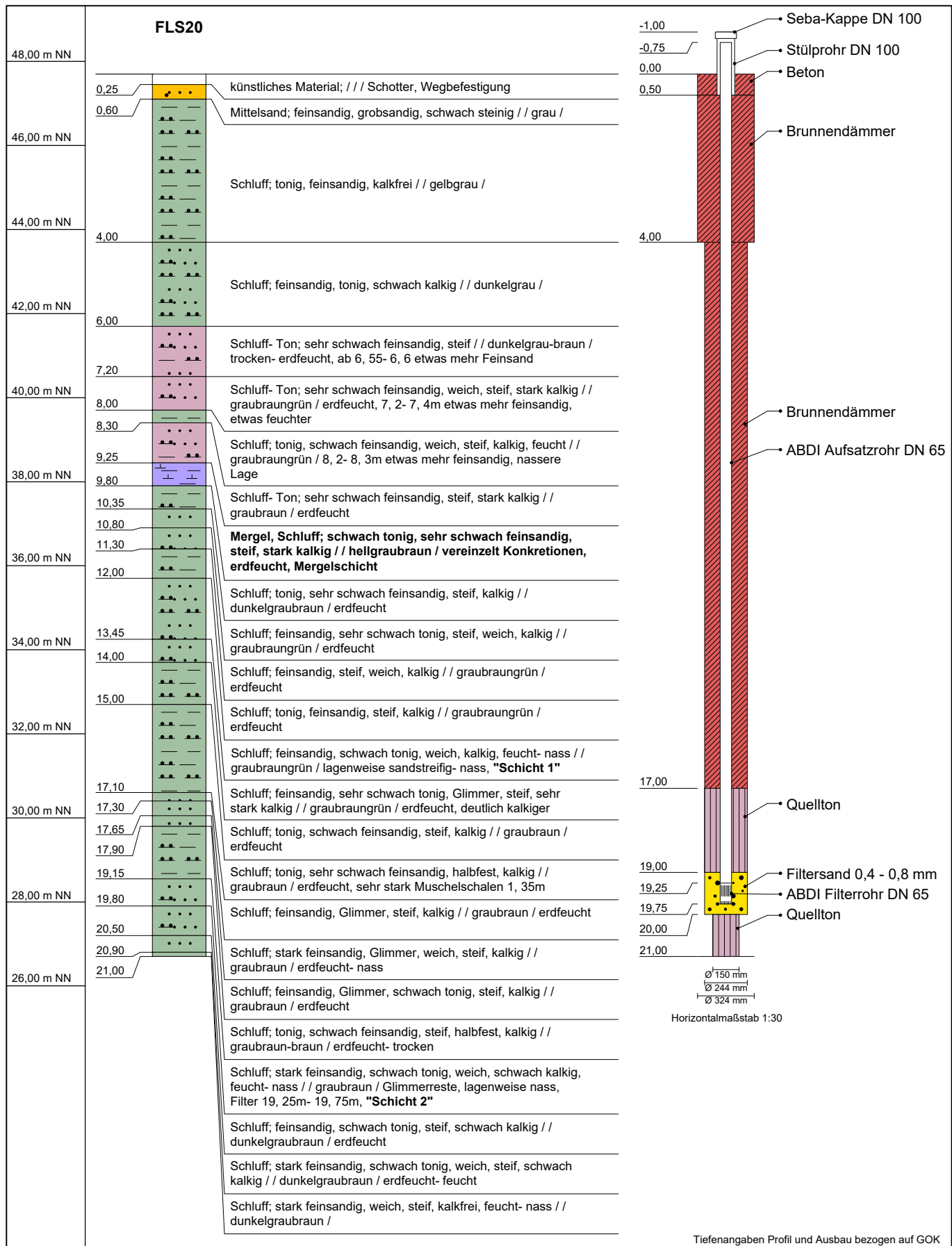
Seite 5 von 5


Projekt: 54201

Bohrung: FLS 20



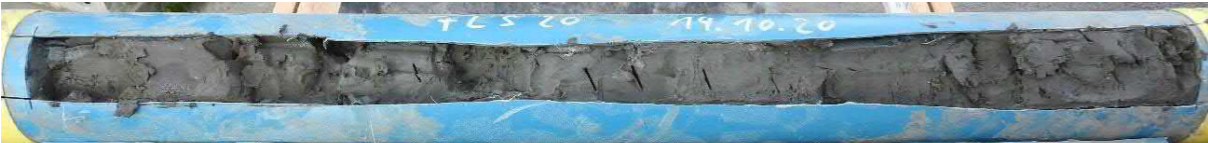




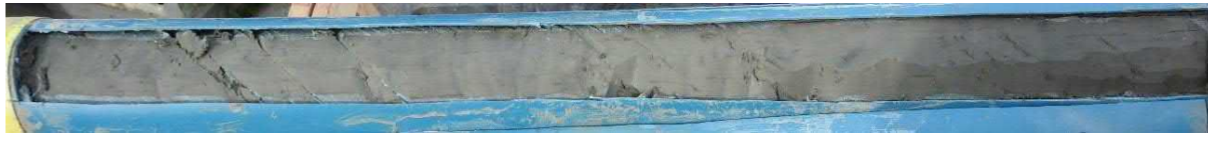








Bohrzeit:
18.10.21 Schroeter

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt			
19,80	a) Schluff, stark feinsandig, schwach tonig b) Glimmerreste, feucht-nass c) weich d) e) graubraun f) g) h) i) k2	lagenweise nass, Filter: 19,25 - 19,75 m Schicht 2				
20,50	a) Schluff, feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht c) steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k2					
20,90	a) Schluff, stark feinsandig, schwach tonig b) erdfeucht-feucht c) weich, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) k2					
21,00	a) Schluff, stark feinsandig b) feucht-nass c) weich, steif d) e) dunkelgraubraun f) g) h) i) kf	Endteufe				



Name d. Bhrg.	FLS20	Bhrg. Id: 22120020	 <p>Bördestraße 3 31135 Hildesheim www.consulaqua.de</p> <p>Tel.: +49 5121 7682 0 Fax: +49 5121 7682 82</p>
Autor	Georg Schroeter	RW: 350959,7	
Bearbeiter	Manuela König	HW: 5725518,9	
Bohrfirma	Johannes Bonhoff GmbH	Höhe NN: 47,7	
Anlage	A11.2	Maßstab : 1:125	

Bohrung FLS20, Kernaufnahme - 18.10.2021 - Fotodokumentation

Kernbohrung	Teufe	Kernbohrung	Teufe
	6,0 – 7,0 m		15,0 – 16,0 m
	7,0 – 8,0 m		16,0 – 17,0 m
	8,0 – 9,0 m		17,0 – 18,0 m
 <div data-bbox="647 856 872 898" style="position: absolute; top: -10px; left: 100px;">Mergel, 9,25-9,8m</div>	9,0 – 10,0 m		18,0 – 19,0 m
	10,0 – 11,0 m	 <div data-bbox="1673 1184 2059 1226" style="position: absolute; top: -10px; left: 100px;">Schicht 2, 19,15-19,8m</div>	19,0 – 20,0 m
	11,0 – 12,0 m		Detailuntersuchung 19,0 – 20,0 m
 <div data-bbox="350 1543 694 1585" style="position: absolute; top: -10px; left: 100px;">Schicht 1, 12,0-13,45m</div>	12,0 – 13,0 m		20,0 – 21,0 m
	13,0 – 14,0 m		
	14,0 – 15,0 m		



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A - 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 - Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Bericht

Anlage A11.4

**zu den geophysikalischen Messungen
in der Bohrung FLS 20
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 540 H: 57 25 505
Messdatum: 18.10.2021**

Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	3
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	4
2.1	Bohrlochgeometrie.....	4
2.2	Lithologie	5
2.3	Full Wave Sonic.....	6
3	Zusammenfassung	6

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot
- II. BA-Schnitte

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von der ARGE SAD Hünxe, in der Bohrung FLS 20, Verfüllung Mühlenberg wurden am 18.10.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Ziel der Messungen waren die Bestimmung der Bohrlochgeometrie und der Lithologie des durchteuften Gebirges. Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **Kaliber (CAL):** Messung des Bohrlochdurchmessers
- **Bohrlochabweichung (BA):** Messung der Neigung und Richtung des Bohrloches, Bestimmung der Abweichung aus der Lotrechten
- **Gamma-Ray (GR):** Messung der natürlichen Gammastrahlung des anstehenden Gebirges
- **Fokussiertes Elektrolog (FEL), Induktion (IL):** spezifische elektrische Widerstandsmessungen der Kombination von Gebirge und fluidem Medium (Grundwasser & Spülung)
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D):** Messung der Absorption von emittierter Gammastrahlung durch das anstehende Gebirge und das fluide Medium (Grundwasser & Spülung) sowie die Ermittlung einer Gesteinsdichte
- **Full Wave Sonic (FWS):** Ermittlung von gesteinsmechanischen Eigenschaften

Die Bohrung FLS 20 wurde mit einem Bohrlochdurchmesser von 178 mm von 0,0 – 6,0 m und mit 154 mm von 6,0 – 21,5 m abgeteuft. Die Endteufe (lt. Bohrmeister) betrug 21,5 m. Von -0,5 – 6,0 m Teufe wurde ein 178 mm Stahl-Standrohr gesetzt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.1 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 21,6 m. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Bohrlochgeometrie

Mittels einer Kalibersonde (**CAL**) wird der Bohrlochdurchmesser bestimmt, indem die Innenwand der unverrohrten Bohrung mechanisch abgetastet wird, wobei dies mit Messsonden mit einer Vielzahl von Abtastarmen erfolgen kann. Die Werte des ermittelten Bohrlochdurchmessers sind im Messplot in 1 m-Segmenten explizit aufgetragen.

Zur Bestimmung der Bohrlochabweichung (**BA**) und der wahren erreichten vertikalen Teufe (TVD) werden die Neigung und das Azimut im Bohrloch gemessen. Bei sehr geringen Neigungen von $< 1,0^\circ$ ist die Richtungsermittlung nicht immer zweifelsfrei möglich. Die Richtung wird dann vollständigshalber dargestellt und ist in solchen Fällen jedoch unsicher.

Bestimmung der Lithologie

Zur Ableitung der Lithologie werden die Messkurven der radiometrischen Messverfahren Gamma-Ray (**GR**), Neutron-Neutron (**NN**), Gamma-Gamma-Dichte (**GG.D**) sowie die der elektrischen Verfahren Fokussiertes Elektrolog (**FEL**), Elektrolog (**EL**) und Induction (**IL**) verwendet. In Bezug auf die durchteuften Schichten können allgemein folgende Aussagen zur Ausgrenzung und Bewertung von Grundwasserleitern und deren Abgrenzung zu Grundwassergeringleitern getroffen werden:

- Bei Schichtabfolgen mit rolligen Hauptkomponenten (Sand, Kies), ist eine geringe Gammaeigenstrahlung bei erhöhten spezifischen Widerständen zu erwarten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern vermindert. Es ist eine hohe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwasserleiter).
- Bei Schichtabfolgen mit bindigen Hauptkomponenten (Schluff, Ton), ist eine erhöhte Gammaeigenstrahlung bei reduzierten Widerständen zu beobachten. Die Porosität (nach NN) ist in diesen Schichtgliedern erhöht. Aufgrund des hohen Haftwasseranteils ist jedoch eine geringe Grundwasserdurchlässigkeit zu erwarten (Grundwassergeringleiter).
- Bei Schichten in denen ein hoher Anteil organischen Materials (z.B. Braunkohle) vorhanden ist fallen die Dichte-Werte signifikant.

Im Messdiagramm wird unter Berücksichtigung sämtlicher Indikatoren eine lithologische Gliederung abgeleitet und dokumentiert sowie, falls vorhanden, dem vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Schichtenverzeichnis gegenübergestellt.

Full Wave Sonic und mechanische Gesteinsparameter

Die Messung des Full Wave Sonic (**FWS**) erfolgt ausschließlich in flüssigkeitserfüllten Bohrlöchern und nutzt die Ausbreitung von Ultraschallwellen zur Charakterisierung des Anstehenden. Bei diesem Verfahren werden mehrere Sender und Empfänger verwendet, welche in unterschiedlichen feststehenden Abständen zueinander positioniert sind. Die empfangenen Signale werden in ihrer Laufzeit und Amplitude aufgezeichnet und als Wellenbild dargestellt. Aus den Empfänger-Anordnungen RX1-RX2 und RX1-RX3 wurde die Differenzlaufzeit (Slowness) der P-Welle ermittelt.

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Bohrlochgeometrie

Die Unterkante der Verrohrung ist anhand der Messung des Kalibers in ca. 5,6 m zu erkennen. Die Aufschlussbohrung ist über die gesamte Messstrecke erweitert. Bis in eine Teufe von ca. 10 m liegt der Durchmesser bei durchschnittlich 183 mm und unterhalb bis zur maximalen Messteufe bei 168 mm.

Die Kaliber-Messung ergibt somit einen durchschnittlichen Bohrlochdurchmesser von ca. 172 mm und ist somit etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm.

Die gemessenen Neigungen im Bohrloch liegen durchgehend unter 0,5°. Der Abstand aus der Lotrechten steigt kontinuierlich an. In der maximalen Messteufe von 21,0 m (TVD) beträgt die Gesamtabweichung 0,2° in Richtung Süd-Südost (158°) bei einem Abstand aus der Lotrechten von 0,09 m. Die Bohrung kann somit als nahezu lotrecht betrachtet werden.

2.2 Lithologie

In den folgenden Teilabschnitten wird die lithologische Gliederung der Bohrung vom Hangenden zum Liegenden detailliert beschrieben.

- Bis 5,6 m wurde ein Stahl-Standrohr eingebaut, wodurch die radiometrischen Messungen beeinflusst werden und eine Widerstandsmessung unmöglich wird. Die Interpretation ist in diesem Bereich erschwert und limitiert. Über die gesamte Messteufe steht lt. Geophysik ein Grundwassergeringleiter aus überwiegend Ton und Schluff an. Schichten aus Ton (1,0 – 2,6 m, 5,4 – 10,2 m, 13,3 – 14,4 m, 19,8 – 20,5 m) weisen eine im Vergleich zum Schluff erhöhte Gammaaktivität auf. Feinsandige Anteile (0,0 – 1,0 m, 10,2 – 13,3 m, 17,0 – 19,8 m, 20,5 – 21,4 m) lassen sich anhand einer verminderten Gammaaktivität und teilweise erhöhten Widerständen ableiten. Die P-Wellen-Slowness liegt im Wertebereich von ca. 630 – 680 µs/m.

Table 1

Schichtenprofil, abgeleitet von den geophysikalischen Messindikationen

Hydrogeologische Grobgliederung	Teufe [m]	Lithologie
Grundwassergeringleiter	1,00	Schluff bis Sand
	2,60	Ton
	5,40	Schluff
	7,50	Ton
	10,20	Ton, stark schluffig
	11,90	Schluff, tonig, schwach feinsandig
	13,30	Schluff, feinsandig
	14,40	Ton, stark schluffig
	17,00	Schluff, tonig
	18,00	Schluff, feinsandig
	19,80	Schluff, tonig, schwach feinsandig
	20,50	Ton, stark schluffig
21,40	Schluff bis Sand	

2.3 Full Wave Sonic

Die aus dem Full Wave Sonic ermittelten Differenzlaufzeiten liegen zwischen 630 – 680 $\mu\text{s}/\text{m}$. In Abgleich mit der Literatur entsprechen diese etwa typischen Werten von Wasser. Dies ist eine Indikation für ein sehr langsames Gebirge (langsame Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallsignale) und deckt sich prinzipiell mit der angetroffenen Lithologie. Bei einem sehr langsamen Gebirge (Ton, Schluff) kann dies ein verfahrenstypisches Problem sein, bei dem das bohrlochnahe Sediment durch Bohr- und Spülungseinflüsse sowie Standzeit (Quellen) weiter aufgelockert wird und dies zu einem nicht verwertbaren Schalllaufzeitergebnis führt. Die eingesetzte Methode des Full Wave Sonic liefert daher bei der angetroffenen Lithologie keinen Mehrwert für eine Interpretation der Lithologie.

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen in der Bohrung FLS 20, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Der Bohrlochdurchmesser ist mit durchschnittlich ca. 172 mm etwas größer als der angegebene nominale Durchmesser von 154 mm. Aus den Bohrlochabweichungsmessungen gehen keine signifikanten Neigungen des Bohrlochs hervor. Die Endabweichung des Bohrlochs liegt mit ca. 0,09 m Abstand in 21,0 m Teufe (TVD) bei $0,2^\circ$ in Richtung Süd-Südost (158°).

Die Messindikationen zur Ableitung einer Lithologie deuten auf eine hydrogeologische Gliederung in einen Grundwassergeringleiter über die gesamte Untersuchungsstufe von 0,0 – 21,4 m.

Die Bereiche mit den mutmaßlich größten Anteilen von Feinsand liegen in den Teufenbereichen 0,0 – 1,0 m, 11,9 – 13,3 m, 17,0 – 18,0 m und 20,5 – 21,4 m.

tegeo

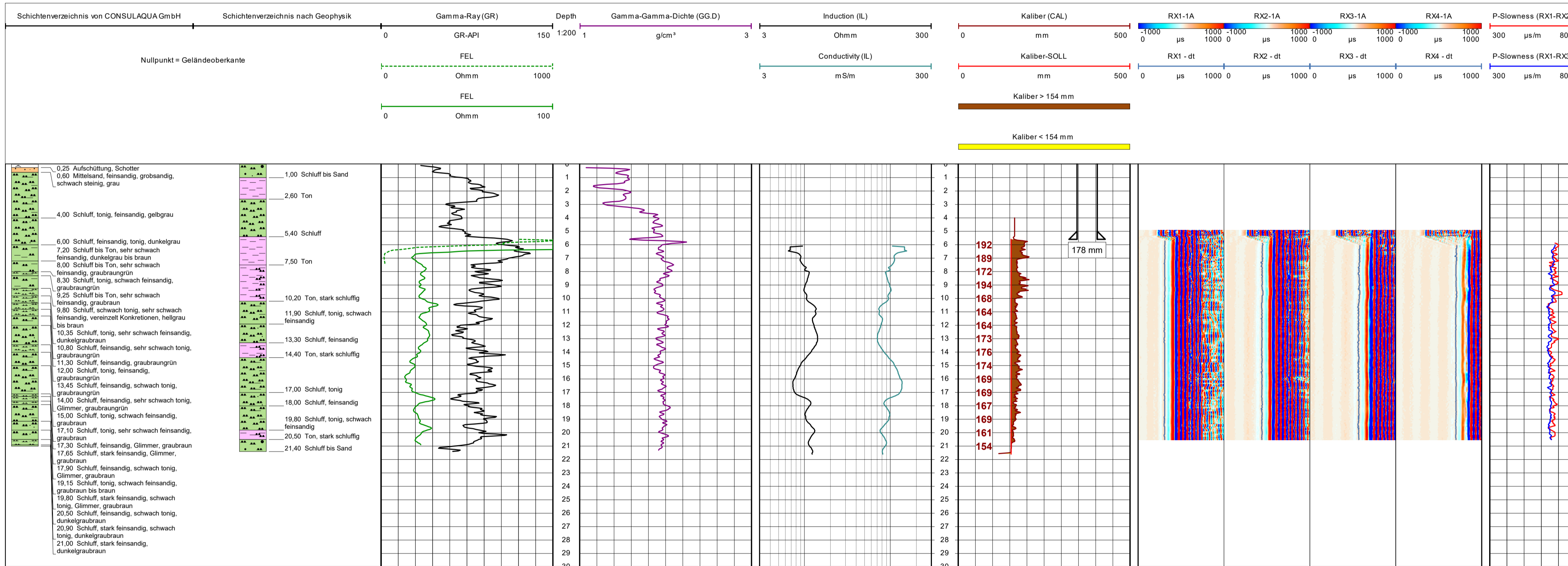
Tegtmeyer Geophysik GmbH

Celle, den 18.11.2021

M.Sc. Geow. Laura Barth

Allgemeine Daten						
Bohrunternehmen	Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)				Bohrmeister	M. Tünte
Bohrgerät	ROTOMAX XL GT				Bohrverfahren	
Nullpotential "N"	(Abst. _____ m)					
Gerätedaten		Messdaten				
Messung: GR	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: FEL	Sonde Nr.: 1124003	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 1000/100 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: BA	Sonde Nr.: 1459001	ø var mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: IL	Sonde Nr.: HI 385 F	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 300 Ohmm / 2 Dekaden	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: CAL	Sonde Nr.: 1-83	ø 45 mm	Empfindlichkeit: 500 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:	
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 1476015	ø 52 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Messung: FWS	Sonde Nr.: 202916	ø 50 mm	Empfindlichkeit:	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:	
Quelldaten						
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: AG-3386	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: angedrückt	
<small>Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.</small>						
Bemerkungen:						

Geophysikalische Messungen in der Bohrung FLS 20 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG



TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber:	ARGE SAD Hünxe	Auftr.Nr.:	B-21045
Bauherr:	Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG		
Brunnen:	FLS 20		
Gemarkung/Ort:	Verfüllung Mühlenberg	An- u. Abfahrt km:	600
Land:	Nordrhein-Westfalen	Kreis:	Wesel
Topogr. Karte:	4307 Dorsten	Andere Messungen:	
Rechtswert:	25 58 540	Teufenskala:	
Hochwert:	57 25 505	Höhe ü. NN	ca. 47 m

Teufenbezugspunkt:	Geländeoberkante	
Messbezugspunkt:	OK Standrohr	0,5 m über Teufenbezugspunkt
Bohrbezugspunkt:	Geländeoberkante	m über Teufenbezugspunkt
Datum	18.10.2021	
Uhrzeit	Messbeginn: 10:00	Messende: 13:30
Wartezeit		
Rohrschuh:		5,6 m
Endteufe:		21,5 m

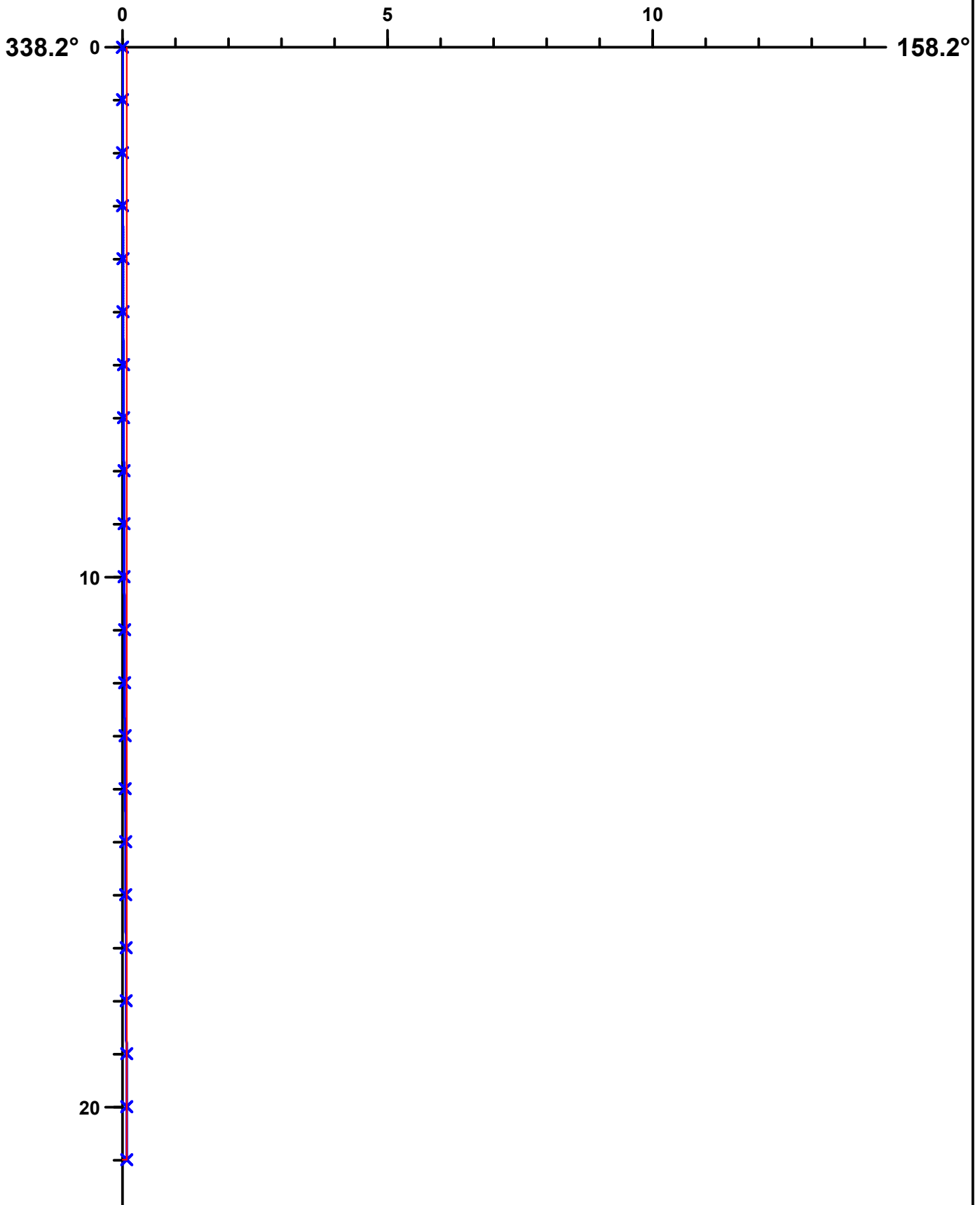
Messung	GR	FEL	BA	IL	CAL	GG.D	FWS
Tiefst. Messp.	21,5 m	21,0 m	21,0 m	21,5 m	21,5 m	21,5 m	20,5 m
Höchst. Messp.	0,0 m	5,5 m	0,0 m	6,0 m	4,0 m	0,0 m	5,0 m
Ausführender	Messwagen		Geologische Bearbeitung			Landesamt	
C. Etongo	CE-TG 437		Dipl.-Geol. G. Schroeter				
M. Thimm	CONSULQUA GmbH						

Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten			
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m	bis m
178 mm	0,0	6,0	178 mm	Stahl-Standrohr	-0,5	5,6
154 mm	6,0	21,5				



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 20
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:100 Vert.: 1:100
Datum: 18.10.2021



Maximale Abweichung: (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.2°



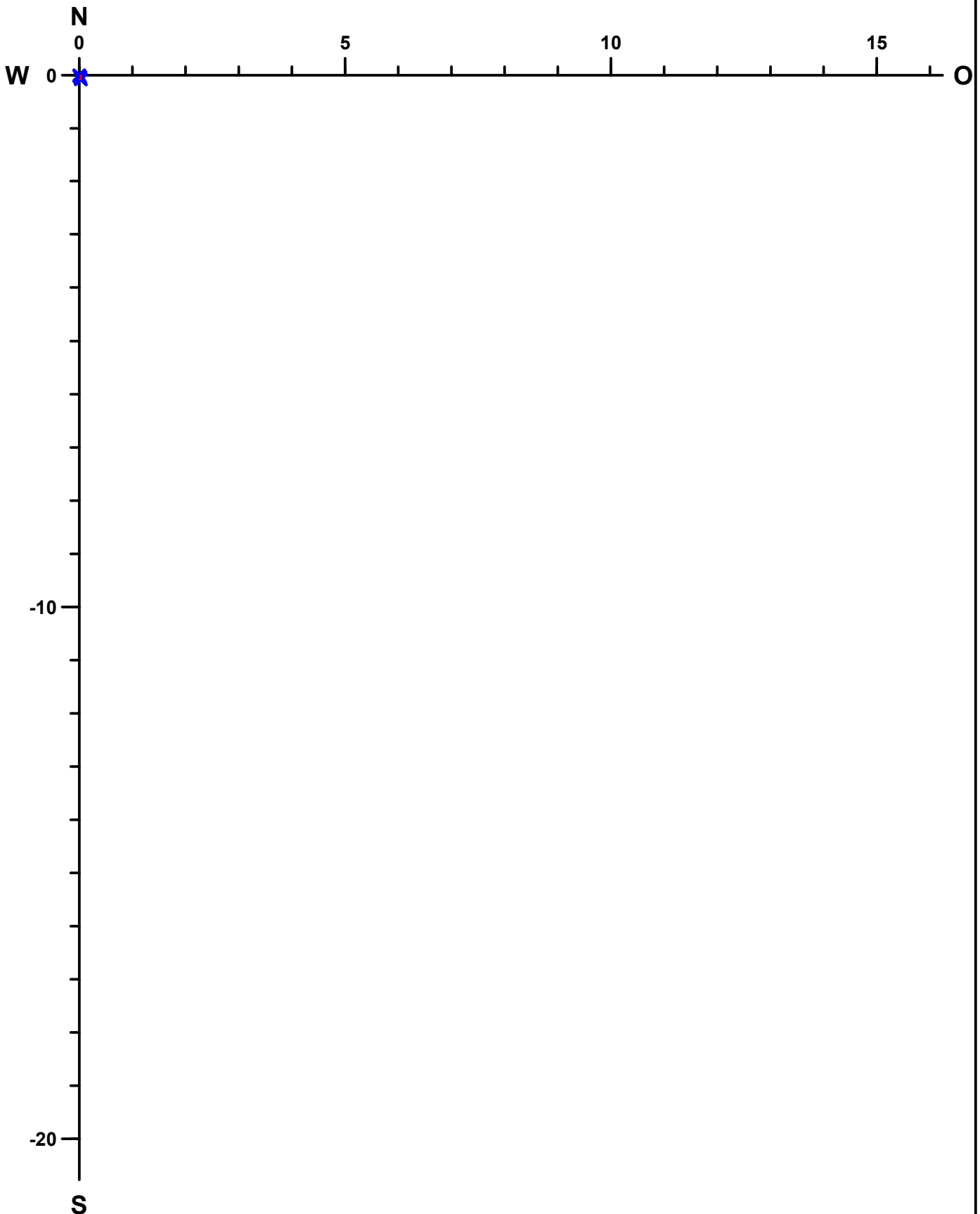
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 20
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:100
Datum: 18.10.2021



Maximale Abweichung: (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD

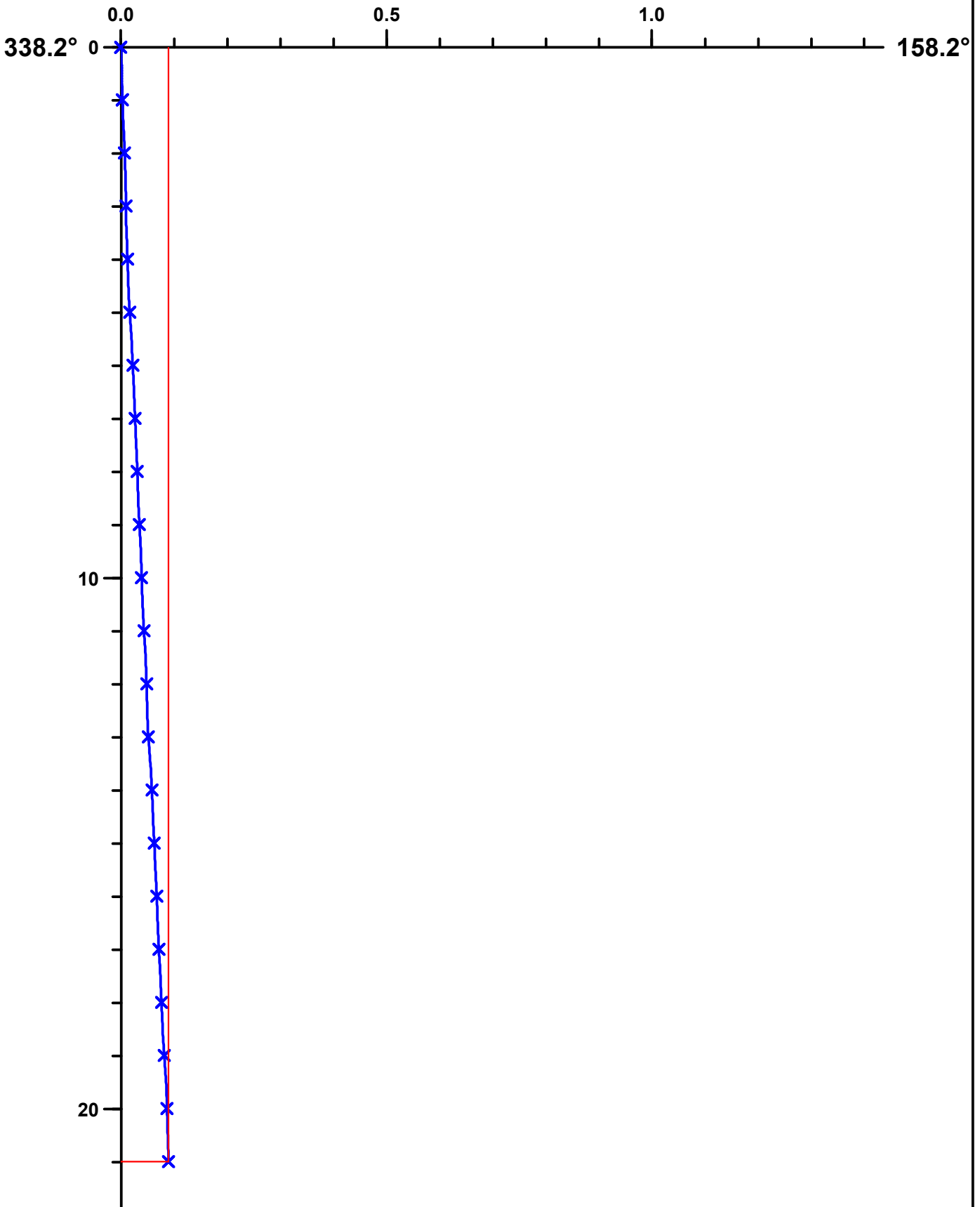
Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.2°



Vertikaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 20
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: Horiz.: 1:10 Vert.: 1:100
Datum: 18.10.2021



Maximale Abweichung: (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Tiefe)
Endabweichung: 0.2°



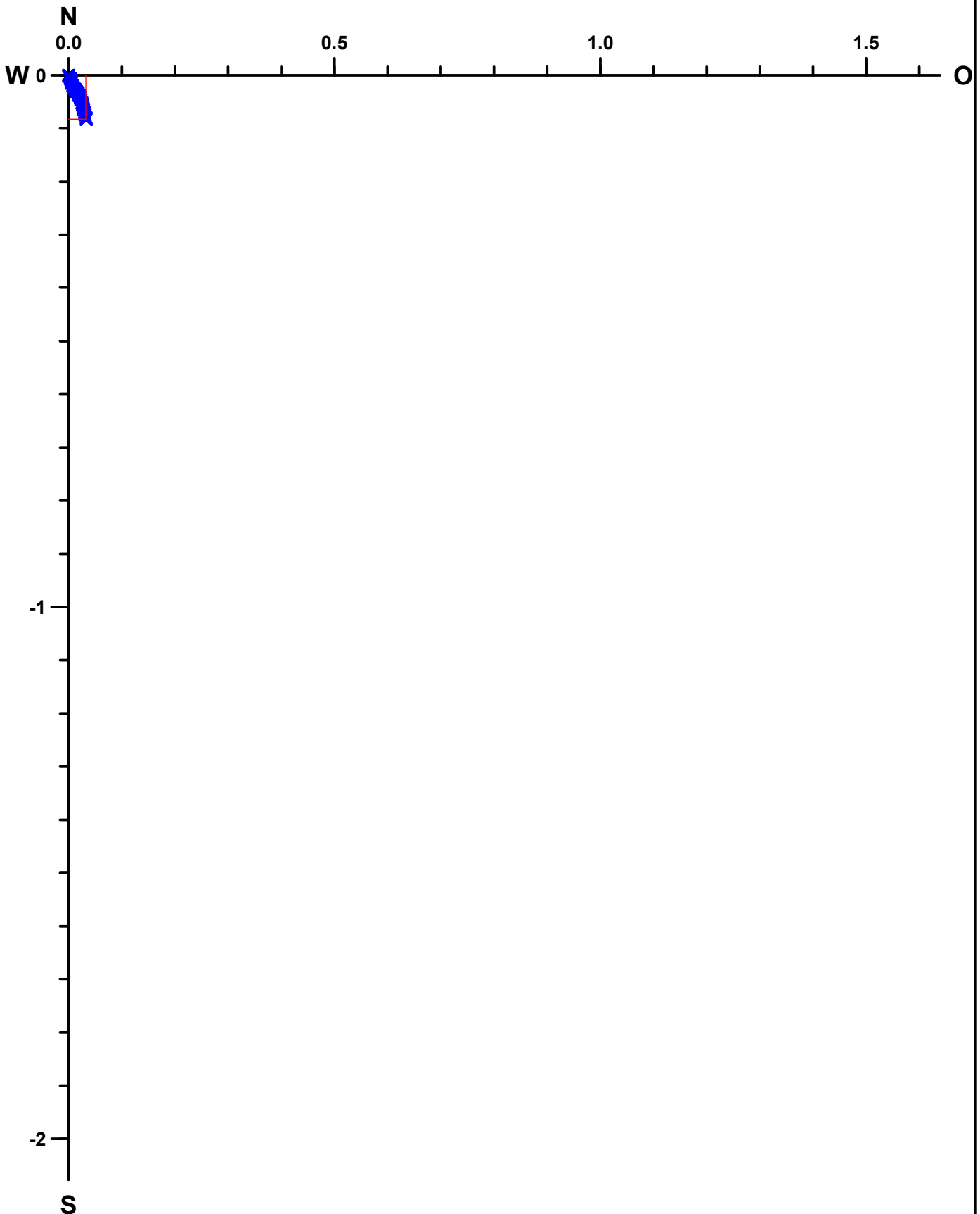
TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH

Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
www.tegeo.de · info@tegeo.de

Horizontaler Schnitt

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 20
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Maßstab: 1:10
Datum: 18.10.2021



Maximale Abweichung: (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD
Gesamtabweichung : (0.09m , 158.2°) @ 21.00m TVD

Maßeinheit: Meter (TVD=reale Teufe)
Endabweichung: 0.2°



Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Bohrung: FLS 20
Gemarkung: Verfüllung Mühlenberg

Auftr.Nr.: B-21045
Datum: 18.10.2021

Teufe	Neigung	Abstand	Richt.	O-W	N-S	TVD
0m	0.2°	0.00m	0.0°	0.00m	0.00m	0.00m
1m	0.2°	0.00m	163.3°	0.00m	-0.00m	1.00m
2m	0.2°	0.01m	153.1°	0.00m	-0.01m	2.00m
3m	0.2°	0.01m	148.4°	0.00m	-0.01m	3.00m
4m	0.2°	0.01m	147.1°	0.01m	-0.01m	4.00m
5m	0.5°	0.02m	160.7°	0.01m	-0.02m	5.00m
6m	0.3°	0.02m	158.2°	0.01m	-0.02m	6.00m
7m	0.2°	0.03m	155.8°	0.01m	-0.02m	7.00m
8m	0.2°	0.03m	153.4°	0.01m	-0.03m	8.00m
9m	0.4°	0.03m	153.2°	0.02m	-0.03m	9.00m
10m	0.2°	0.04m	151.6°	0.02m	-0.03m	10.00m
11m	0.4°	0.04m	151.4°	0.02m	-0.04m	11.00m
12m	0.2°	0.05m	151.7°	0.02m	-0.04m	12.00m
13m	0.4°	0.05m	153.5°	0.02m	-0.05m	13.00m
14m	0.3°	0.06m	153.6°	0.03m	-0.05m	14.00m
15m	0.3°	0.06m	155.2°	0.03m	-0.06m	15.00m
16m	0.2°	0.07m	155.8°	0.03m	-0.06m	16.00m
17m	0.3°	0.07m	156.5°	0.03m	-0.07m	17.00m
18m	0.3°	0.08m	156.6°	0.03m	-0.07m	18.00m
19m	0.4°	0.08m	157.2°	0.03m	-0.08m	19.00m
20m	0.2°	0.09m	157.5°	0.03m	-0.08m	20.00m
21m	0.2°	0.09m	158.2°	0.03m	-0.08m	21.00m



Bericht

Anlage A11.7

zu den geophysikalischen Messungen
in der Messstelle FLS 20
Verfüllung Mühlenberg
R: 25 58 540 H: 57 25 505
Messdatum: 09.12.2021
Neubauabnahme



Eigentümer/Bauherr

Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG
Eichenweg 1
46569 Hünxe



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm	3
1.1	Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen	3
1.2	Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen	4
2	Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung	5
2.1	Ausbauzustand	5
2.1.1	Ausbauregime	5
2.1.2	Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen	5
2.2	Ringraumverfüllung	6
3	Zusammenfassung	7

Anlagen zu diesem Bericht:

- I. Messplot

1 Allgemeine Angaben zur geophysikalischen Untersuchung, Messprogramm

Die geophysikalischen Untersuchungen, beauftragt von ARGE SAD Hünxe, in der Messstelle FLS 20, Verfüllung Mühlenberg wurden am 09.12.2021 mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Die Aufschlussbohrung wurde von uns am 18.10.2021 mit den Parametern GR, GG.D, FEL, CAL, IL, FWS und BA vermessen.

Ziel der bohrlochgeophysikalischen Messungen waren die Untersuchung der Hinterfüllung mit Blick auf das Vorhandensein und die Positionierung der Abdichtung sowie der Filterkiesschüttung und eventueller Materialdefizite oder Fehlstellungen, die Untersuchung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen und der Filterposition.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma tegeo Tegtmeyer Geophysik GmbH, Celle, beauftragt folgende Messverfahren in Anlehnung an das DVGW-Regelwerk W110 durchzuführen:

- **PVC-FEL:** Messung der relativen Dichtigkeit der Rohrverbindungen (Zustand des Ausbaustrangs), Lokalisation der Rohrtypen
- **Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN):** Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung
- **Segmentiertes Gamma-Ray (SGL):** 360°-Messung der horizontalen Verteilung der Ringraumverfüllung; Ableitung und Beurteilung der Ringraumverfüllung

1.1 Allgemeine Angaben zum Bauwerk und Messbedingungen

Zum Zeitpunkt der geophysikalischen Untersuchungen lagen eine Ausbauzeichnung sowie ein lithologisches Schichtenprofil (Stand: 19.10.2021) der Messstelle FLS 20 vor. Die Angaben der vorliegenden Bohr- und Brunnendokumentation beschreiben folgendes Bauregime (AusbausOLL):

Die Bohrung wurde von der Geländeoberkante bis zu einer Teufe von 4,0 m mit einem Durchmesser von 324 mm, bis in 20,0 m mit 244 mm und bis in 21,0 m mit 150 mm abgeteuft. Im Teufenabschnitt von 19,25 – 19,75 m ist die Messstelle hydraulisch an Schluff angeschlossen (insgesamt 0,5 m DN 65 ABDI-Filterrohr). Den Ausbau komplettiert eine von -0,75– 19,25 m reichende DN 65 ABDI-Aufsatzrohrtour sowie ein DN 100 Stülprohr im Teufenabschnitt von -1,0 – 0,5 m. Weiterhin ergibt sich aus der Ausbauzeichnung, dass die hydraulische Abdichtung zur Oberfläche und von Grundwassergeringleitern durch Beton von 0,0 – 0,5 m, Brunnendämmer von 0,5 – 17,0 m und Quellton von 17,0 – 19,0 m erzielt wurde. Im Liegenden der Abdichtung und im Filterbereich bis zu einer Tiefe von 20,0 m wurde die Hinterschüttung, abgestimmt auf den Grundwasserleiter, mit einem Filtersand (0,4 – 0,8 mm) bewerkstelligt. Ferner wurde die Bohrung im Liegenden mit Quellton zur Basisabdichtung rückverfüllt.

Während der Messdurchführung traten keine technischen Probleme auf. Die Messungen sind im Sinne der Aufgabenstellung auswertbar.

1.2 Darstellung und Deutung der geophysikalischen Untersuchungen

Die Ergebnisse werden auf der beigefügten Anlage mit dem Teufenbezug Geländeoberkante, im Teufenmaßstab 1:200 dargestellt. Die maximale Messteufe beträgt 19,6 m. Neben den Messergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen sind im Messdiagramm folgende Zeichnungen abgebildet:

- **Ausbau-SOLL:** der Bohr- und Brunnendokumentation entnommene Ausbau- und Verfüllplan
- **Ausbau-IST:** Darstellung des Ausbaus und der Ringraumverfüllung nach der Auswertung der geophysikalischen Untersuchungen
- **Lithologie:** der Auswertung der Aufschlussmessung entnommen

Zum besseren Verständnis der Ergebnisse werden die angewandten Messverfahren in ihren wesentlichen Punkten nachstehend kurz erläutert.

Ausbauzustand

Durch die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands (**PVC-FEL**) können Rückschlüsse auf die verbauten Rohrtouren und deren Ober- und Unterkanten gezogen und die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen beurteilt werden. Erfolgen Stromflüsse an den Rohrverbindungen sind in der Messkurve signifikante Peaks zu erkennen, die auf eine potenzielle Leckage hindeuten. Sofern vorliegend sind solche Indikationen im Messplot farbig markiert. Signifikante Wechsel der Rohrtypen werden im Messplot ebenfalls farbig markiert.

Charakterisierung der Ringraumverfüllung

Radiometrische bohrlochgeophysikalische Untersuchungen liefern Informationen zur Bestimmung und Art der Ringraumverfüllung und deren Teufenorientierung. Relevante Ergebnisse sind im Messplot als schraffierte Bereiche ausgewiesen.

- Bei Ringraumverfüllungen mit einem hohen Gehalt von bindigem Material (z.B. einem technisch markierten Ton oder Ton-Zement-Suspension) ist eine hohe Gammaeigenstrahlung (**GR, SGL**) bei reduzierter Dichte (**GG.D**) und reduzierten Neutron-Neutron-Werten (**NN**) zu erwarten. Bei rolligen Hauptkomponenten der Ringraumverfüllung verhalten sich die ermittelten Messkurven entgegengesetzt.
- Kolmatisierte Filterkiesschüttungen bilden sich i.d.R. im Vergleich zu einer sauberen Filterkiesschüttung mit einer erhöhten Gammaeigenstrahlung, einer erhöhten Dichte und erhöhten Neutron-Neutron-Werten aus den geophysikalischen Messkurven ab. Bei einer Filterkies-Brückenbildung verhalten sich die ermittelten Messkurven gegenläufig.

Die Messkurven der Dichteindikation SSD und LSD bilden mit dem Kaliber (CAL) die Grundlage zur Berechnung der Dichte (**GG.D**) und werden vollständigshalber mit dargestellt. Die SSD hat dabei eine geringere Eindringtiefe als die LSD.

In segmentierter Messanordnung durchgeführte Untersuchungen (**SGL** und/oder **RG.G.D**) werden in einer 360°-Falschfarben-Imageprojektion dargestellt. Ein Image lässt eine Beurteilung der horizontalen Verteilung der Verfüllmaterialien zu, jedoch unter der Voraussetzung, dass das eingebrachte bindige Material einen ausreichenden Kontrast



(Gammaaktivität, Dichte) zum umgebenden Verfüllmaterial aufweist. Aus einer segmentierten Messung wird zusätzlich ein Mittelwert kalkuliert, als weitere Messkurve dargestellt und ebenfalls zur Interpretation herangezogen (SGL-M und/oder RGG.D-M).

2 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung

2.1 Ausbauzustand

2.1.1 Ausbauregime

Das Ausbauregime wird mittels PVC-FEL abgeleitet. Die Filterstrecke kann nicht abgebildet werden, was vermutlich mit der ausgewiesenen geringen Filterlänge von 0,5 m zusammenhängt. Der Abstand vom Messpunkt bis zum Messsondenende beträgt im Falle der PVC-FEL ca. 0,9 m. Die maximale Messteufe beträgt 18,9 m.

Tabelle 1

Ausbauregime, SOLL & IST

Verrohrung	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
Schutzrohr	-1,0 – 0,5	-0,85 – ?
PVC-Vollrohr	-0,75 – 19,25	-0,76 – 19,25?
PVC-Filterrohr	19,25 – 19,75	19,25? – 19,75?

2.1.2 Relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen

Die relative Dichtigkeit der Rohrverbindungen wird qualitativ anhand der PVC-FEL-Messung bewertet. Die gesamte Messstrecke beträgt etwa 11 m. Es können keine signifikanten Peaks festgestellt werden, die Stromflüsse darstellen und somit auf potenzielle Leckagen und Undichtigkeiten an den Rohrverbindungen hinweisen würden. Somit können die Rohrverbindungen als hydraulisch dicht bewertet werden.

2.2 Ringraumverfüllung

Die zur Beurteilung der Ringraumverfüllung durchgeführten Messungen der Parameter Dichte (GG.D), Gesamtporosität (NN) und natürliche Radioaktivität in segmentierter Messanordnung (SGL) weisen eine Ton-Zement-Suspension von 0,7 – 17,6 m und eine Tonsperre von 17,6 – 18,9 m im Ringraum nach. Die Ton-Zement-Suspension lässt sich anhand einer erhöhten natürlichen Radioaktivität und Gesamtporosität sowie einer verminderten Dichte ableiten. Die Tonsperre kennzeichnet sich durch eine weitere Erhöhung der natürlichen Radioaktivität bzw. Gesamtporosität und Verminderung der Dichte. Auch aus den Messkurven SSD und LSD wird ein deutlicher Unterschied zur Ton-Zement-Suspension ersichtlich.

Die radiometrischen Messungen können vom anstehenden Gebirge beeinflusst sein. Dies zeigt sich z.B. im Verlauf des SGL-Mittelwerts, der dem des Gamma-Rays im offenen Gebirge (GR-AB) sehr ähnlich ist. Die 360°-rotationssymmetrische Falschfarben-Darstellung der natürlichen Radioaktivität deutet bei der Ton-Zement-Suspension und der Tonsperre auf eine radialsymmetrische Verteilung und homogene Lagerung im Ringraum hin. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

Rollige Schüttgüter als Ringraumverfüllung sind durch ein Abfallen der natürlichen Radioaktivität bei gleichzeitig maximalen Dichteverhältnissen und einer verminderten Gesamtporosität gekennzeichnet. Rolliges Material ist im Teufenabschnitt von 18,9 – 19,5 m zu finden.

Eine Unterscheidung unterschiedlicher, rolliger Verfüllmaterialien und/oder des Korngrößenspektrums kann aufgrund der nahezu identischen petrophysikalischen Eigenschaften nicht immer vorgenommen werden. Diese werden zusammengefasst als rolliges Schüttgut dargestellt. Es sind keine Hinweise auf Brückenbildungen oder defizitäre Abschnitte in der Filterkiesschüttung aus den radiometrischen Untersuchungen abzuleiten. Der Quellton von 20,0 – 21,0 m unterhalb der Verrohrung kann messtechnisch nicht erfasst werden.

Tabelle 2

Ringraumverfüllung, SOLL & IST

Verfüllmaterial	SOLL lt. Bohr- und Brunnendokumentation	IST lt. Geophysik
	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]	Nullpunkt = Geländeoberkante Teufe [m]
unbekannte Verfüllung	--	0,0 – 0,7
Beton	0,0 – 0,5	--
Brunnendämmer / Ton-Zement-Suspension	0,5 – 17,0	0,7 – 17,6
Quellton / Tonsperre	17,0 – 19,0	17,6 – 18,9
Filtersand (0,4 – 0,8 mm) / rolliges Schüttgut	19,0 – 20,0	18,9 – 19,5
Quellton	20,0 – 21,0	nicht nachweisbar

3 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zur Neubauabnahme in der Messstelle FLS 20, Verfüllung Mühlenberg, Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante zusammenfassend dargestellt und erläutert.

Die Filterstrecke konnte aufgrund ihrer geringen Länge nicht nachgewiesen werden.

Die Rohrverbindungen zeigen keine Stromflüsse, welche auf potenzielle Undichtigkeiten hinweisen würden. Die Rohrverbindungen können als hydraulisch dicht bewertet werden.

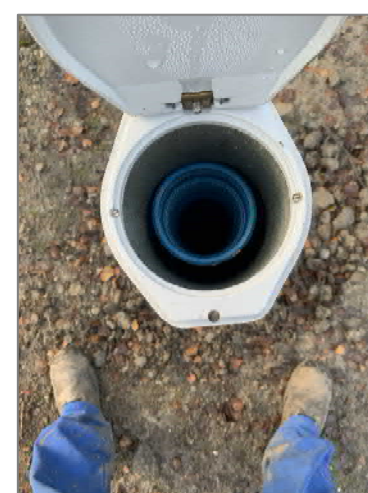
Die Untersuchung der Ringraumverfüllung weist eine Ton-Zement-Suspension im Teufensegment von 0,7 – 17,6 m und eine Tonsperre von 17,6 – 18,9 m nach. Die hydraulische Abdichtung ist nahezu projektgerecht eingebracht worden.

tegeo

Tegtmeyer Geophysik GmbH

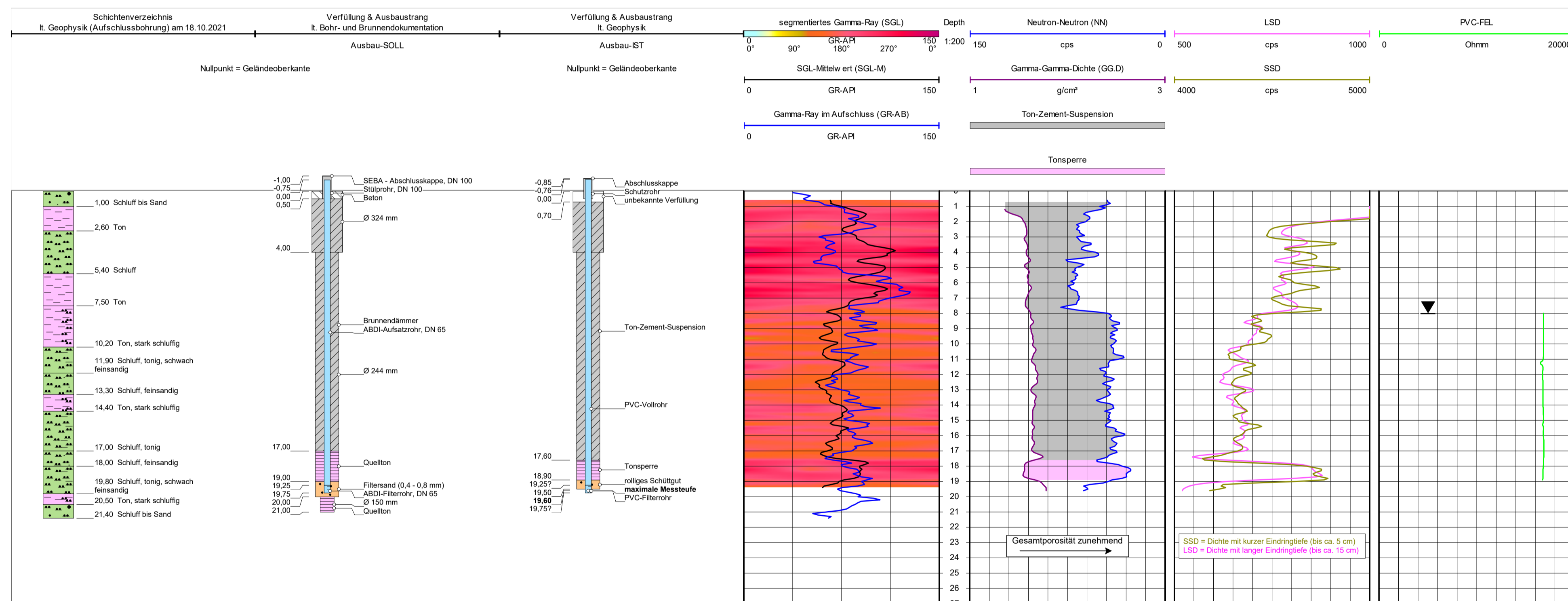
Celle, den 11.02.2022

M.Sc. Geow. Laura Barth



Geophysikalische Neubauabnahme in der Messstelle FLS 20 Verfüllung Mühlenberg • Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG

Allgemeine Daten					
Bohrunternehmen		Johannes Bonhoff GmbH (ARGE SAD Hünxe)		Bohrmeister M. Tünte	
Bohrgerät		ROTOMAX XL GT		Bohrverfahren	
Nullpotential "N":		(Abst. _____ m)			
Gerätedaten			Messdaten		
Messung: SGL	Sonde Nr.: 0459001	ø 40 mm	Empfindlichkeit: 150 GR-API / 4 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: NN	Sonde Nr.: 81-05	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 150 cps / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: GG.D	Sonde Nr.: 86-72	ø 43 mm	Empfindlichkeit: 2 g/cm³ / 10 SKT	Fahrgeschw.: 4 m/min	Zeit:
Messung: PVC-FEL	Sonde Nr.: 0724002	ø 42 mm	Empfindlichkeit: 20000 Ohmm / 10 SKT	Fahrgeschw.: 6 m/min	Zeit:
Quellendaten					
Messung: NN	Detektor: He3	Quellen-Nr.: NK 2802	Quellen-Typ: Am241	Quellen-Stärke: 111 GBq	Sondenposition: angedrückt
Messung: GG.D	Detektor: NaJ	Quellen-Nr.: RC 23	Quellen-Typ: Cs137	Quellen-Stärke: 3,7 GBq	Sondenposition: frei hängend
Interpretationen und Beurteilungen der von uns durchgeführten Messungen werden von unserem Personal nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt, ohne jedoch für die Genauigkeit bzw. Richtigkeit zu garantieren. Ebenso lehnen wir jegliche Haftung oder Verantwortung für irgendwelche Verluste, Kosten oder Schäden ab, die unserem Auftraggeber dadurch entstehen können. Evtl. Angaben zur Geländehöhe/Koordinaten wurden aus digitalen Karten ausgelesen und sind als Richtwerte zu verstehen.					
Bemerkungen:					





TEGMEYER GEOPHYSIK GMBH
 Bruchkampweg 28A · 29227 Celle
 Telefon: 0 51 41 / 8 30 61 · Telefax: 0 51 41 / 88 26 30
 www.tege.de · info@tege.de

Auftraggeber: ARGE SAD Hünxe		Auftr.Nr.: B-21045			
Bauherr: Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG					
Brunnen: FLS 20					
Gemarkung/Ort: Verfüllung Mühlenberg		An- u. Abfahrt km: 600			
Land: Nordrhein-Westfalen		Kreis: Wesel			
Topogr. Karte: 4307 Dorsten	Andere Messungen:				
Rechtswert: 25 58 540	Teufenskala: 1:200				
Hochwert: 57 25 505	Höhe ü. NN ca. 47 m				
Teufenbezugspunkt: Geländeoberkante					
Messbezugspunkt: OK Abschlusskappe		0,85 m über Teufenbezugspunkt			
Bohrbezugspunkt: Geländeoberkante		m über Teufenbezugspunkt			
Datum	Uhrzeit	Messende	Wartezeit		
09.12.2021	10:30	12:00			
Rohrschuh: _____ m		Endteufe: 19,75? m			
Messung	SGL	NN	GG.D		
Tiefst. Messp.	19,5 m	19,5 m	19,5 m		
Höchst. Messp.	0,5 m	0,5 m	1,0 m		
Ausführender: H. Scharfenberg		Messwagen: CE-TG 437	Geologische Bearbeitung: Dipl.-Geol. G. Schroeter		
CONSULAQUA GmbH					
Bohrlochdaten			Verrohrungsdaten		
ø	von m	bis m	ø	Ausbau	von m bis m
324 mm	0,0	4,0	DN 100	Schutzrohr	-0,85 ?
244 mm	4,0	20,0	DN 65	PVC-Vollrohr	-0,76 19,25?
150 mm	20,0	21,0	DN 65	PVC-Filterrohr	19,25? 19,75?

Bohrungen und Filterbau
Johannes Bonhoff GmbH
 Freiheit 14, 46348 Raesfeld
 Tel.: 02865 / 7531

AG: Arge Vormann/Bonhoff
 Auftr.: _____
 lfd. Nr.: _____

Klarpumpen

MST-Name: **FLS 20**

Wasserspiegel 8,85 m unter OK. Ausbaurohr (= GOK. + 80cm)

Datum	Dauer	Pumprate [m³/h]	Absenkung	Bemerkung
03.11.21	10:45:00 0,5	0	8,85	WSP. Bohrung mit Klarwasser gespült (1m³)
	Ausblasen mit Kompressor 4-7m³/h Klarspülen aufgrund des minimalen Wasserzulaufes nicht möglich Mit Wasser aufgefüllt			senkt bis unten ab 3 mal
	Ausblasen und Wiederanstiegsmessung 0		20,30	Wasserspiegel nach Ausblasen
	1 min		20,12	
	2 min		20,00	
	3 min		19,90	
	4 min		19,79	
	5 min		19,68	
	6 min		19,57	
	7 min		19,47	
	8 min		19,37	
	9 min		19,28	
	10 min		19,18	
	11 min		18,09	
	12 min		18,99	
	13 min		18,89	
	14 min		18,79	
	15 min		18,70	
	16 min		18,60	
	17 min		18,51	
	18 min		18,42	
	19 min		18,33	
	20 min		18,24	
	21 min		18,15	
	22 min		18,07	
	23 min		17,99	
	24 min		17,90	
	25 min		17,81	
	26 min		17,73	
	27 min		17,65	
	nochmals klargespült mit Zugabe von Frischwasser			

Anmerkung: Abstiegsmessung vom 03.11. bis 05.11.2021 mittels Datenlogger
 siehe beigefügte Grafik

Datum: 05.11.21

Anlage A11.9

Dokumentation 1:
Begehungen Randgraben
(71 Seiten)

Aktenvermerk

Betreff: Begehung des Mühlenbergs bei Frost, Fragestellung: Sickerwasseraustritte
Begehung 13.02.2021; Begehungszeit :12:22 h bis 13:58 h

Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)

Erstellt durch: Herr Lieser

1 ANLASS

Anlässlich der Vermutung des Gutachters des Ministeriums, Herr Dr. Kerth, dass Sickerwasser aus der Verfüllung Mühlenberg in den Randgraben austritt, wurde vereinbart, den Mühlenberg während Frostperioden zu begehen und ggf. mit Wärmebildkameras zu untersuchen.

Eine erste Begehung und Befliegung fand am 15.01.2021 statt (s. Aktenvermerk zur Begehung am 15.01.2021).

Die 2. Begehung fand am 13.02.2021 nach einer 5-tägigen Frostperiode mit Außentemperaturen von $< -3\text{ °C}$ bis -12 °C statt. Zur Zeit der Begehung wurden $-3,5\text{ °C}$ Lufttemperatur gemessen.

Eine detaillierte Begehung mit Wärmebildkamera erfolgte in der Nacht vom 13.02.2021 durch die Verbraucherzentrale und Herrn Eckarth (Fa. Nottenkämper). Die Auswertung der Ergebnisse liegen bis zum jetzigen Datum nur als mündl. Mitteilung vor. Es wurden keine Wärmeanomalien festgestellt.

2 ERGEBNIS DER BEGEHUNG

Der gesamte Mühlenberg war mit einer geringen Schneedecke bedeckt. Im Hangbereich konnten keine geschmolzenen Stellen des Schnees oder Wasseraustritte beobachtet werden (s. Anl. 1: Foto 1 bis 4).

Der Randgraben des Mühlenberg war bereichsweise zugefroren. An einigen Stellen konnte Wasserfluss beobachtet werden (s. Anl. 1: Fotos 5 bis 8 sowie Anl. 2).

3 BEWERTUNG

Im Nordwesten, im Süden und an einer Stelle im Osten tritt Wasser aus Richtung Mühlenberg in den Randgraben. Das deutet darauf hin, dass der Frost nur in eine begrenzte Tiefe in den Boden eingedrungen ist und das (wärmere Bodenwasser) ein komplettes Zufrieren des Randgrabens verhindert hat. Die Herkunft des Wassers (ob es aus der Rekultivierungsschicht oder aus der Verfüllung stammt) ist unklar.

Ob Sickerwasser aus dem Mühlenberg zufließt, kann u. E. nur durch die Aufnahme von Leitfähigkeitsprofilen, anhand von Wasseranalysen entlang des Landgrabens und nach einer Bewertung der Dichtigkeit des Tonkeils geklärt werden.

gez. U. Lieser (ö.b.u.v.S.)

Anlagen:

Anl. 1: Fotos Begehungen

Anl. 2: Verortung der Fotos und festgestellte Fließbewegungen im Randgraben



Foto 1: NW-Flanke des Mühlenbergs



Foto 2: Südflanke des Mühlenbergs



Foto 3: Ostflanke des Mühlenbergs



Foto 4: Nordflanke des Mühlenbergs



Foto 5: Wasserfluss ca. 0,1 l/s im Randgrabens im NW des Mühlenbergs



Foto 6: Wasserfluss ca. 0,05 l/s im Randgraben westlich des Mühlenbergs



Foto 7: Randgraben zugefroren (im Westen des Mühlenbergs)



Foto 8: Offene Stellen (im Süden des Mühlenbergs) mit sehr geringem Abfluss nach Westen



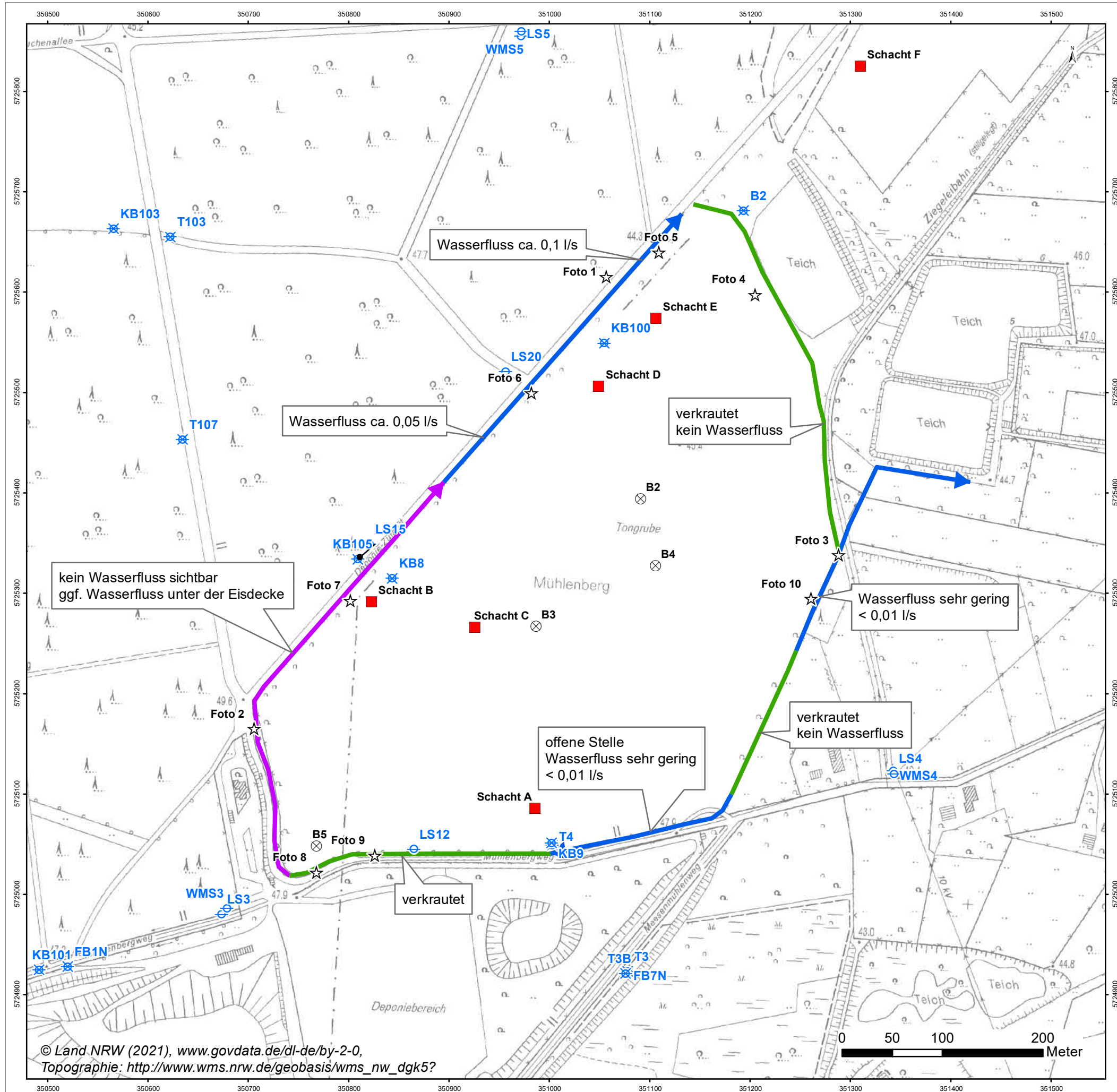
Foto 9: Sehr geringer Wasserfluss nach Westen < 0,01 l/s



Foto 10: Sehr geringer Wasserfluss < 0,01 l/s nach NE



Foto 11: Verkrautung, kein Randgraben/kein Abfluss im Norden und Nordosten



- ☆ Fotostandort, Begehung 13.02.2021
- ⊗ Sickerwassermessstelle
- Sickerwasserschacht
- ⊗ Grundwassermessstelle, rückgebaut
- ⊕ Grundwassermessstelle

- Zustand der Gewässer mit Fließrichtung**
- ➔ Wasserfluss
 - ➔ vereist
 - ➔ verkrautet

NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Lageplan Begehung 13.02.2021

Anlage 2

entworfen : LS	Datum: März 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:4.000	Projektzeichen: NOTT5
----------------	------------------	-------------	------------------	-----------------------

Wasser
Boden
Geomatik

© Land NRW (2021), www.govdata.de/dl-de/by-2-0,
 Topographie: http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dgk5?

Aktenvermerk

Betreff: Befliegung des Mühlenbergs mit einer Drohne mit Wärmebildkamera sowie Begehung der Verfüllung „Mühlenberg“ und des Randgrabens am 15.01.2021

Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)

Erstellt durch: T. Feseker

Anwesend: T. Feseker, Herr Eckerth (Fa. Nottenkämper)

1 ANLASS

Anlässlich der Vermutung des Gutachters des Ministeriums, Herr Dr. Kerth, dass Sickerwasser aus der Verfüllung Mühlenberg in den Randgraben austreten könnte, wurde vereinbart, den Mühlenberg während Frostperioden zu begehen und ggf. mit Wärmebildkameras zu untersuchen.

Eine erste thermografische Untersuchung des Mühlenbergs mit einer Drohne mit Wärmebildkamera wurde am 15.01.2021 ab dem späten Vormittag durchgeführt. Parallel dazu wurde der Randgraben gemeinsam durch Herrn Eckerth (Fa. Nottenkämper) und Herrn Feseker (ahu GmbH) begangen. Anschließend wurde noch der Mühlenberg durch Herrn Feseker allein begangen.

2 ERGEBNIS DER BEFLIEGUNG

Die Lufttemperatur lag an diesem Tag knapp unter dem Gefrierpunkt. Abbildung 1 zeigt ein Foto vom Start- und Landeplatz der Drohne vor dem Verwaltungsgebäude der Fa. Nottenkämper. Eine Karte der mit der Wärmebildkamera registrierten Oberflächentemperaturen ist diesem Vermerk als Anlage 1 beigefügt.

Die Karte zeigt für den Mühlenberg und Umgebung relative Oberflächentemperaturen zwischen $-10,25\text{ °C}$ und $27,82\text{ °C}$ an, wobei die höchsten Temperaturen im Bereich der Eichenallee und die niedrigsten Temperaturen auf dem Plateau des Mühlenbergs gemessen wurden.

Diese Werte ließen sich nicht durch Beobachtungen bestätigen und sind vermutlich stark fehlerbehaftet. Die Vermutung liegt nahe, dass das eingesetzte Verfahren aufgrund der eingeschränkten Auflösung der Wärmebildkamera für eine Untersuchung der Deponie so nicht geeignet ist. Gut zu erkennen sind jedoch Objekte, die thermisch wirken, wie z. B. die Sickerwasserleitung zwischen Schacht C und den Feldrandcontainern.



Abbildung 1: Drohnenbefliegung des Mühlenbergs mit einer Wärmebildkamera

3 ERGEBNIS DER BEGEHUNG

Die als Anlage 3 beigefügte Karte zeigt die Route der Begehung sowie die Positionen, an denen Fotos aufgenommen wurden. In Anlage 2 sind ausgewählte Fotos abgelegt.

Der Randgraben war durchgehend eisfrei. Das Wasser strömte mit langsamer Geschwindigkeit durch den Graben.

An vielen Stellen waren farbig schillernde Häutchen an der Oberfläche zu sehen (s. Anl. 2), die bei Berührung stückig zerbrachen. Vermutlich handelt es sich um Eisenausfällungen. Die daraus resultierende Schicht – auf den ersten Blick leicht mit Öl- oder Biofilmen zu verwechseln – wird Schwimmeisen genannt und bildet sich, wenn sich Eisen(II)-oxid aus dem Wasser absetzt und an der Wasser-Luft-Grenzfläche zu Eisen(III)-oxid oxidiert.

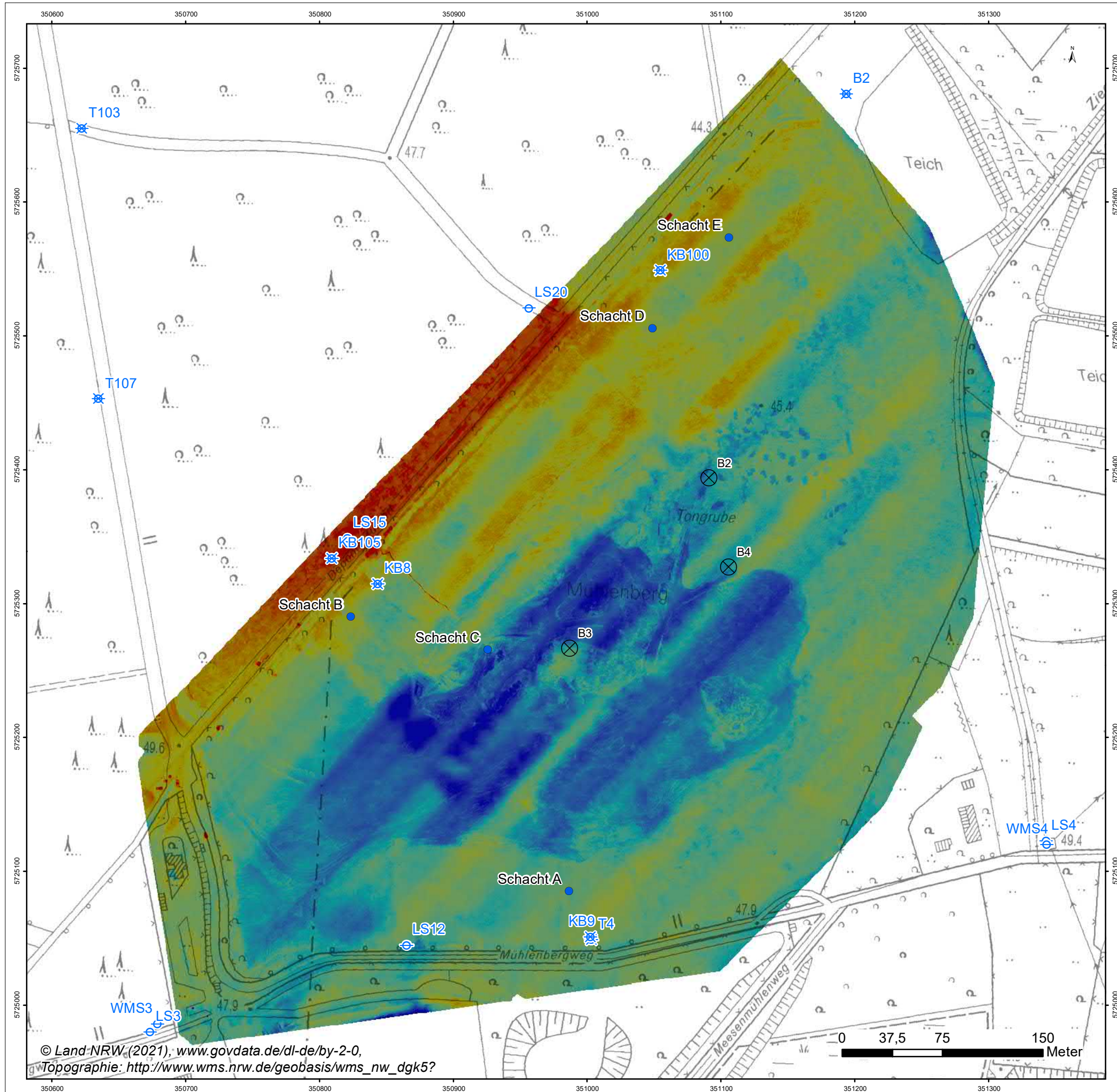
Auf dem Plateau waren große, überfrorene Pfützen zu sehen.

Aachen, 30.03.2021

gez.
i.A. Dr. Tomas Feseker

Anlagen:

- Anl. 1: Karte der Oberflächentemperaturen
- Anl. 2: Ausgewählte Fotos (Lage siehe Anl. 3)
- Anl. 3: Karte der Begehung mit Position der Fotos



Legende

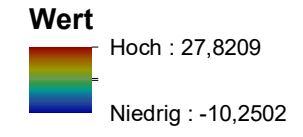
bestehende Untersuchungspunkte

- Sickerwassermessstelle
- Sickerwasserschächte

Grundwassermessstellen

- GWM; alter Bestand, ggfs. Rückbau
- GWM neu

IR_mono_deponie_huenxe_3cm_epsg25832.tif



NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Thermo-Befliegung
Januar 2021

Anlage 1

entworfen : LS	Datum: Feb. 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:3.000	Projektzeichen: NOTT3
gezeichnet : WA				
geprüft :				





Foto 3: Eisenhäutchen



Foto 8: Organik



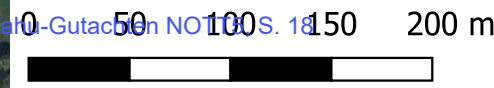
Foto 24: Eisenhäutchen



Foto 30: Organik



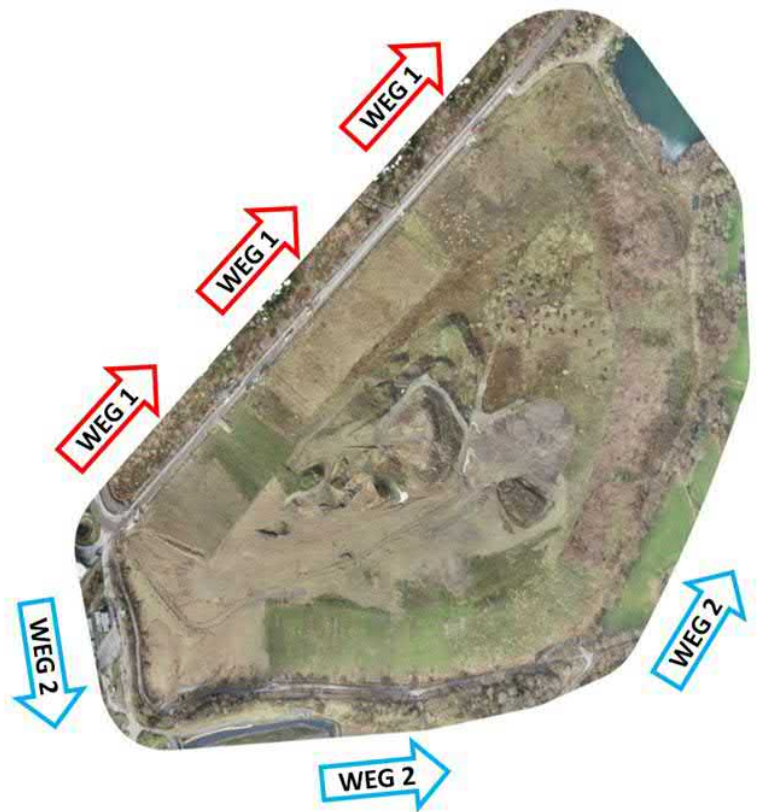
Foto 45: Eisenhäutchen



Thermografie - Bericht

Objekt: Deponie Mühlberg
Auftraggeber: Hermann Nottenkaemper
GmbH & Co. KG
Eichenallee 1
46569 Hünxe

Messdatum: 13.02.2021
Uhrzeit: 22:00 bis 23:20
Temperatur: - 9,5 bis - 8,5 °C
Windgeschwindigkeit: 1 Bft. (0,3 – 1,5 m/s)



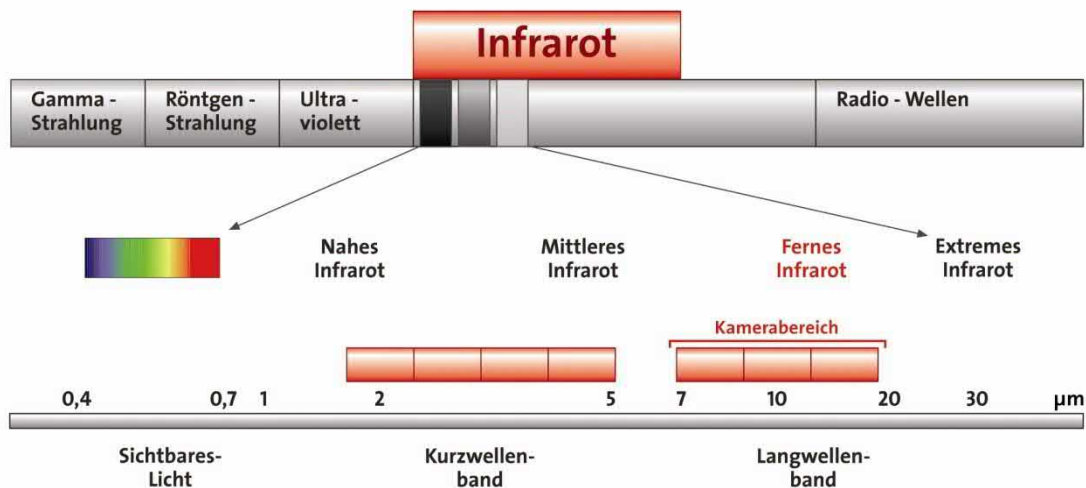
 **DIE-ENERGIEBERATER.DE**
® BERATUNG | PLANUNG | MESSTECHNIK
47169 Duisburg • Schulte-Marxloh-Str. 19
Tel: 0203 298876 30 • Fax: ... 32
info@Die-Energieberater.de

Inhalt

- 1. Einführung Infrarot – Thermografie**
- 2. Übersichtskarte der Deponie**
- 3. Thermografieaufnahmen**
- 4. Beurteilung**

1 Einführung in die Infrarot - Thermografie

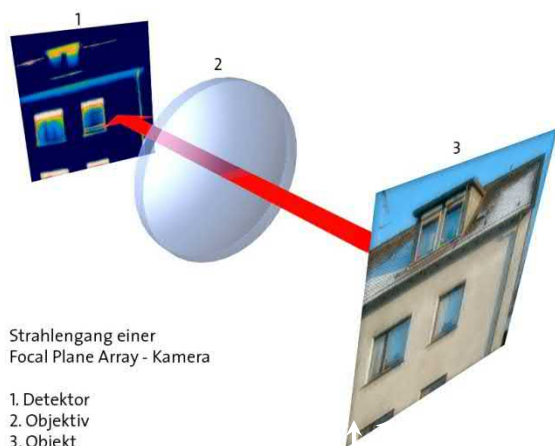
Die Gebäudethermografie ist ein Messverfahren, das die unsichtbare thermische Strahlung in eine sichtbare Abbildung, das Thermogramm, umwandelt. Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) wird von allen Gegenständen abgegeben. Im Vergleich zum sichtbaren Licht, ist die Strahlung jedoch langwelliger und kann nicht mit dem Auge wahrgenommen werden.



Durch spezielle, infrarotsensible Kamerasysteme, lässt sich die Strahlung erfassen. Die Empfindlichkeit und das Auflösungsvermögen geeigneter Systeme ist sehr groß, so dass auch geringe Temperaturunterschiede ($< 0,05 \text{ }^\circ\text{C}$) über größere Entfernungen zuverlässig festgestellt werden können.

Mit Hilfe einer speziellen Infrarotoptik, wird die von dem betrachteten Objekt, bzw. der Umgebung ausgehende Wärmestrahlung abgetastet und in elektrische Signale umgewandelt.

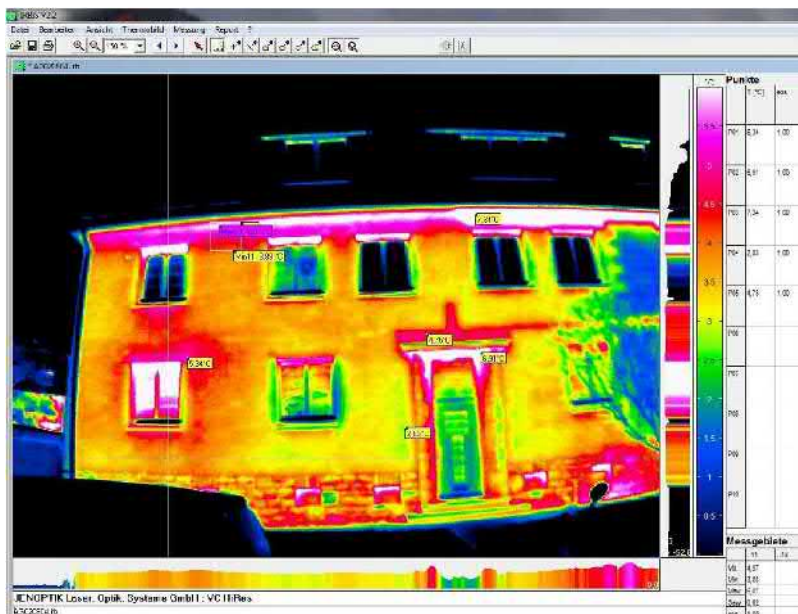
Strahlengang in der Thermografiekamera:



Diese Signale werden in dem in der Kamera integrierten Rechner weiterverarbeitet, zu einem Bild zusammengesetzt und auf einem Flachbildschirm ausgegeben. Den einzelnen Bildpunkten werden dabei, der empfangenen Infrarotstrahlung entsprechend, unterschiedliche Farbtöne (die sog. so genannten Falschfarben) zugeordnet.

Höhere Temperaturen entsprechen dabei roten Farbtönen, niedrigeren Temperaturen werden blaue Farbtöne zugeordnet. Die Farbkodierung orientiert sich damit am menschlichen Temperaturempfinden. Eine Farbskala an der Seite der Thermogramme verdeutlicht die Zuordnung der Farben zu den Oberflächentemperaturen. Die gemessenen Strahlungsintensitäten werden also letztlich wieder zu einem Bild aufgearbeitet.

Das Thermogramm selbst lässt sich auf einem Datenträger abspeichern und dann später am PC auswerten. Im Rahmen einer ausführlichen Auswertung lassen sich dann unter Zuhilfenahme unterschiedlicher Verfahren, z.B. Isothermen (Linien gleicher Temperatur), Temperaturverteilungen etc., sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen ableiten. Ebenso ist es mit Hilfe eines Druckers möglich, die gespeicherten Thermogramme auszudrucken.



Software, zur Auswertung von Thermografiebildern.

Zusammenfassend betrachtet, ermöglicht die Thermografie die berührungslose Erfassung der Oberflächentemperaturverteilung der untersuchten Objekte und gestattet so die Beurteilung wärmetechnischer Eigenschaften. Bei einem energetisch ungünstigen Bauteil, das die Wärme gut leitet, stellt sich eine hohe Oberflächentemperatur auf der Außenseite ein. An Undichtigkeitsstellen entweicht warme Luft aus dem Gebäude und zeichnet sich als „Fahne“ auf der Thermografie ab. Mängel in der Wärmedämmung, wie z.B. Wärmebrücken, Luftundichtigkeiten, aber auch fehlerhafte Baukörperanschlüsse (Decken-, Wand-, Fensteranschlüsse) können so erfasst werden. Weiterhin kann das Transmissionsverhalten verschiedener Heizungssysteme (Radiatoren, Fußboden- und Wandheizung) transparent gemacht und - falls erforderlich - optimiert werden.

Die Thermografie dient in erster Linie dazu, Temperaturunterschiede und damit Schwachstellen am Gebäude aufzudecken. Diese Temperaturunterschiede auf der äußeren Oberfläche deuten auf Bauteile mit unterschiedlicher Wärmeleitung und damit mit unterschiedlich guten Dämmeigenschaften hin. Stark unterschiedliche Oberflächentemperaturen weisen auf Wärmebrücken hin.

Bedingungen für die Thermografie

Um eine aussagefähige Thermografie erstellen zu können, müssen einige Randbedingungen erfüllt sein. Zum Zeitpunkt der Aufnahme sollte das Gebäude gleichmäßig beheizt sein. Zwischen der Außenlufttemperatur und der Innentemperatur des Gebäudes muss eine Differenz von mindestens 10° C (bzw. Kelvin) bestehen. Thermografien werden nur bei Außentemperaturen von weniger als 5° C, sowie bei trockenem Wetter aufgenommen.

Durch Sonneneinstrahlung können Teile der Außenwände aufgeheizt und dadurch das Messergebnis verfälscht werden. Thermografien werden deshalb bei Dunkelheit durchgeführt.

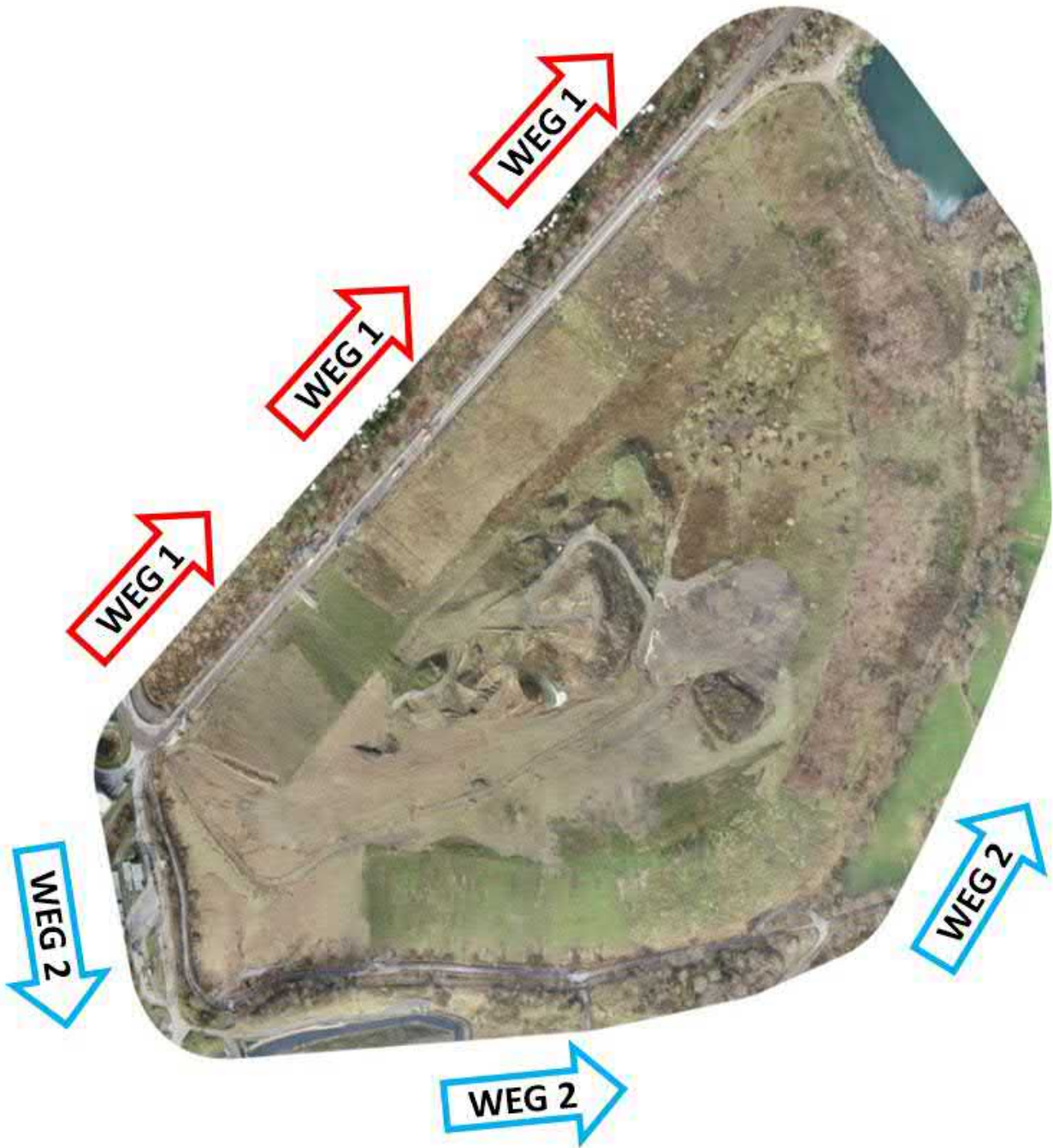
Infrarot-Aufnahmesystem



Die thermografischen Untersuchungen wurden mit der Infrarotkamera der Fa. Jenoptik, Modell VarioCAM durchgeführt.

- Temperaturmessbereich:
-40 bis +1.700 °C,
- Thermische Auflösung < 0,03 °C (Kelvin),
- Anzahl der Messpunkte pro Thermografieaufnahme:
min. 307.200 bis max. 1.228.800 Stck.

2 Übersichtskarte der Deponie



3 Thermografieaufnahmen

Weg 1

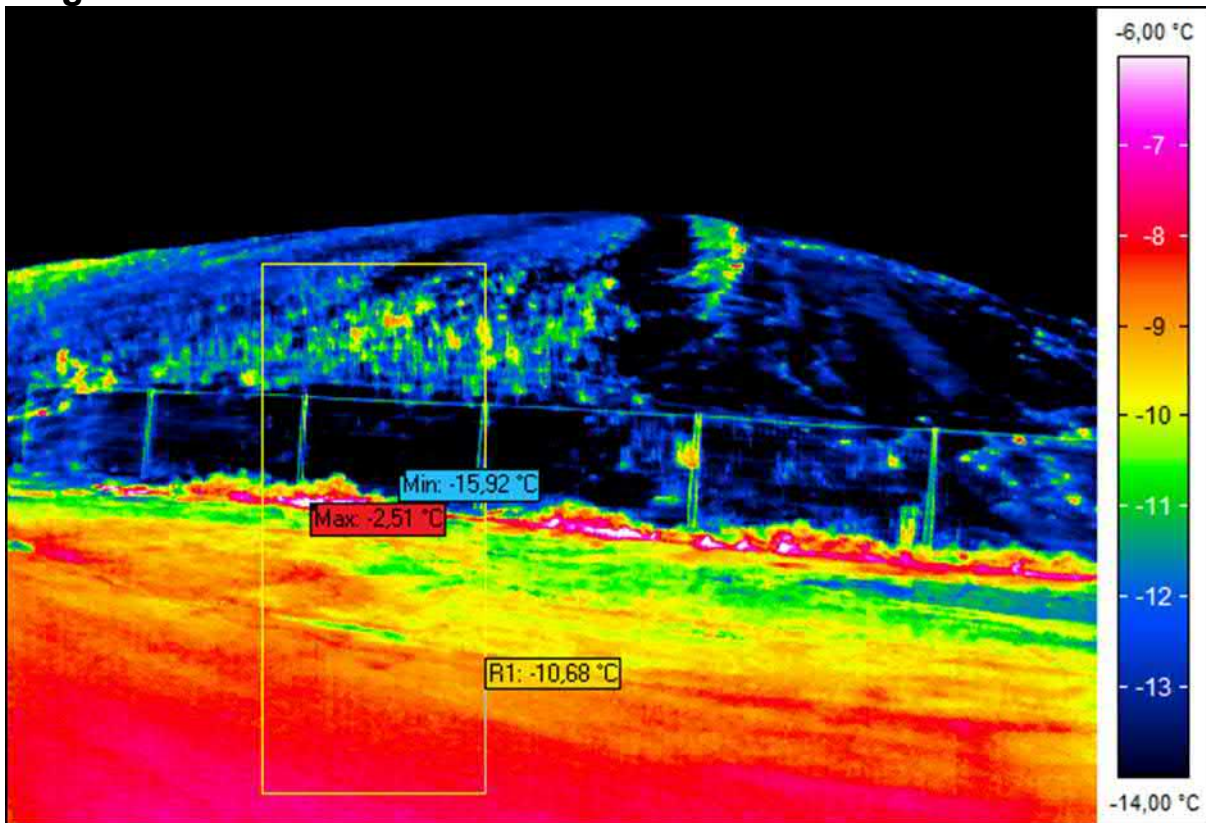


Bild 1

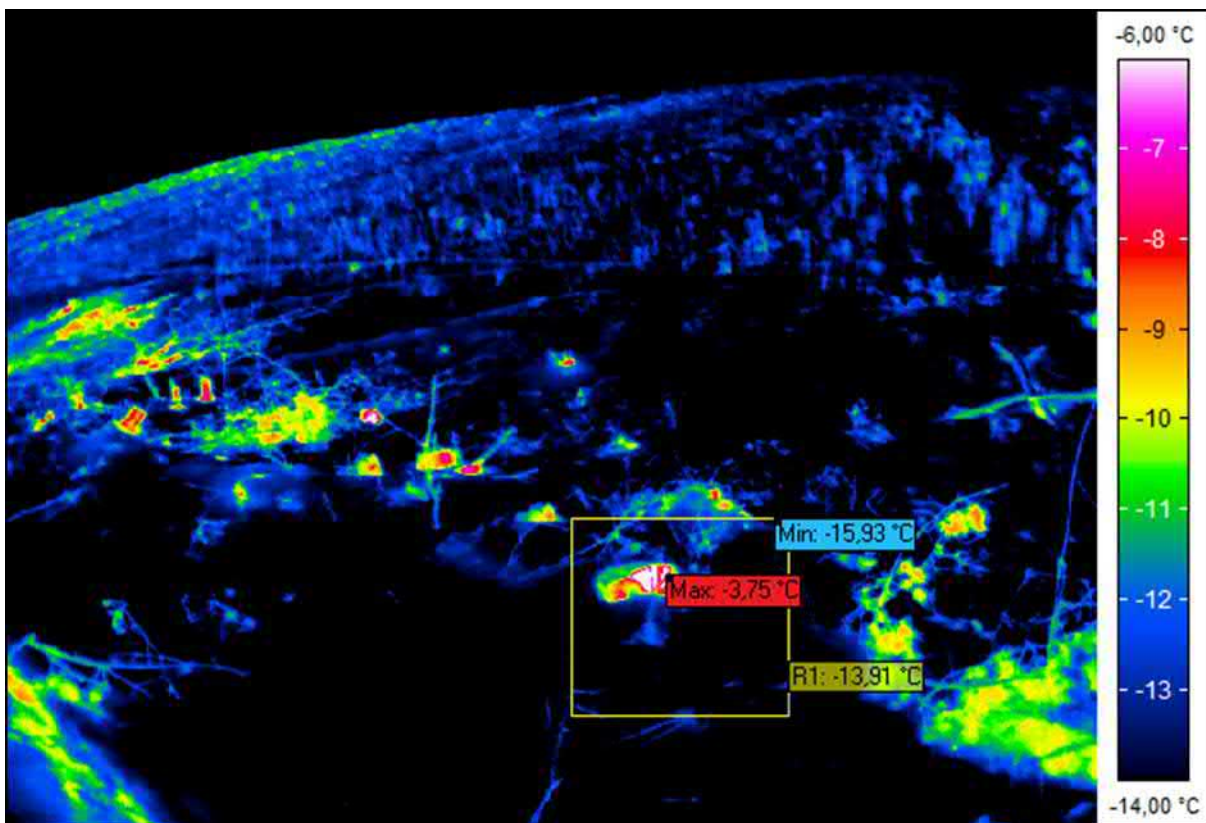


Bild 2

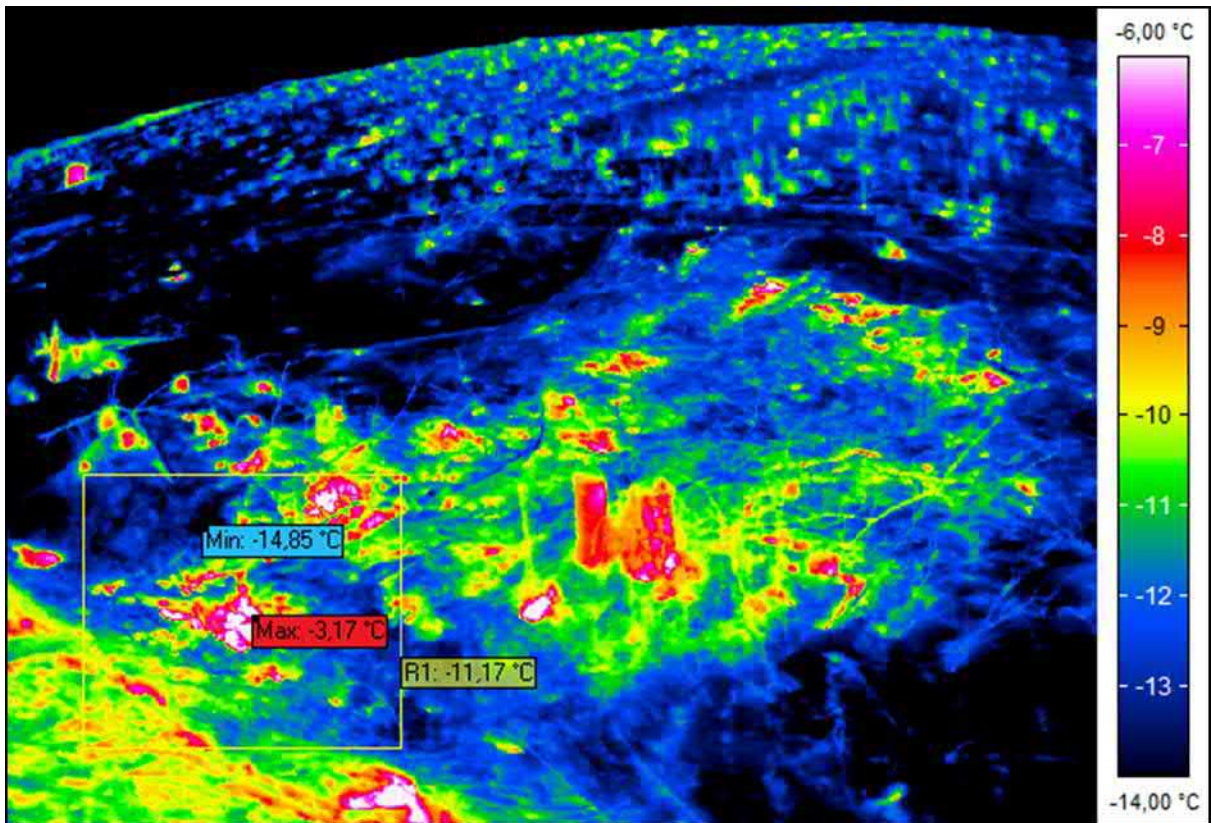


Bild 3

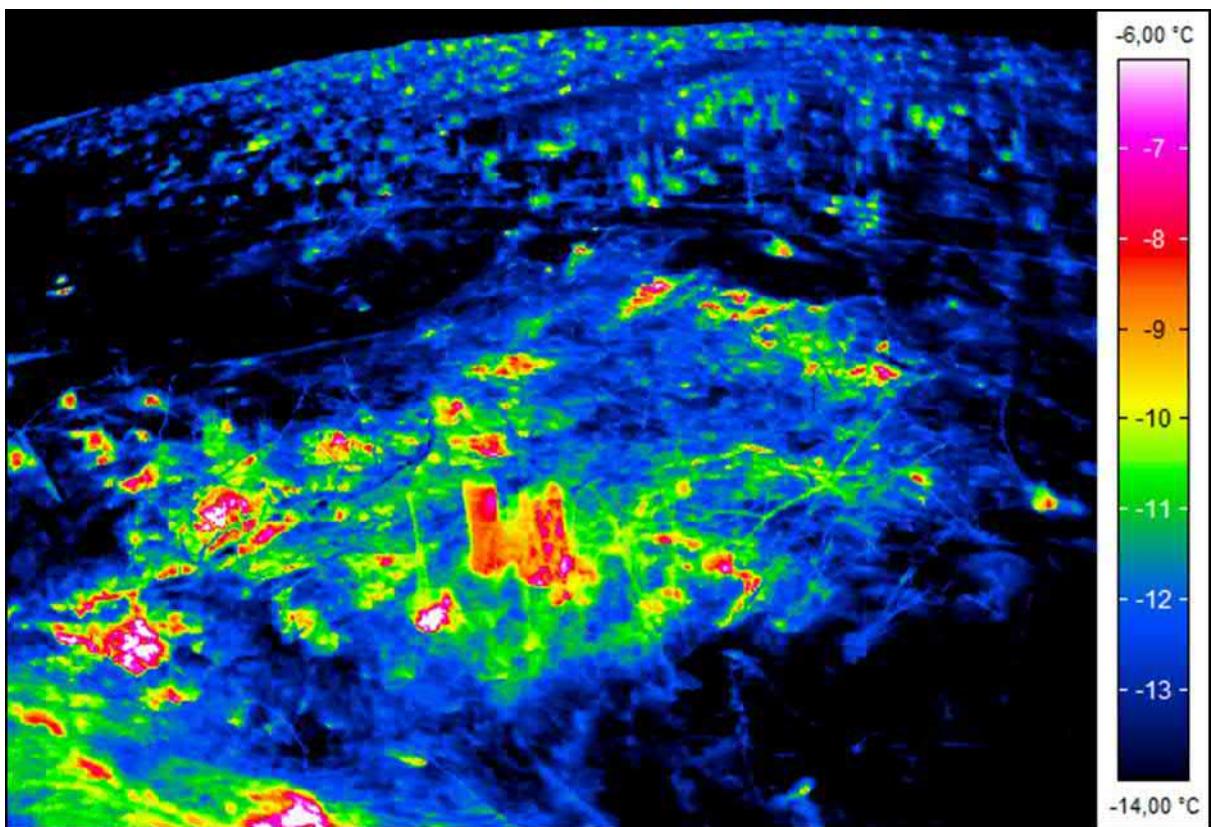


Bild 4

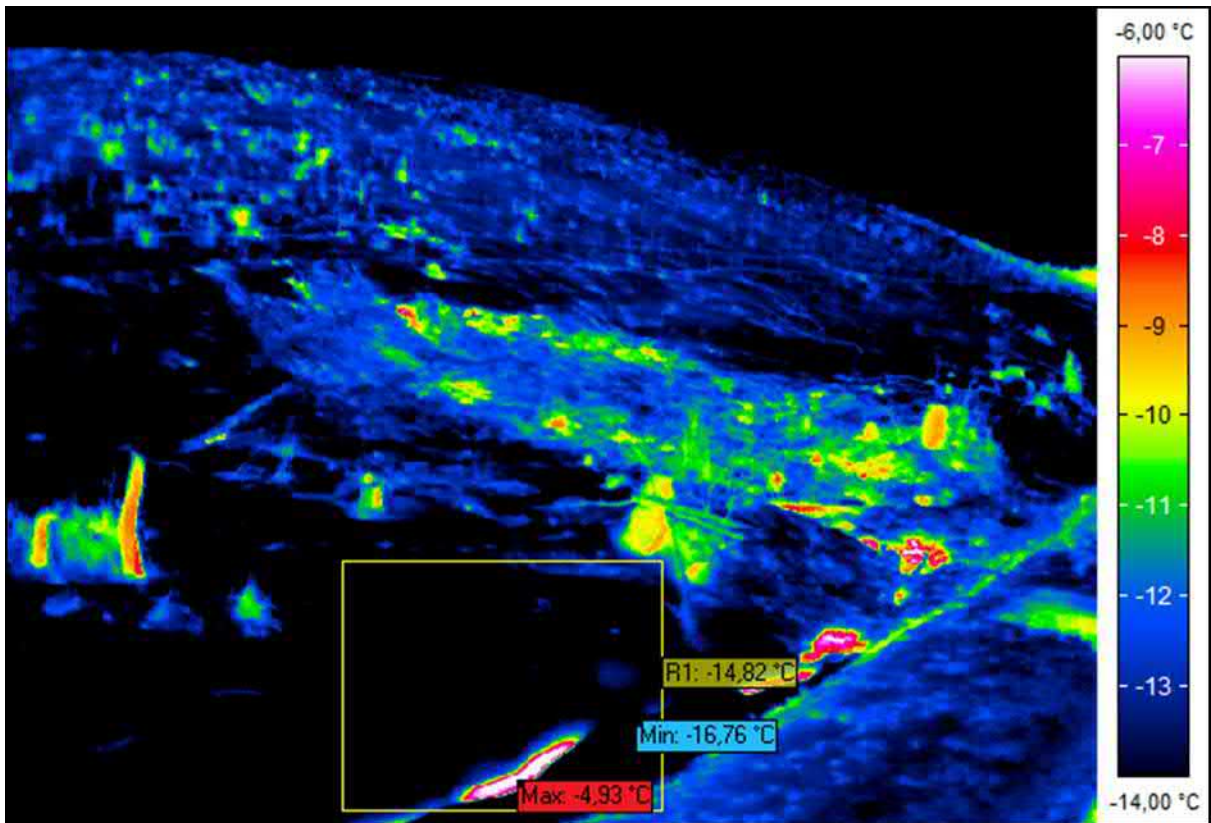


Bild 5

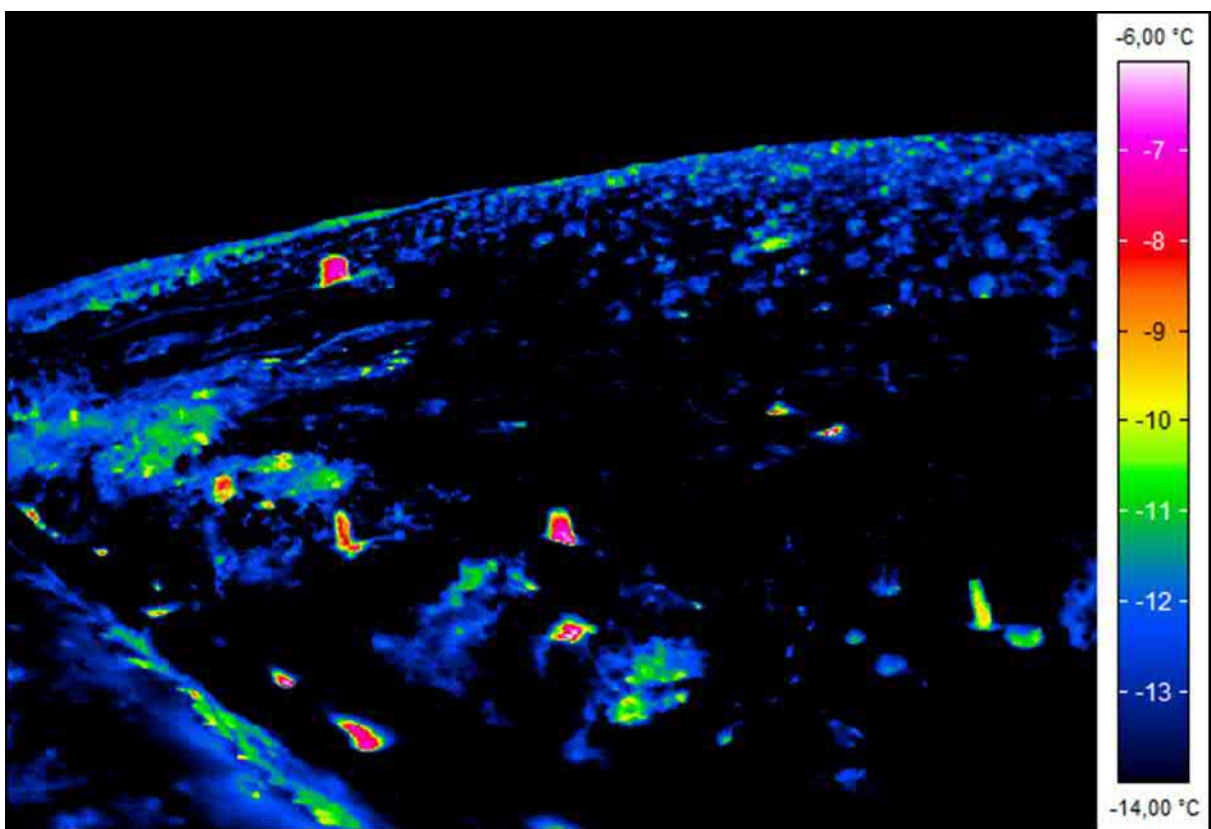


Bild 6

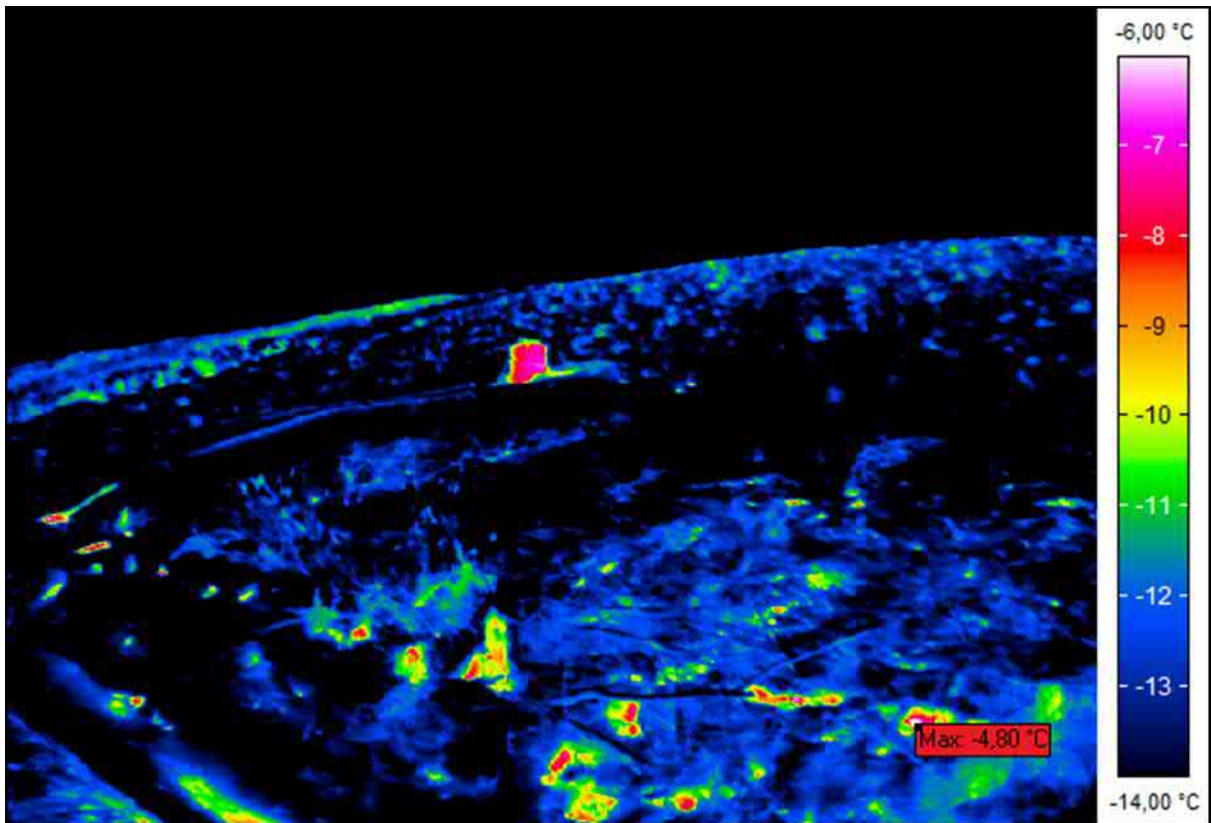


Bild 7

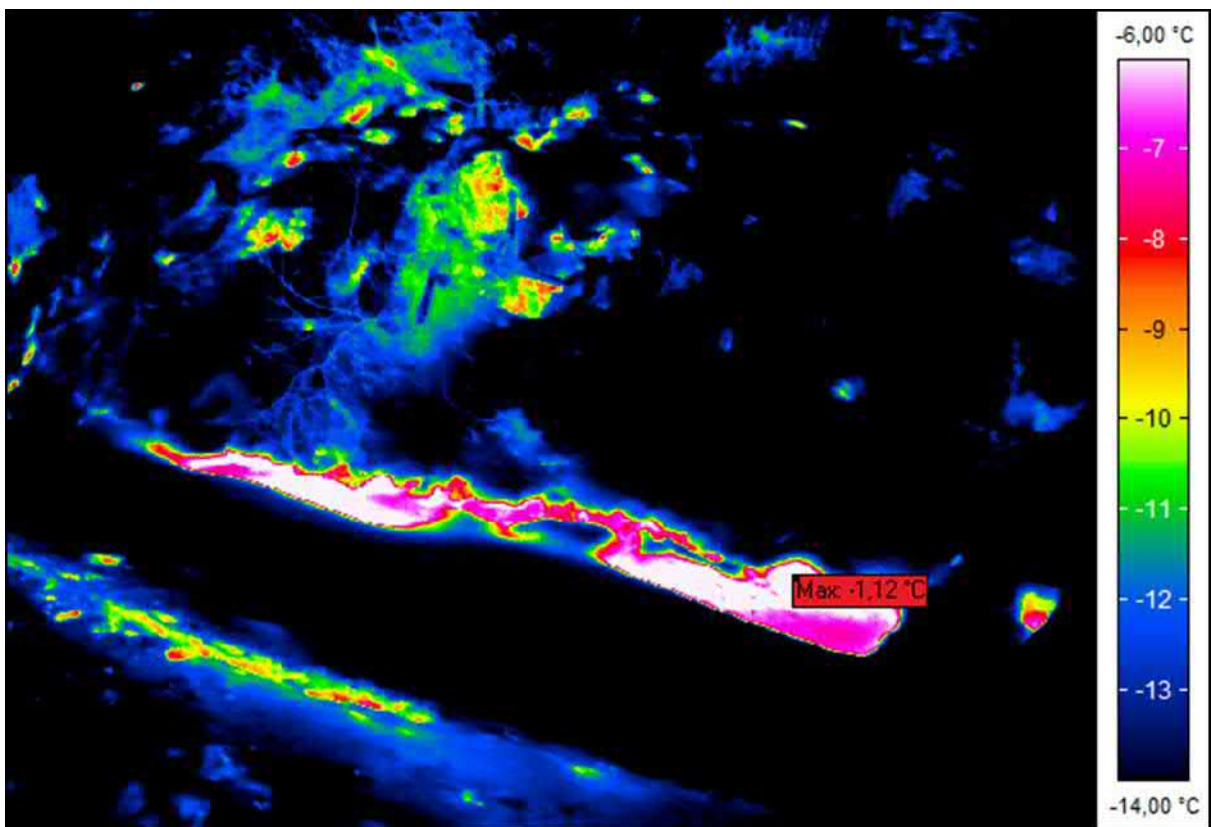


Bild 8

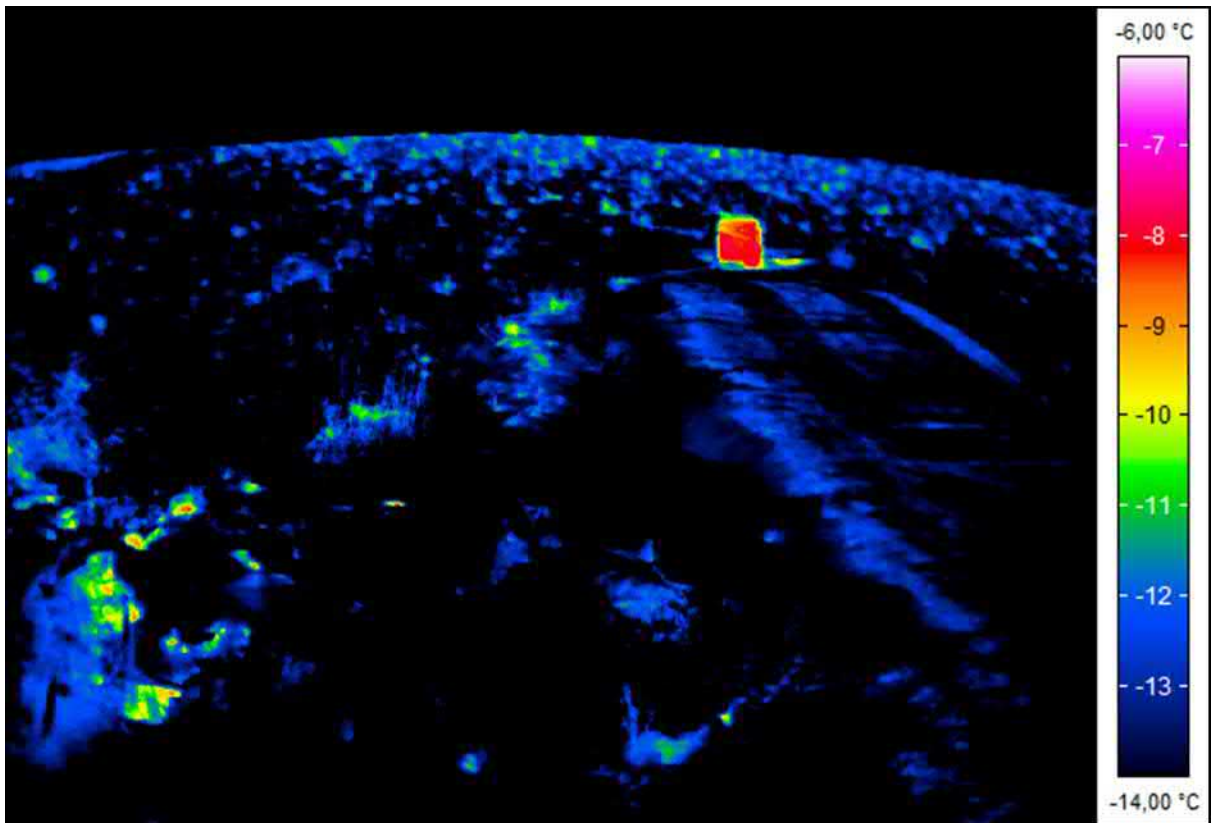


Bild 9

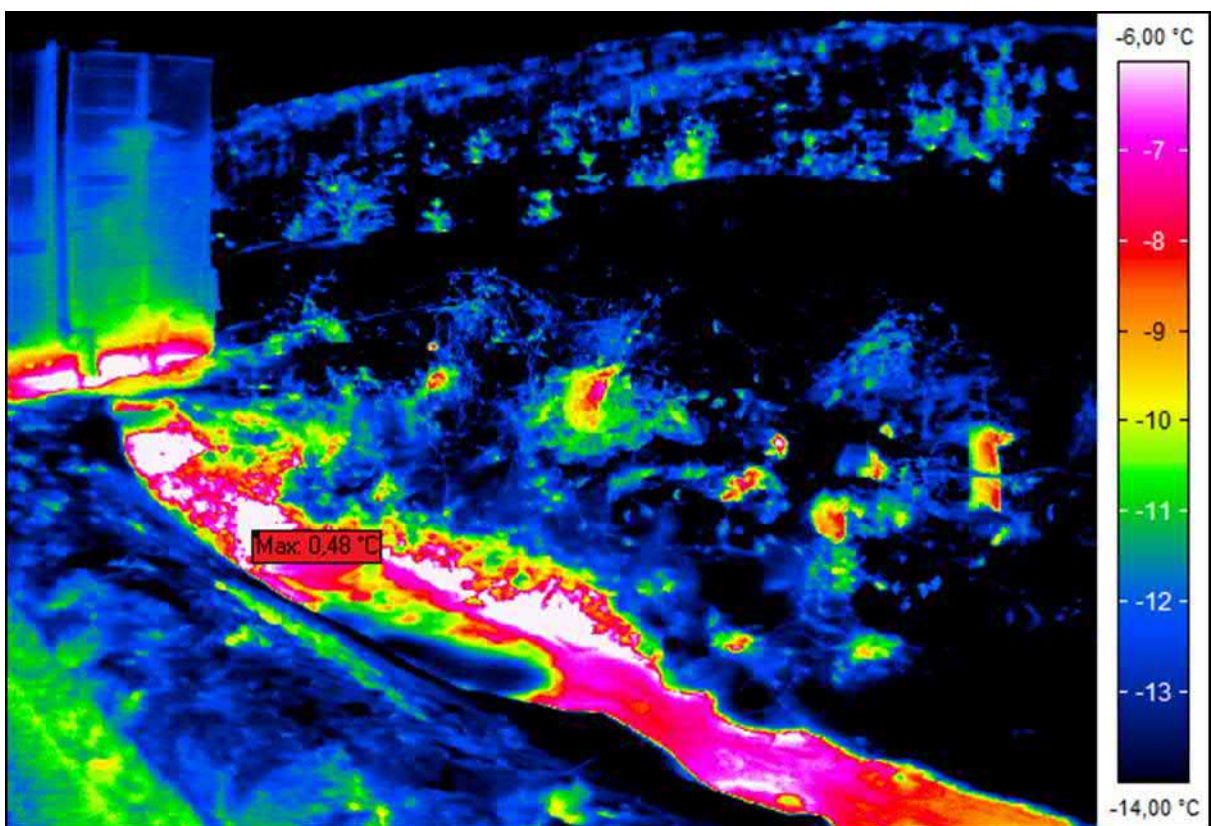


Bild 10

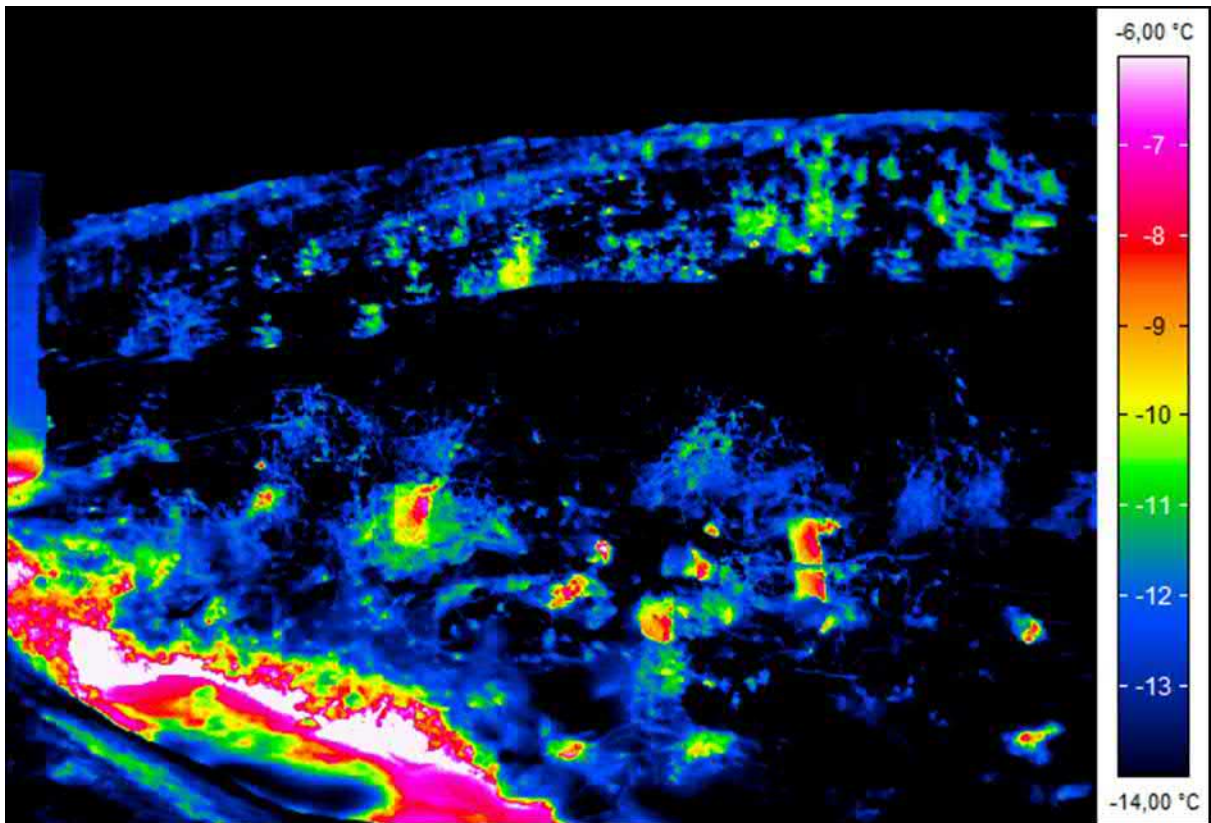


Bild 11

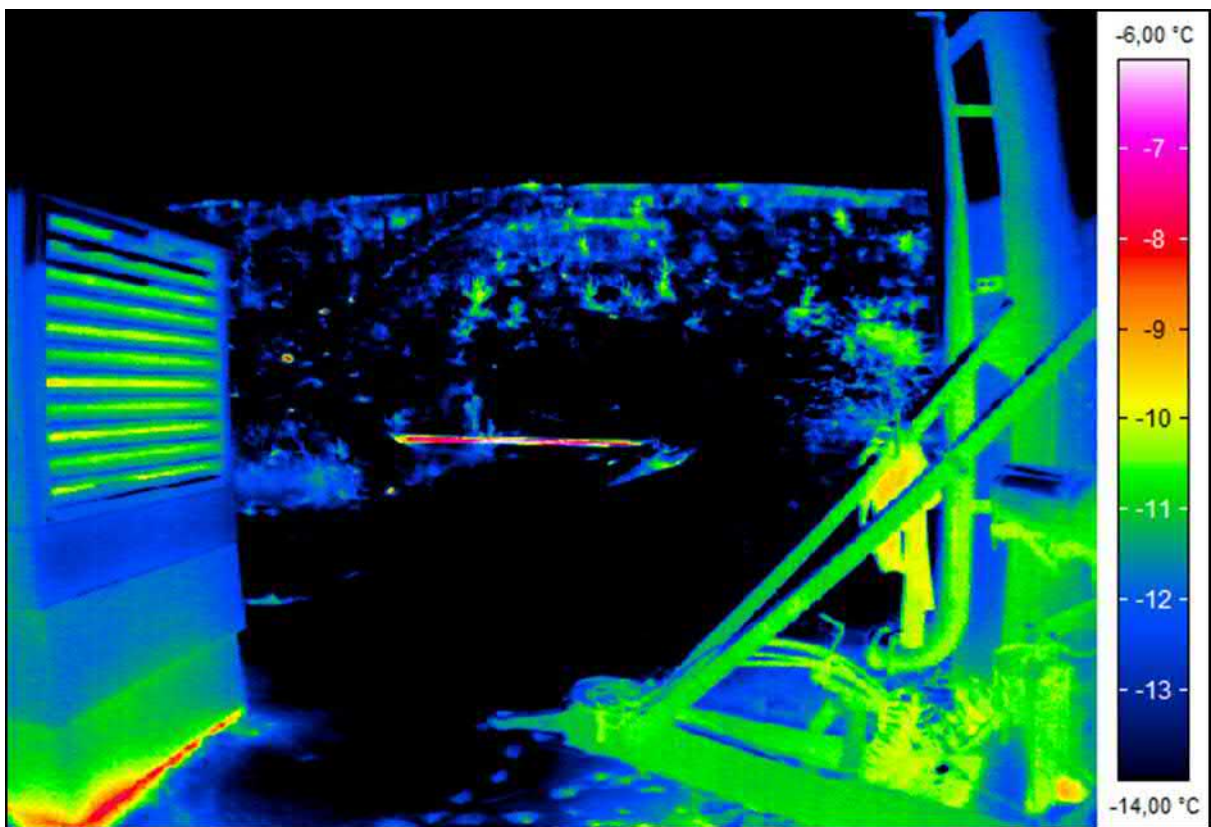


Bild 12

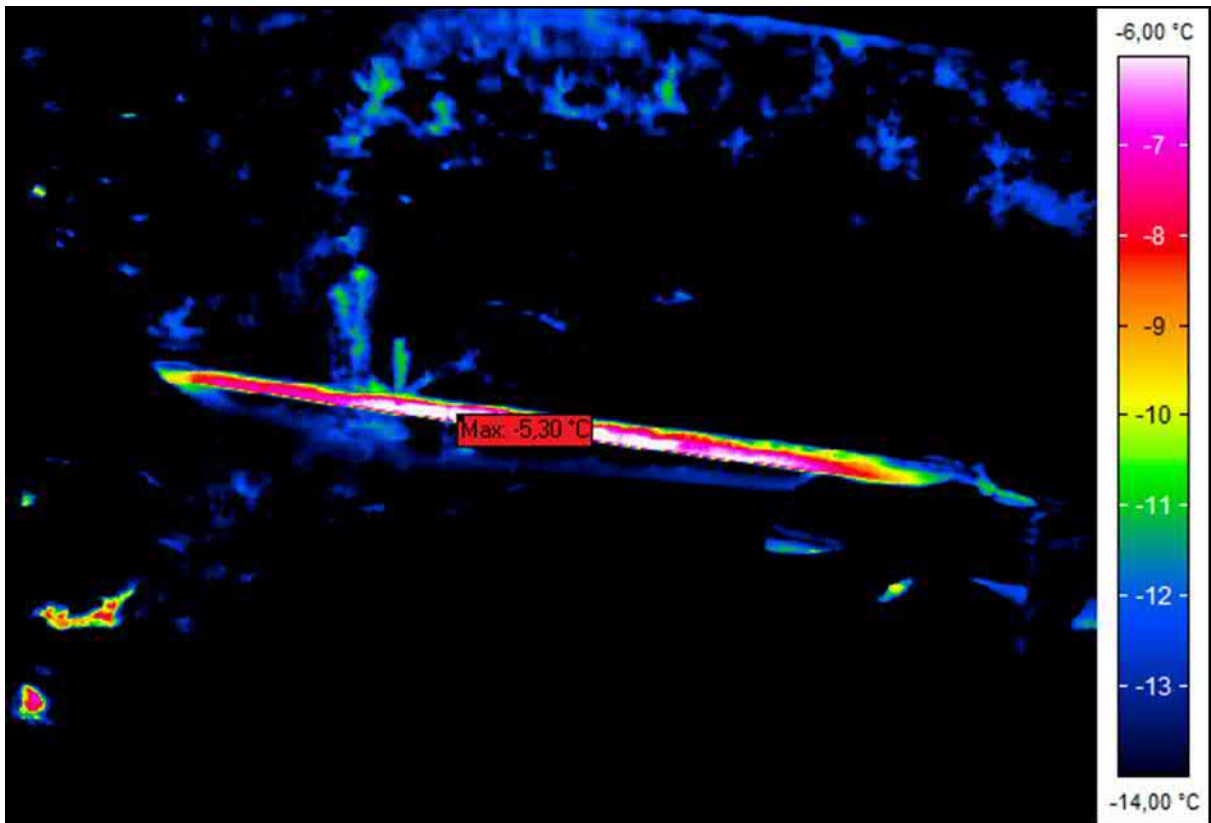


Bild 13

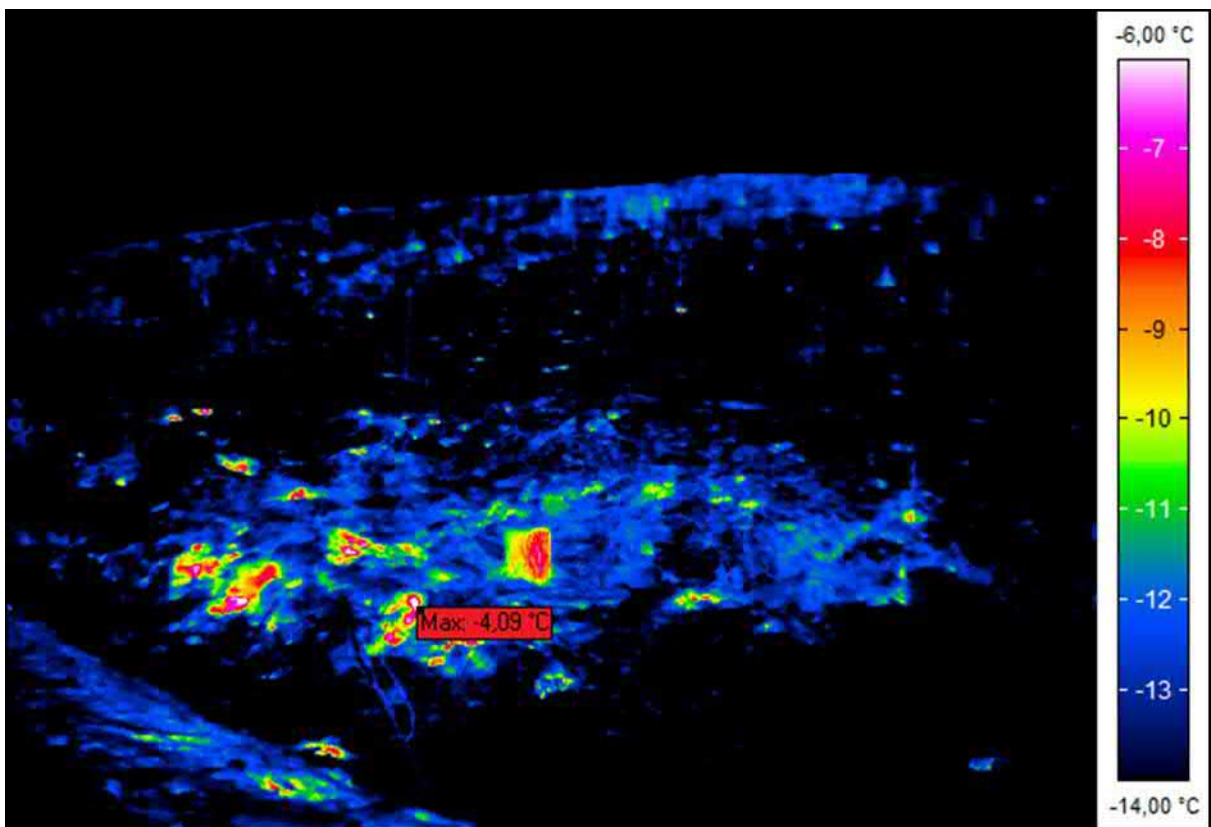


Bild 14

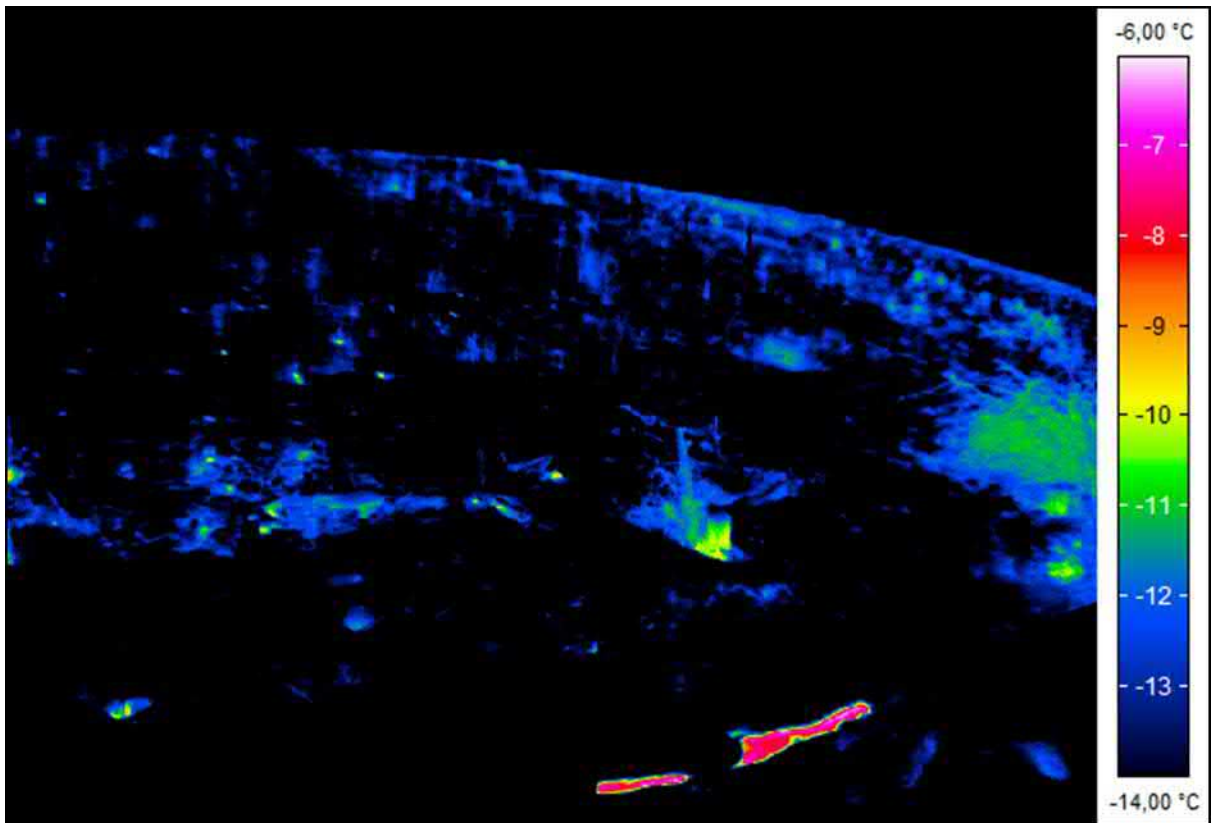


Bild 15

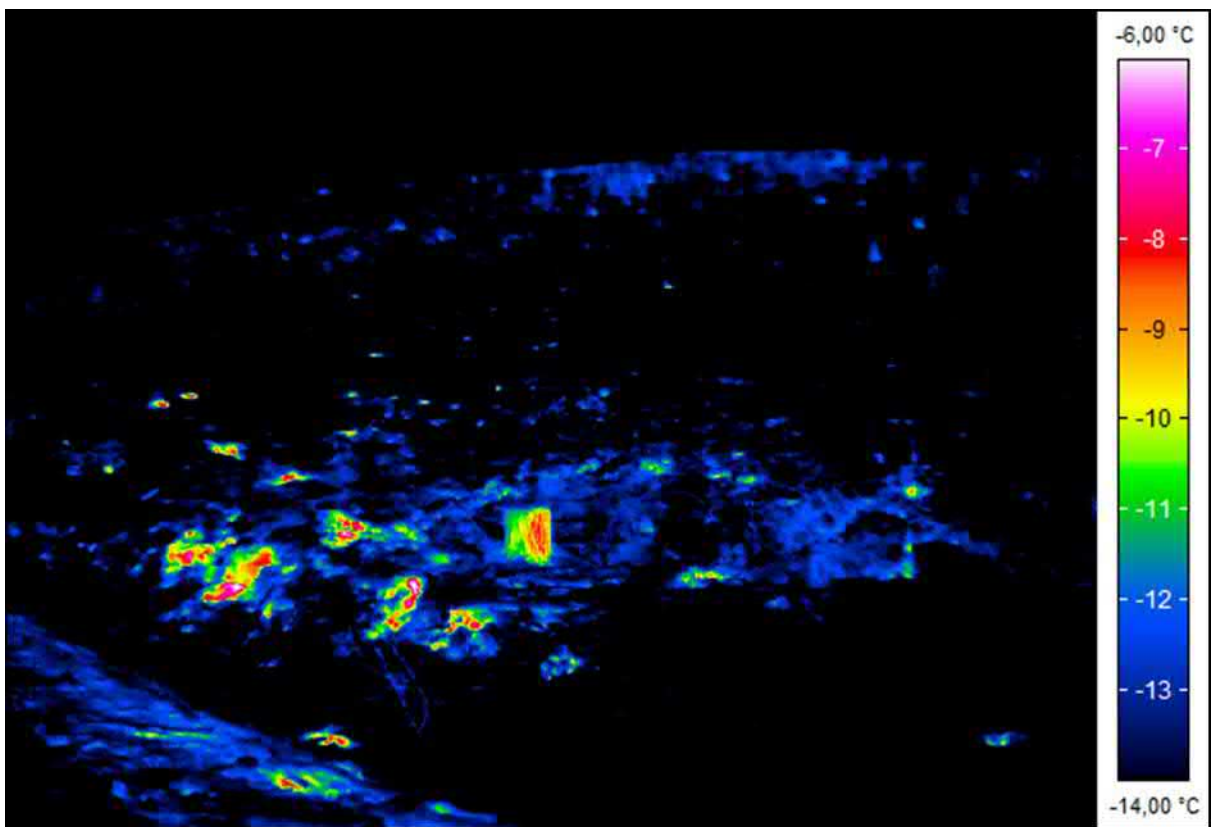


Bild 16

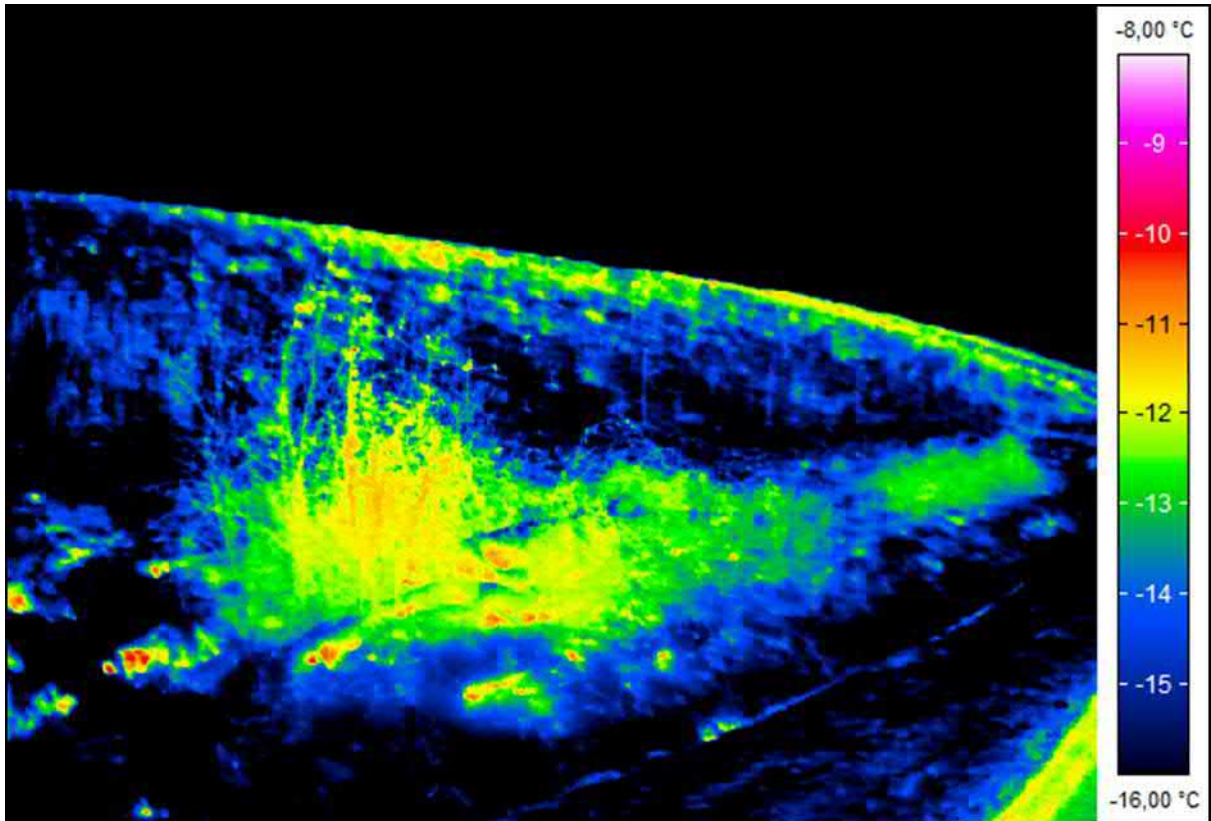


Bild 17

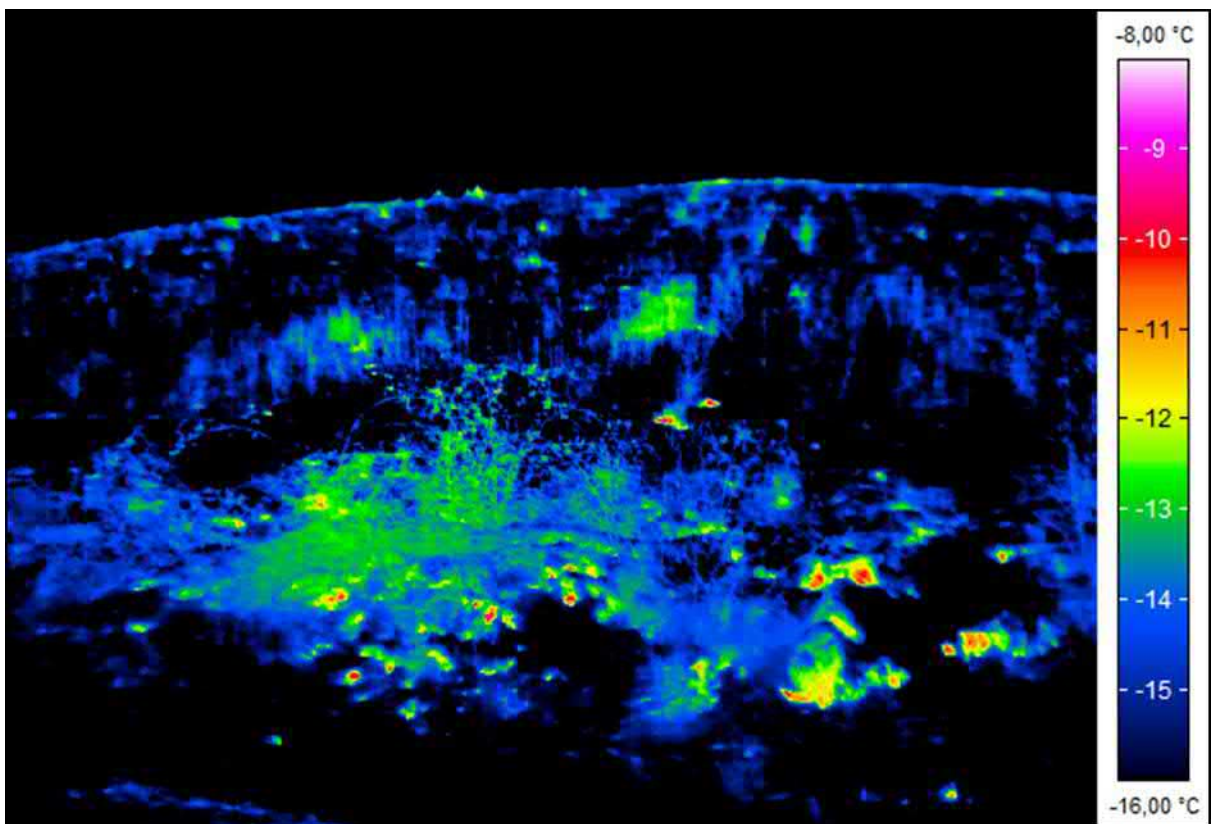


Bild 18

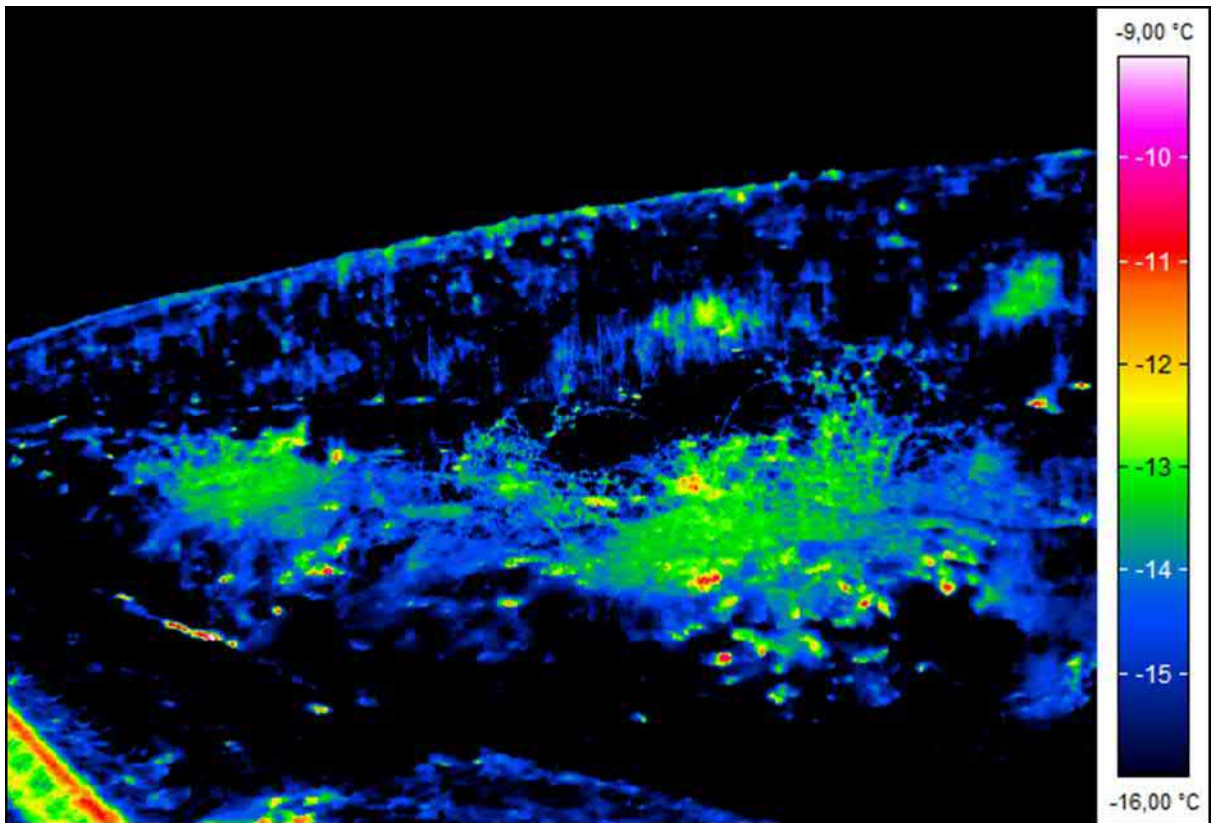


Bild 19

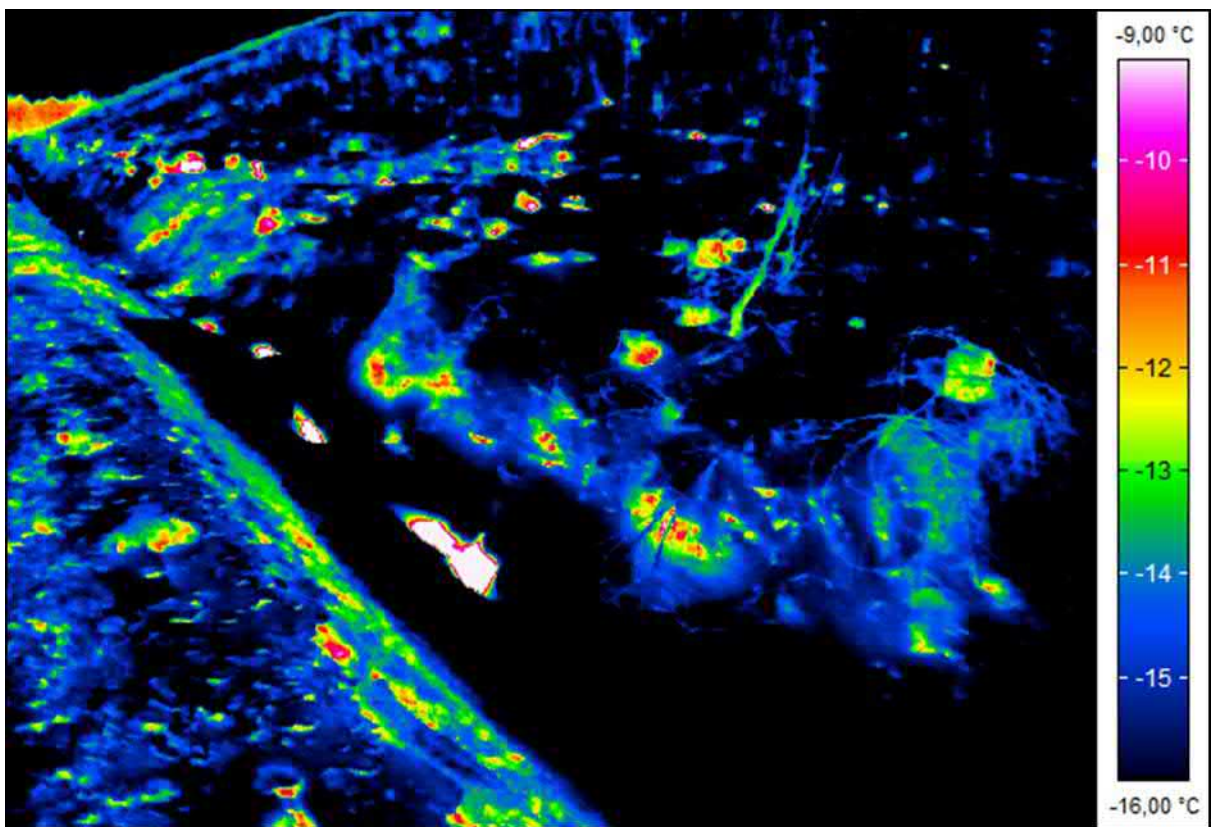


Bild 20

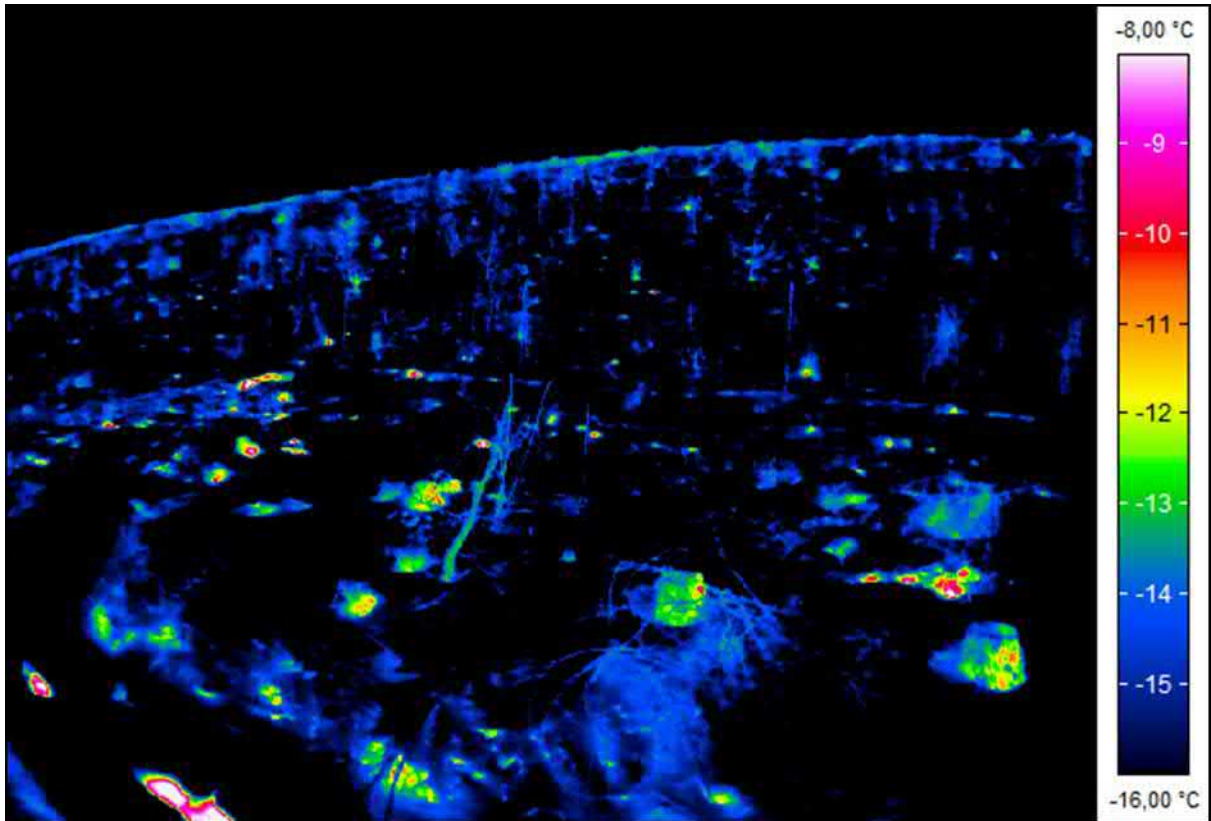


Bild 21

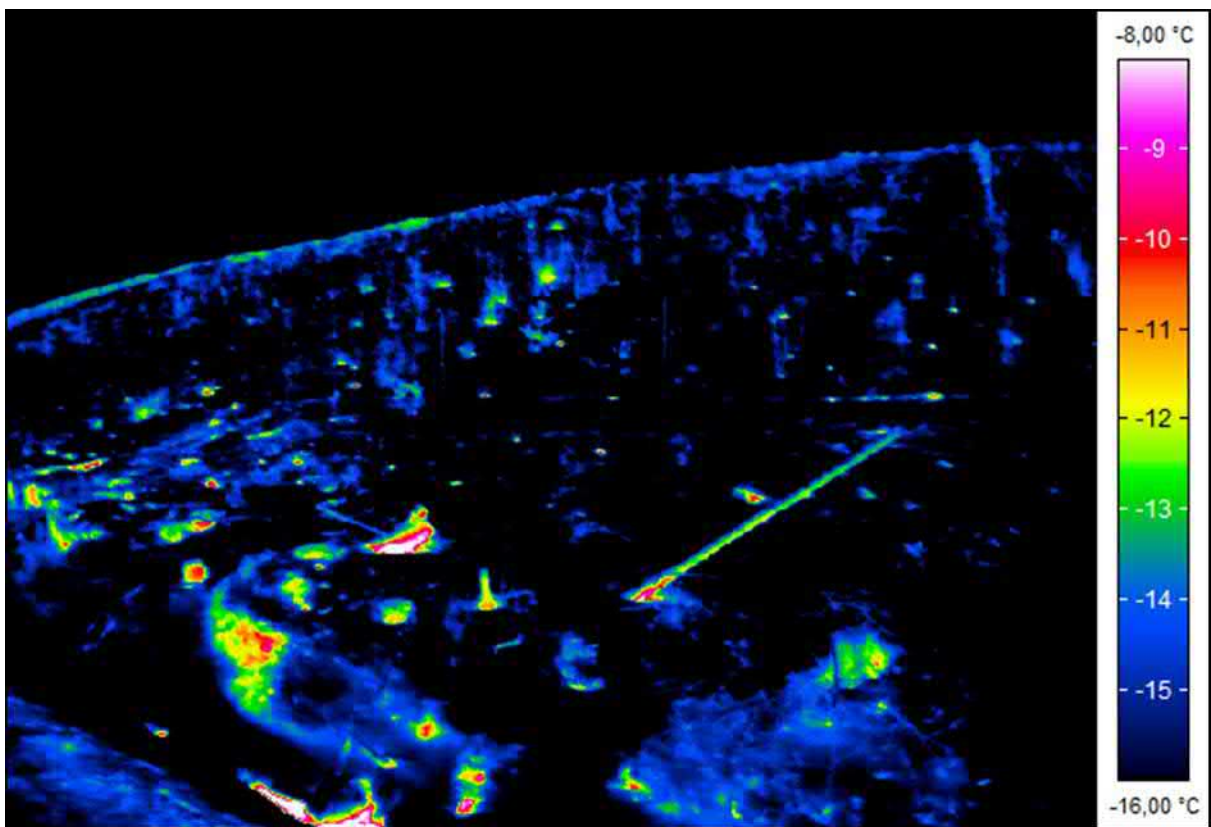


Bild 22

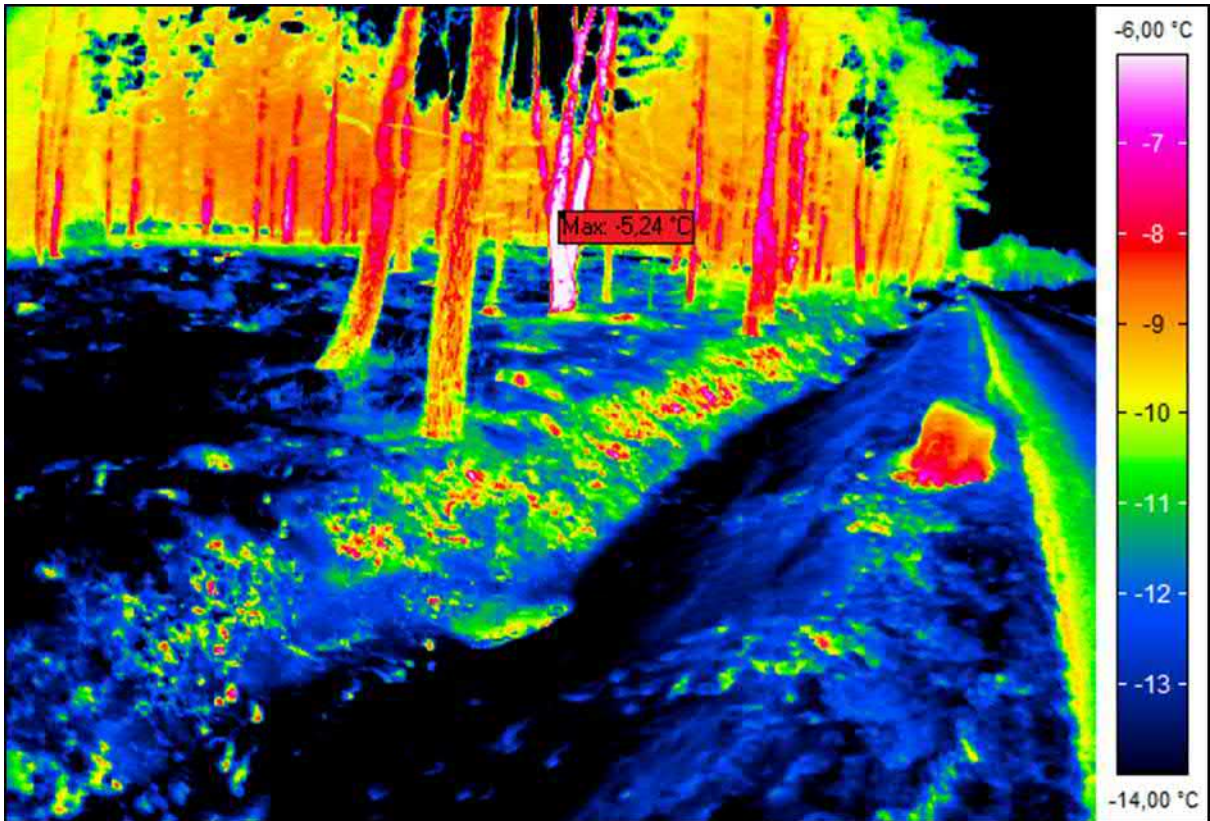


Bild 23 (gegenüber liegende Straßenseite mit Baumbewuchs)

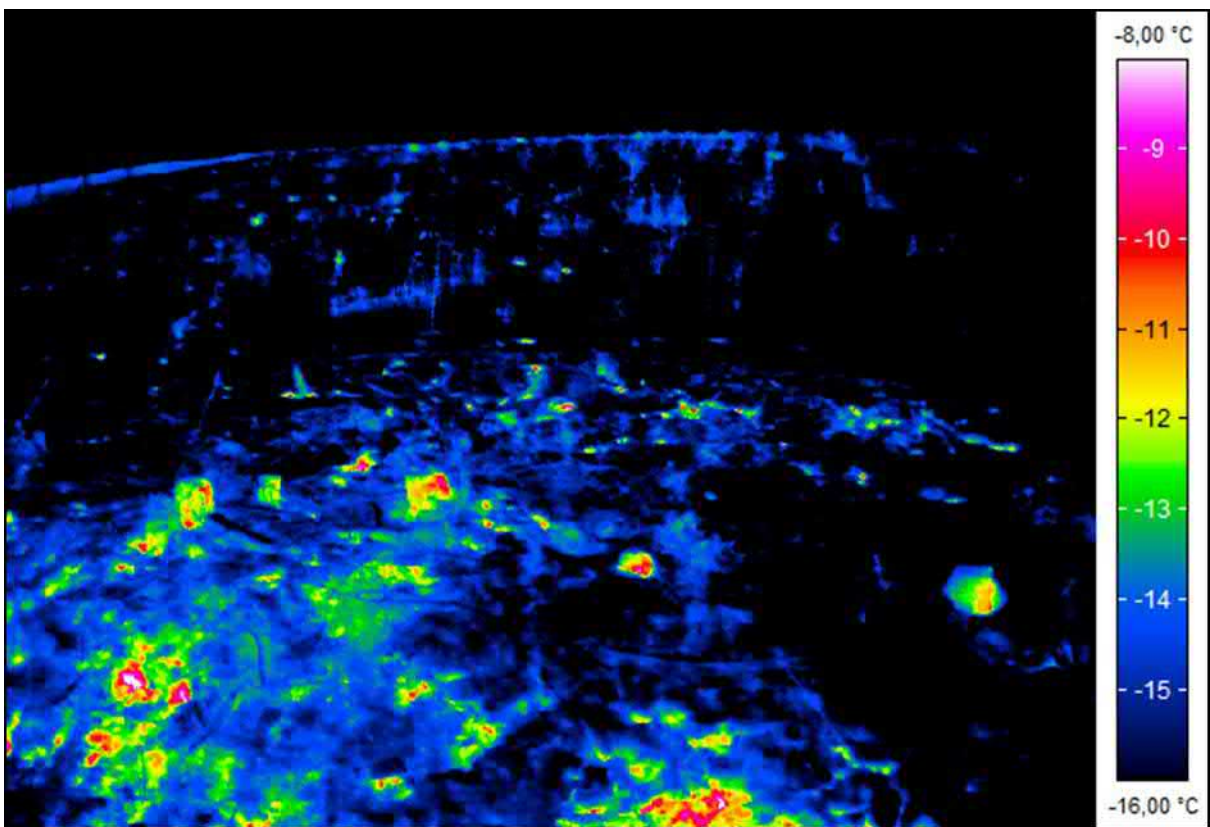


Bild 24

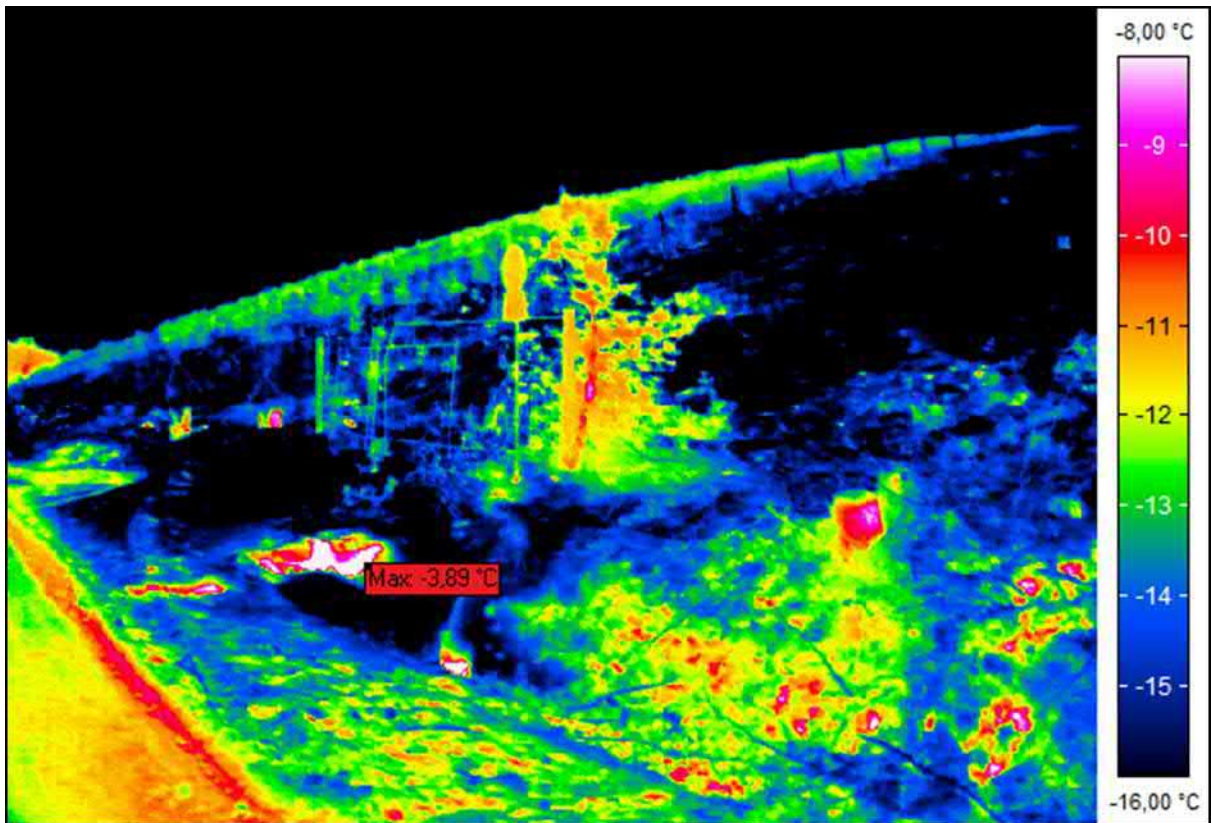


Bild 25

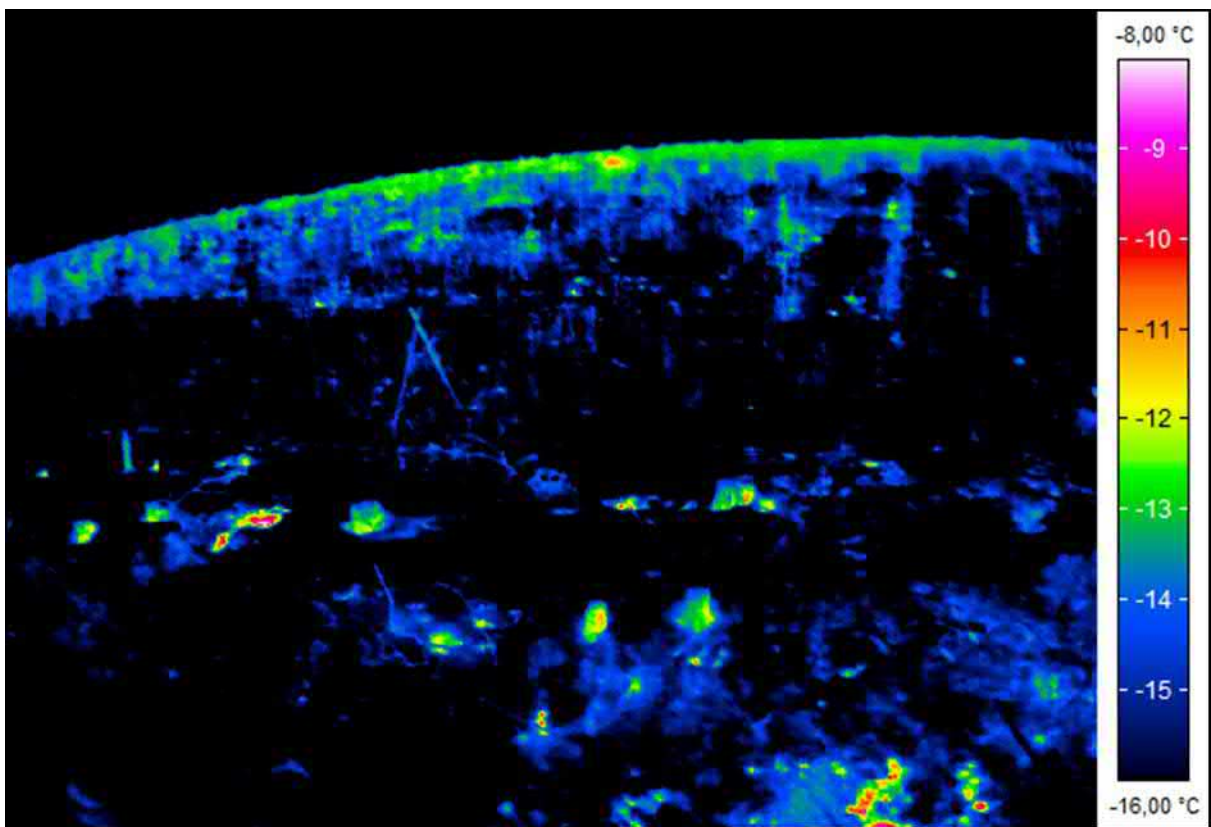


Bild 26

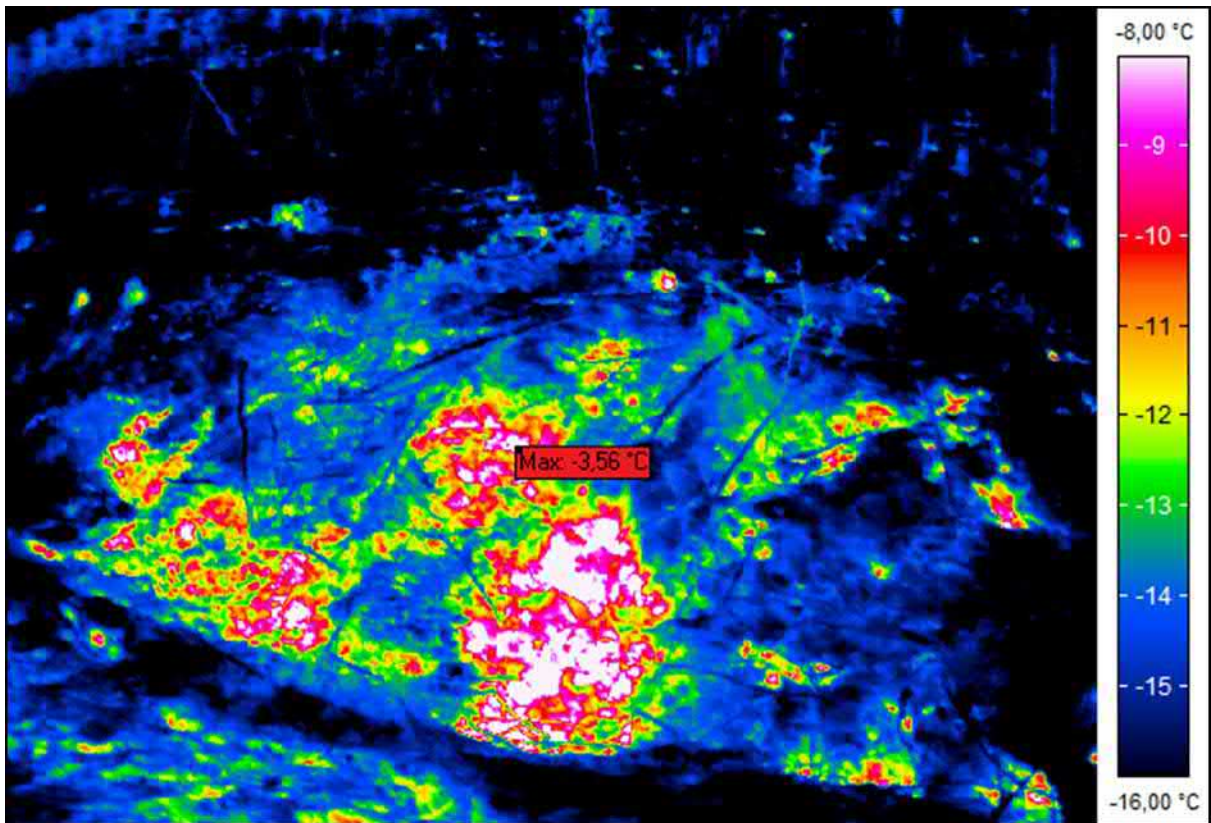


Bild 27

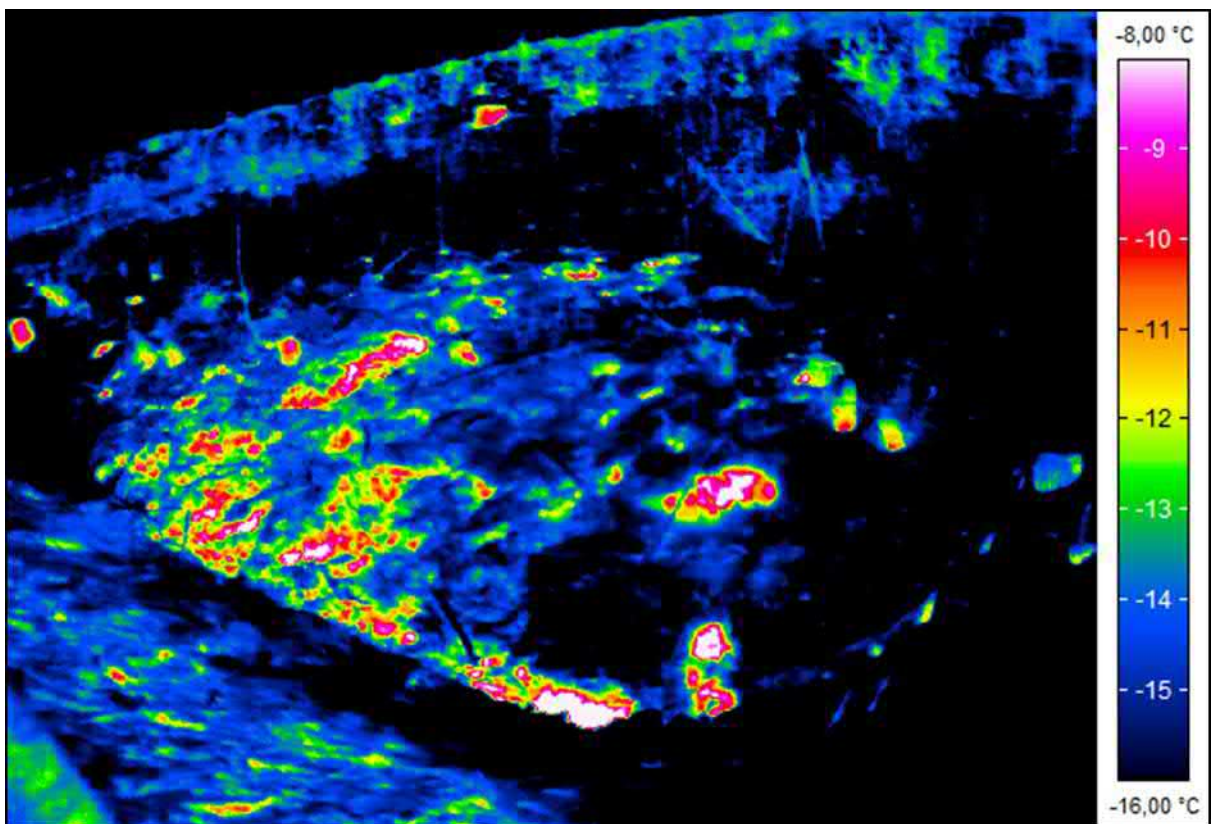


Bild 28

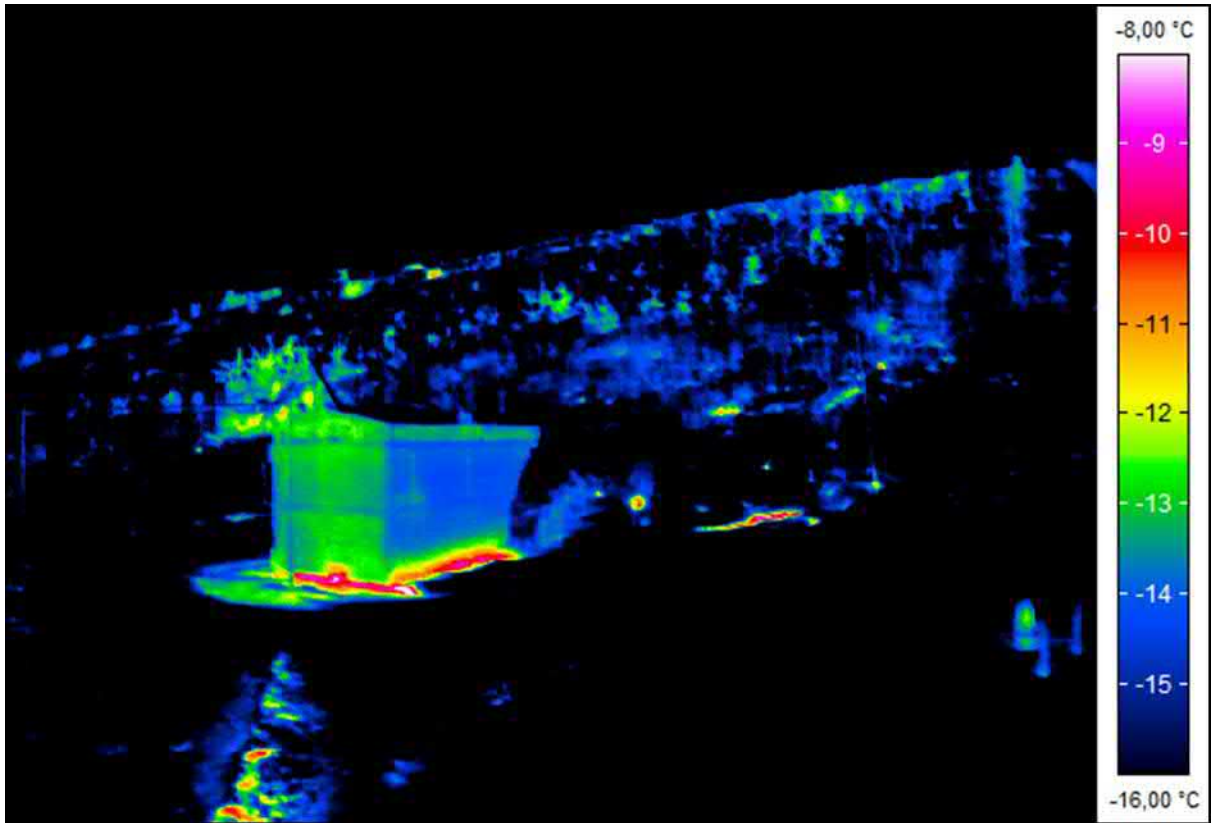


Bild 29

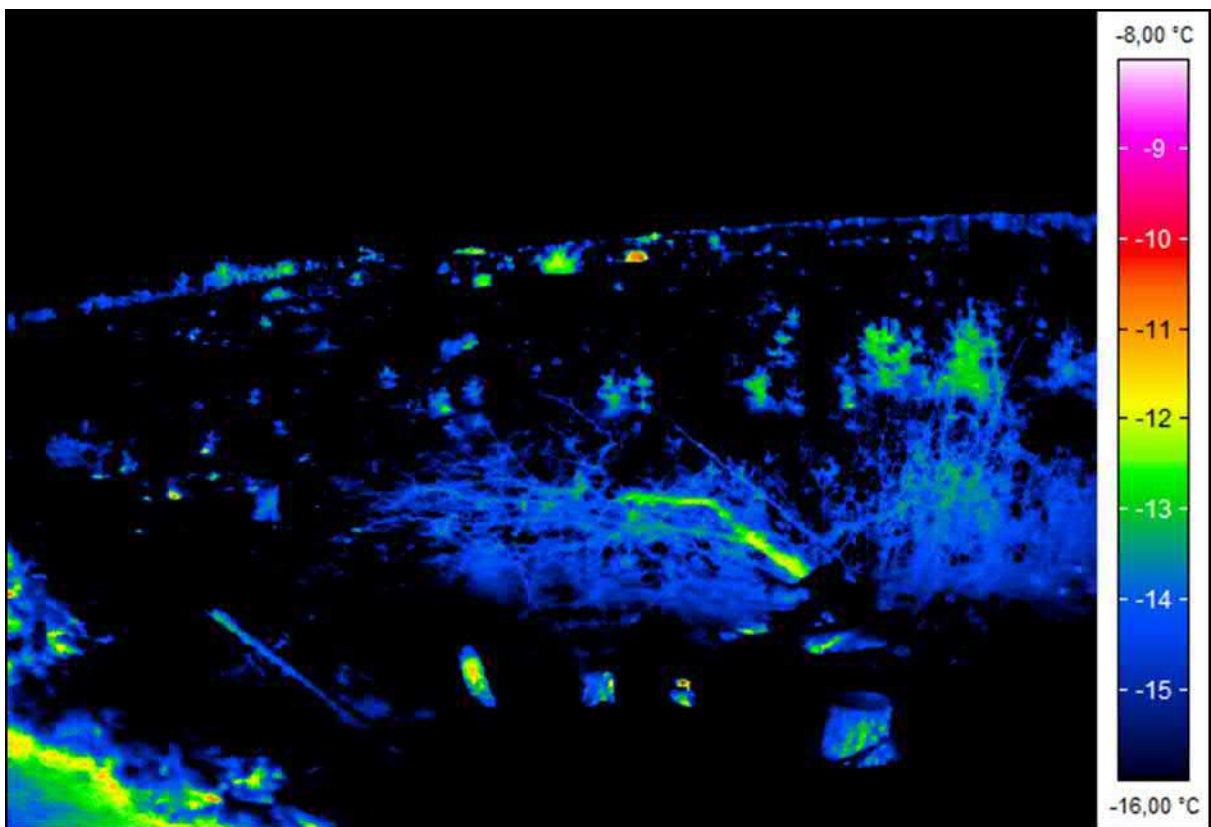


Bild 30

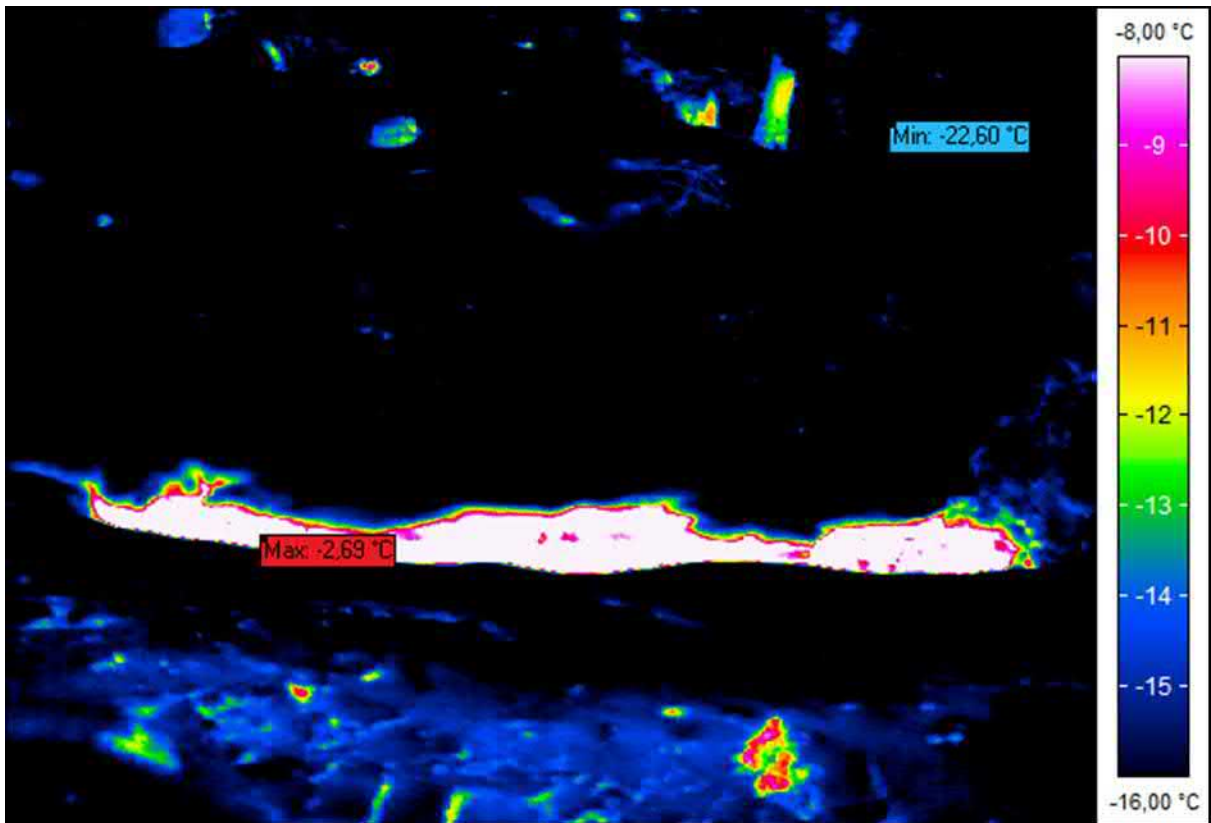


Bild 31

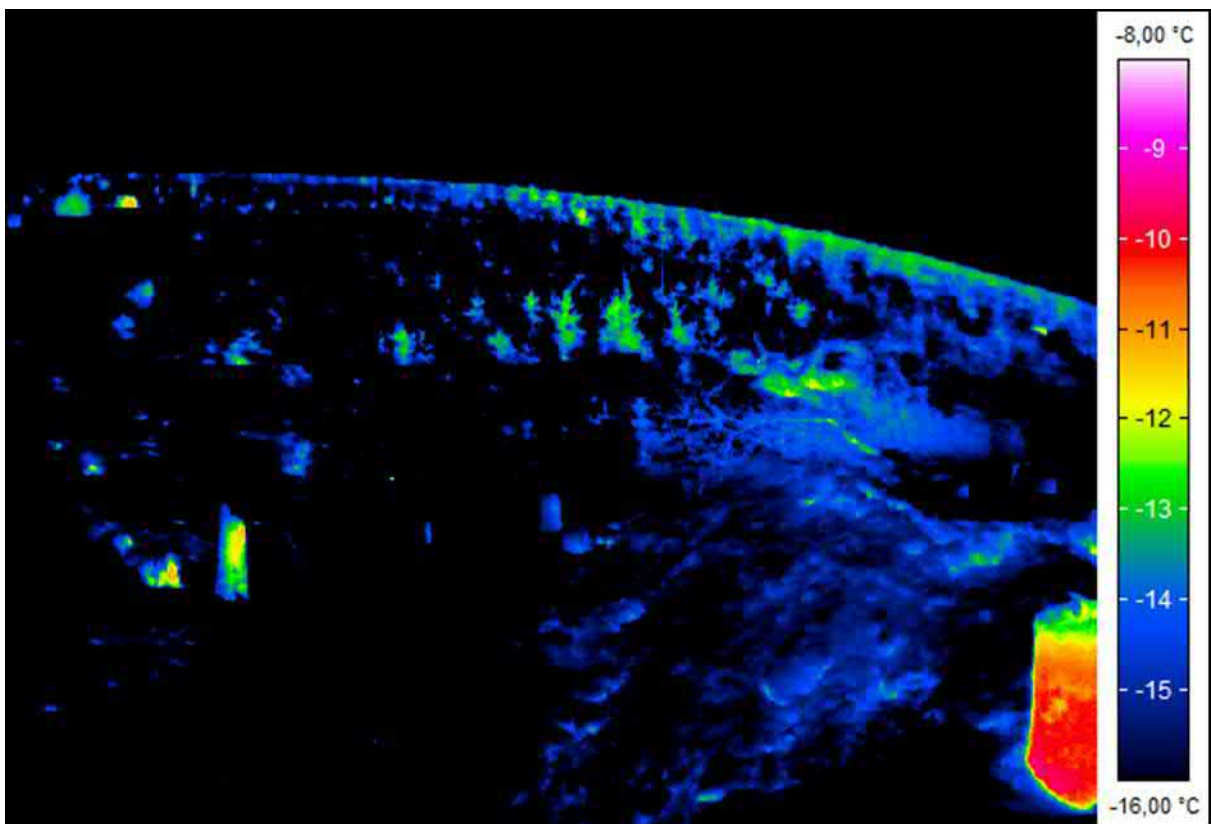


Bild 32

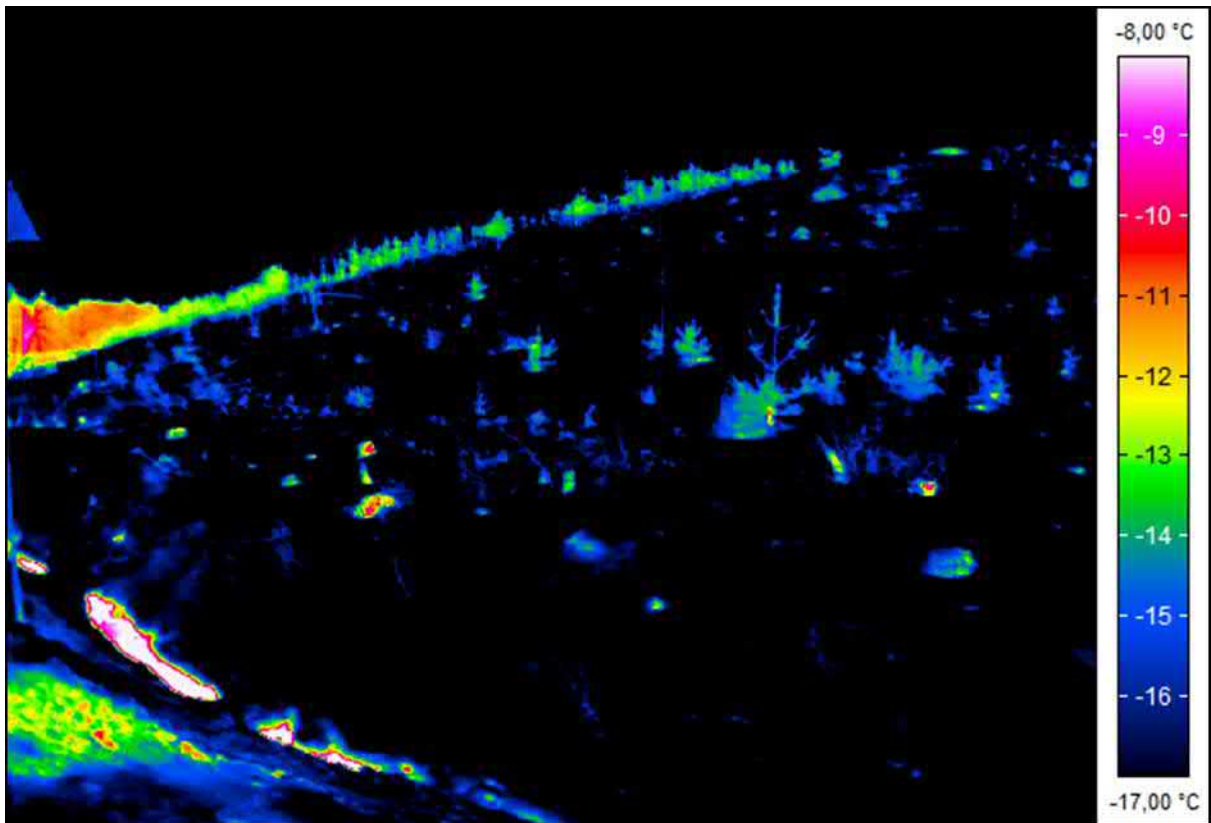


Bild 33

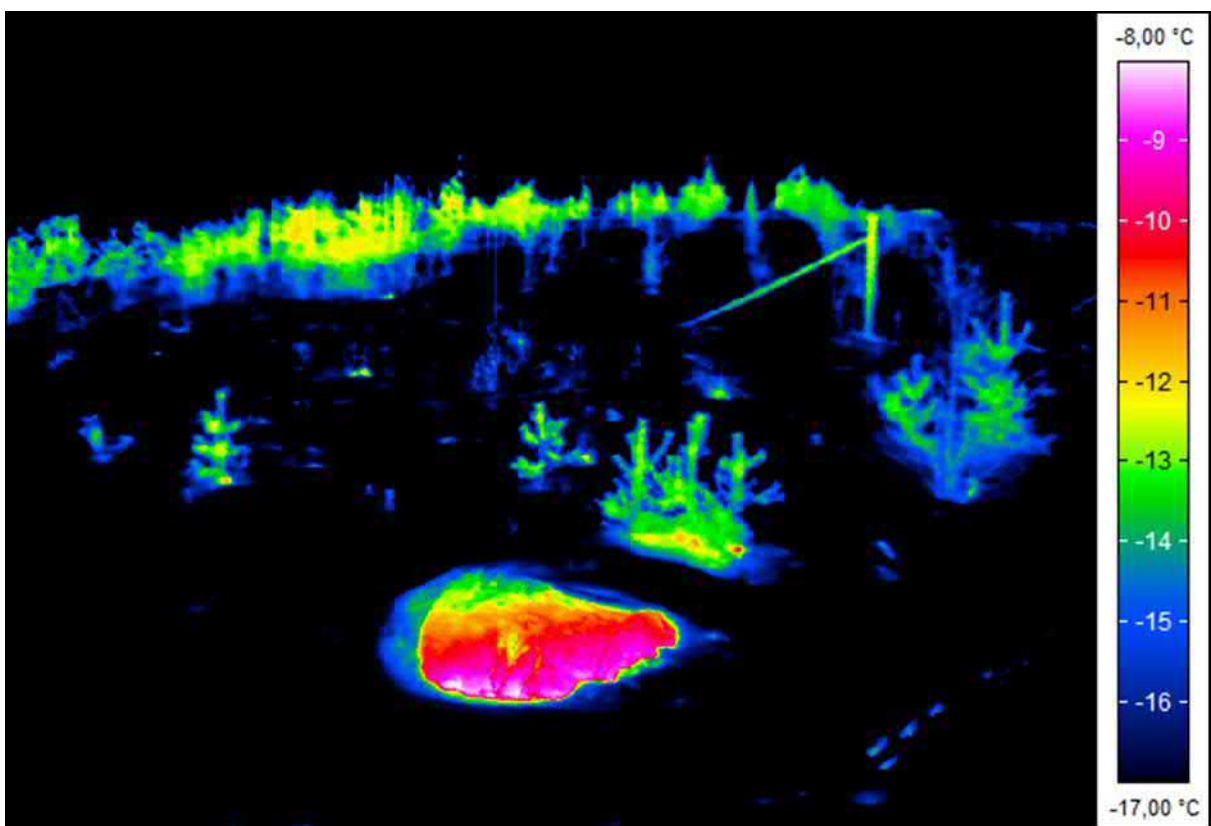


Bild 34

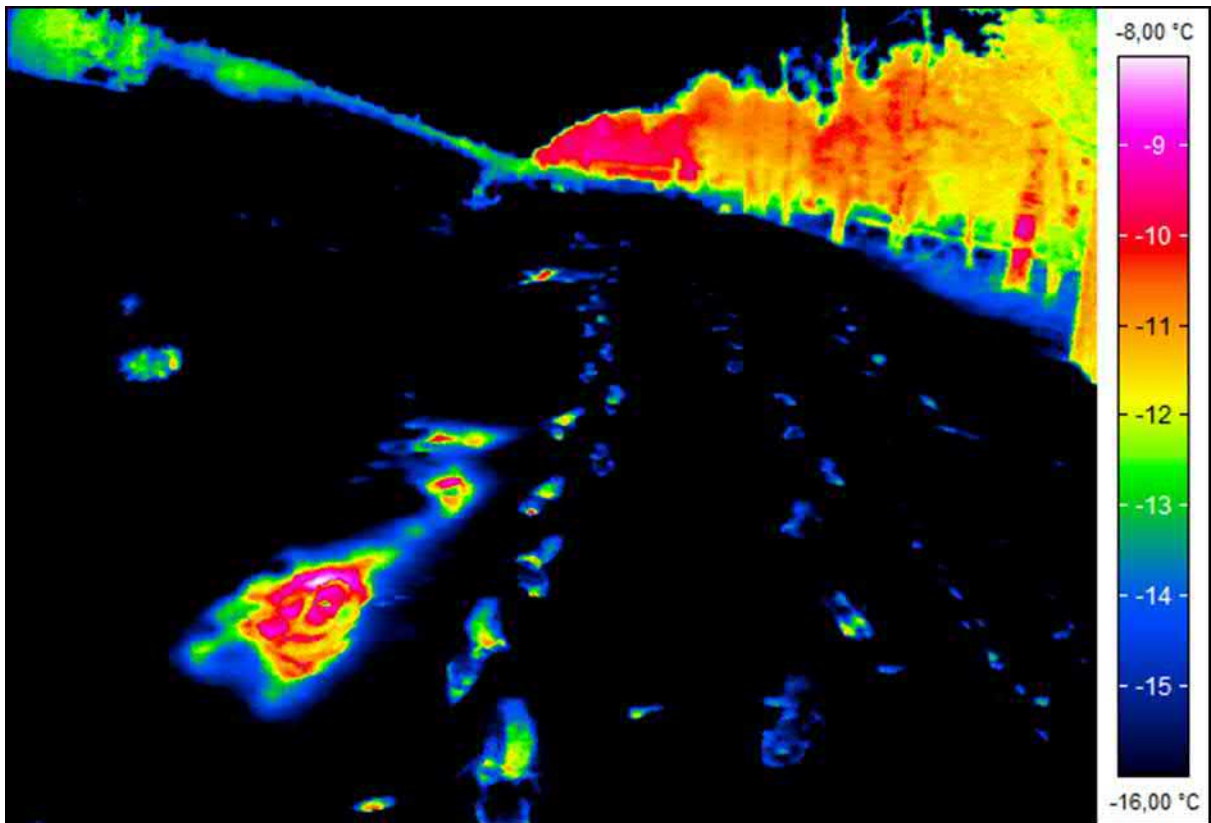


Bild 35

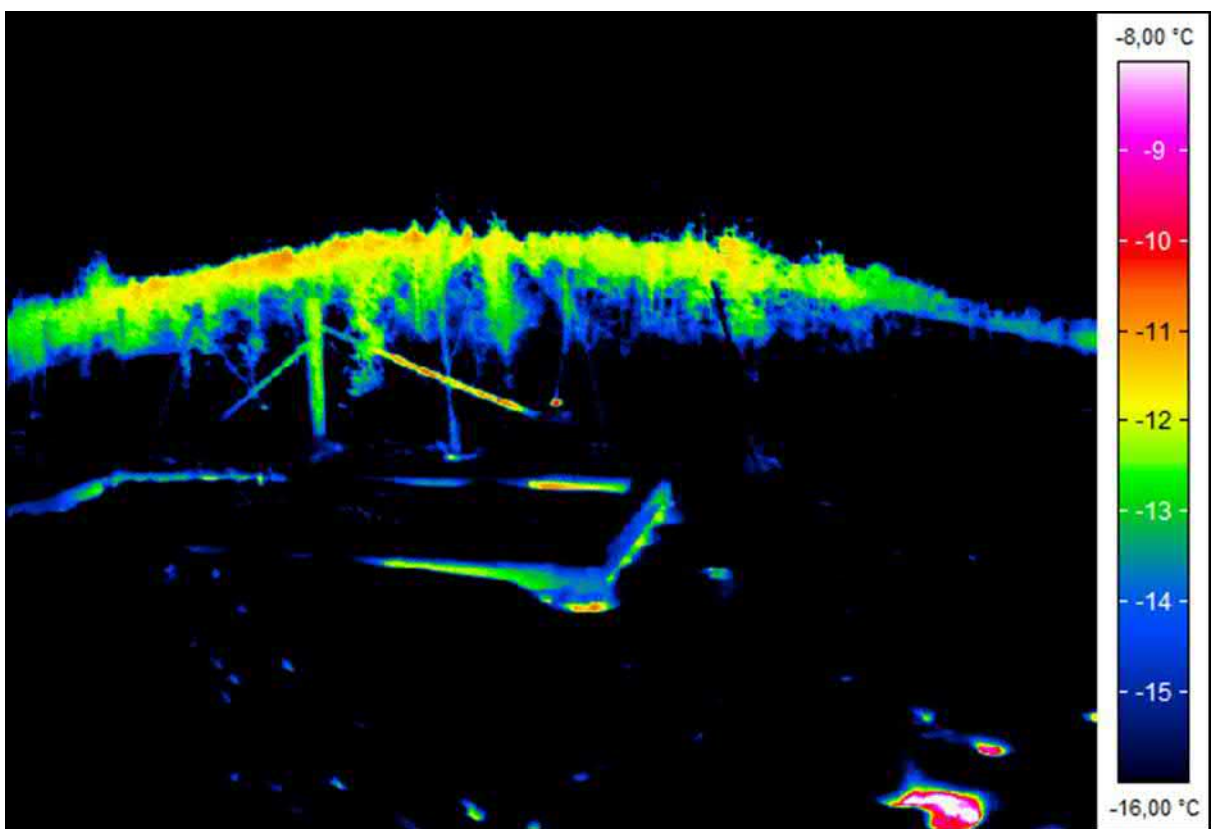


Bild 36

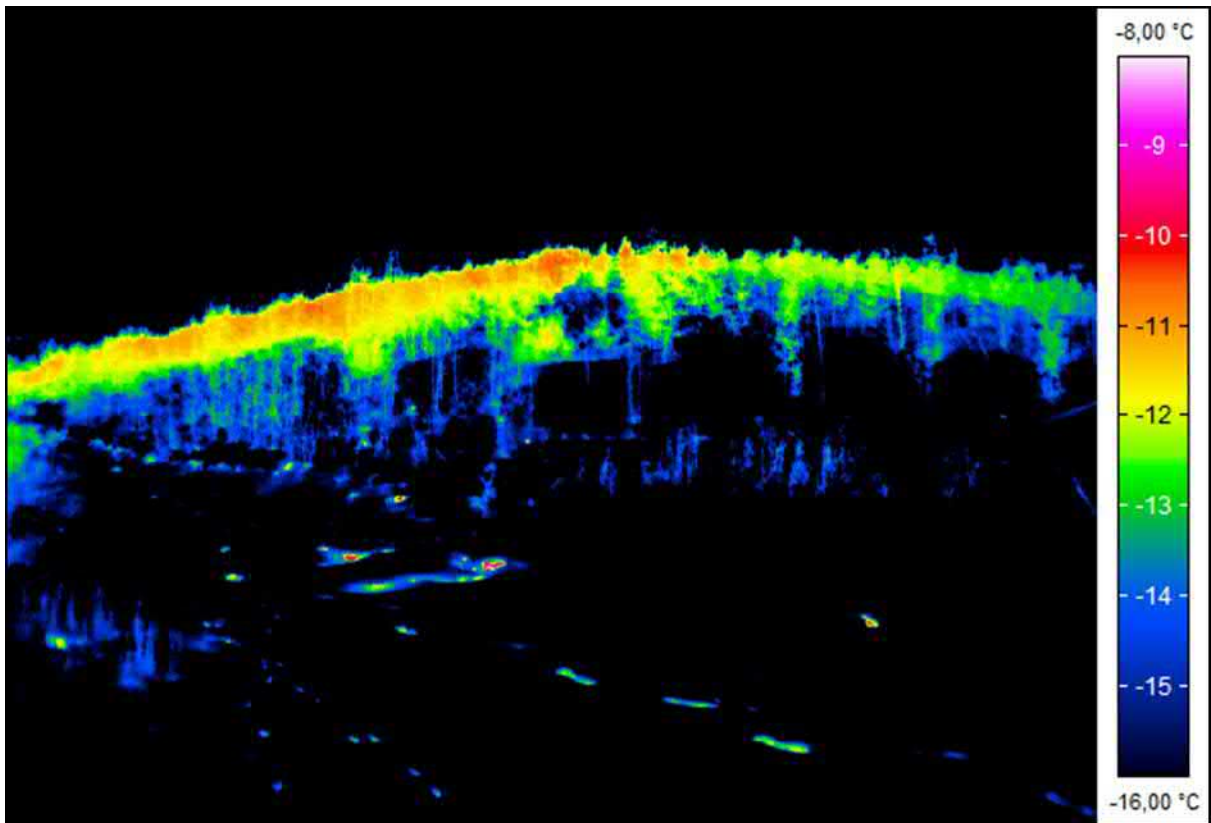


Bild 37

Weg 2

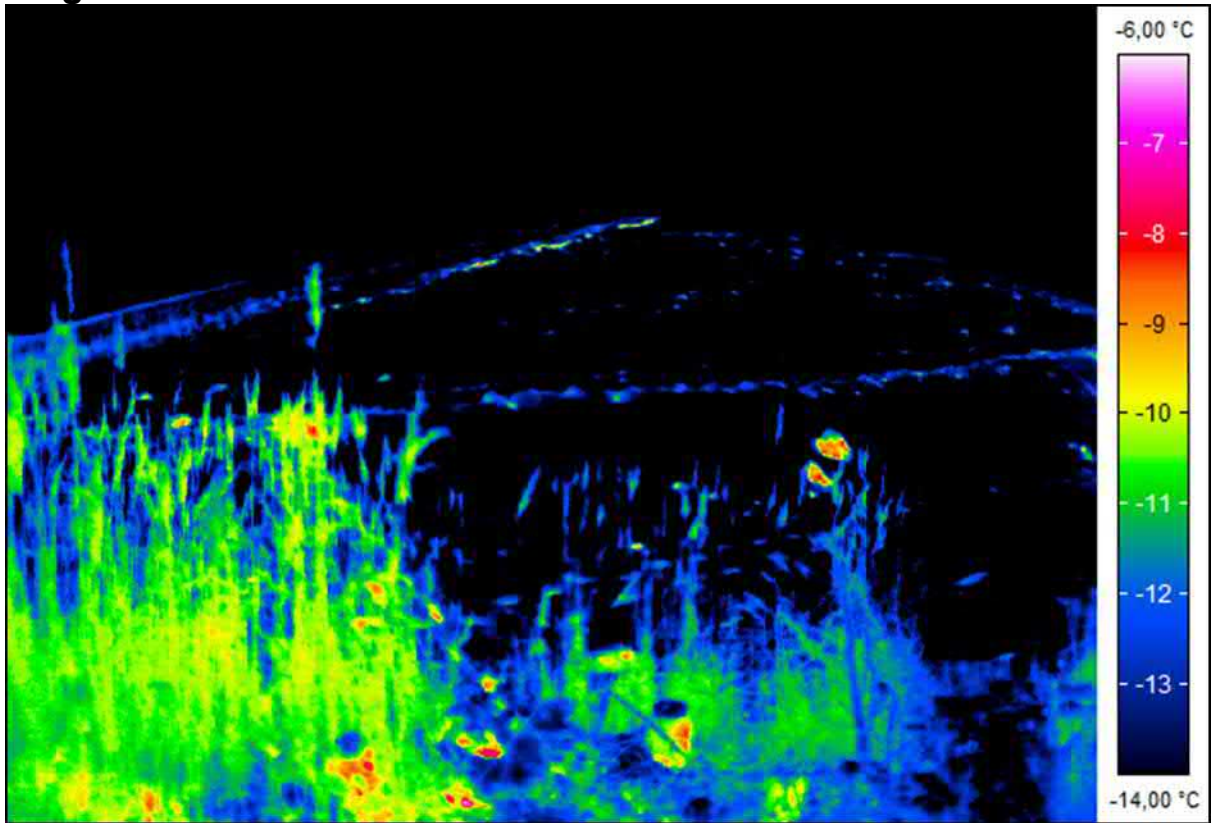


Bild 38

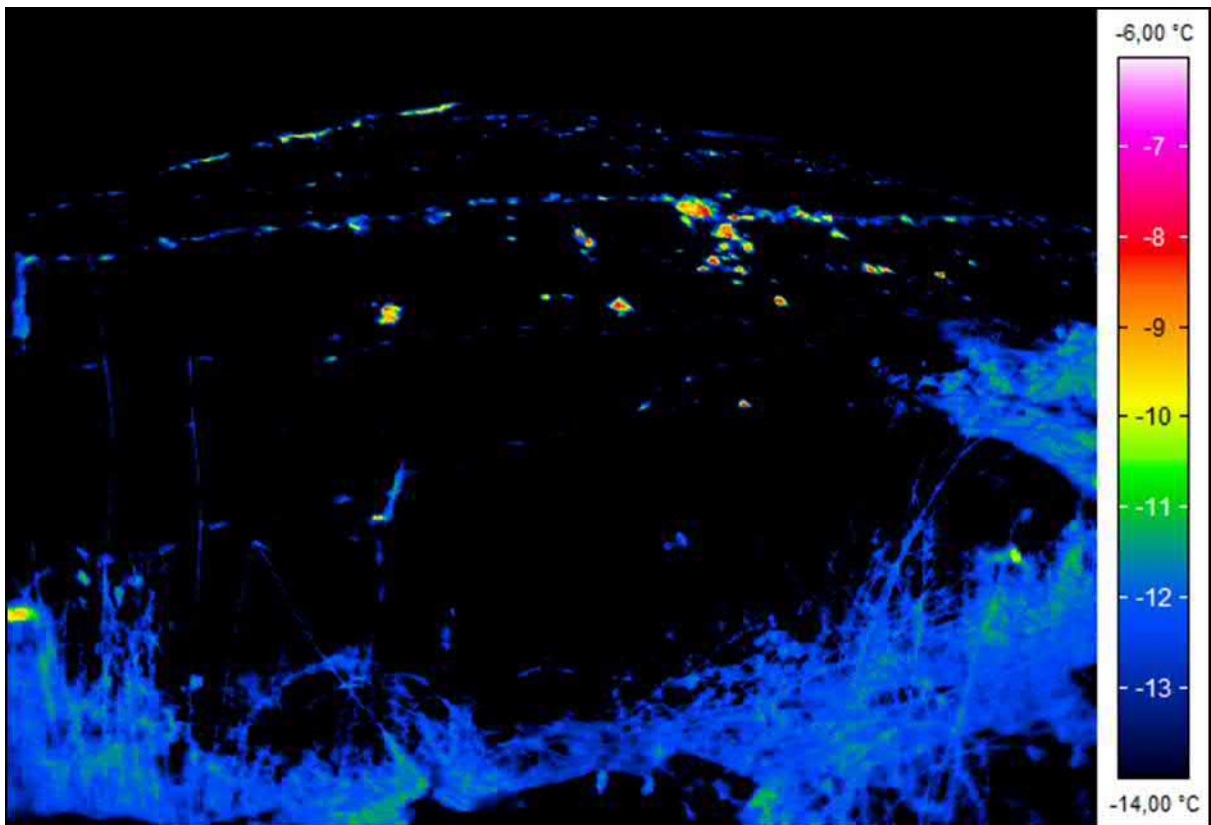


Bild 39

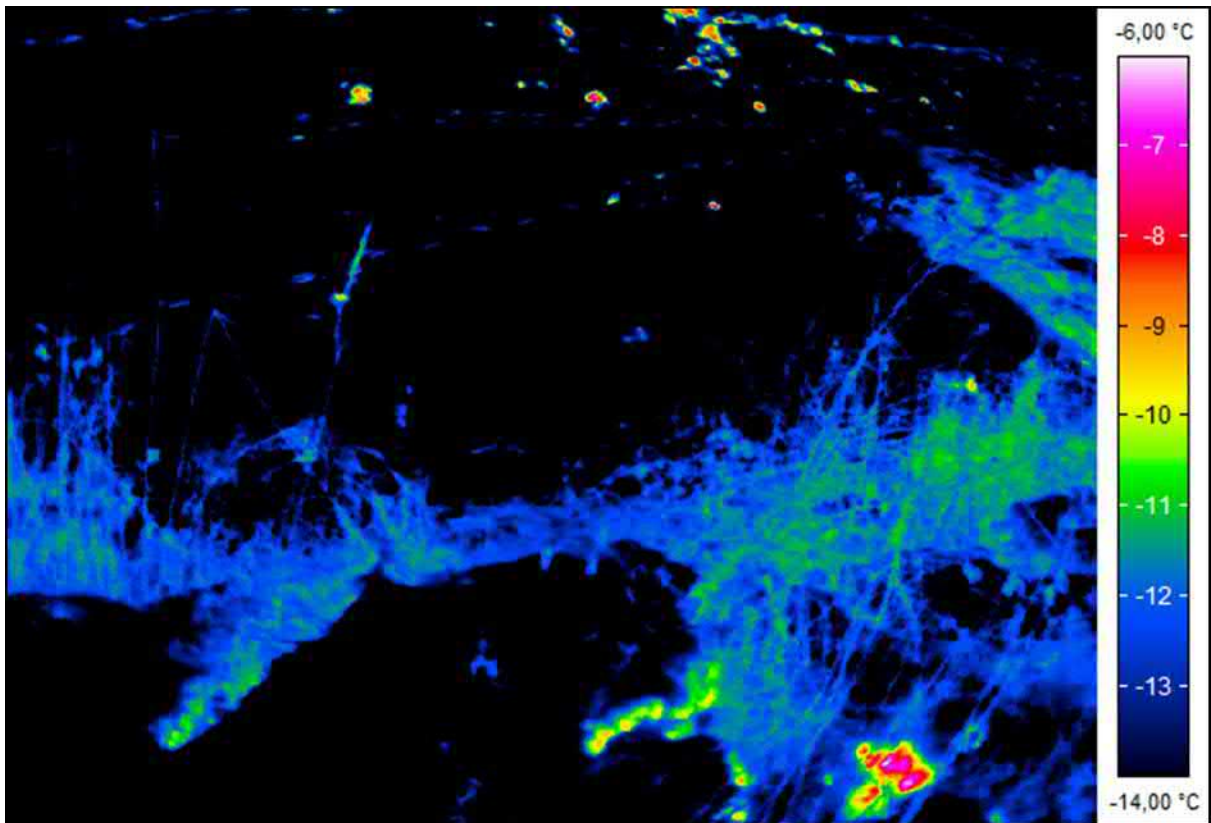


Bild 40

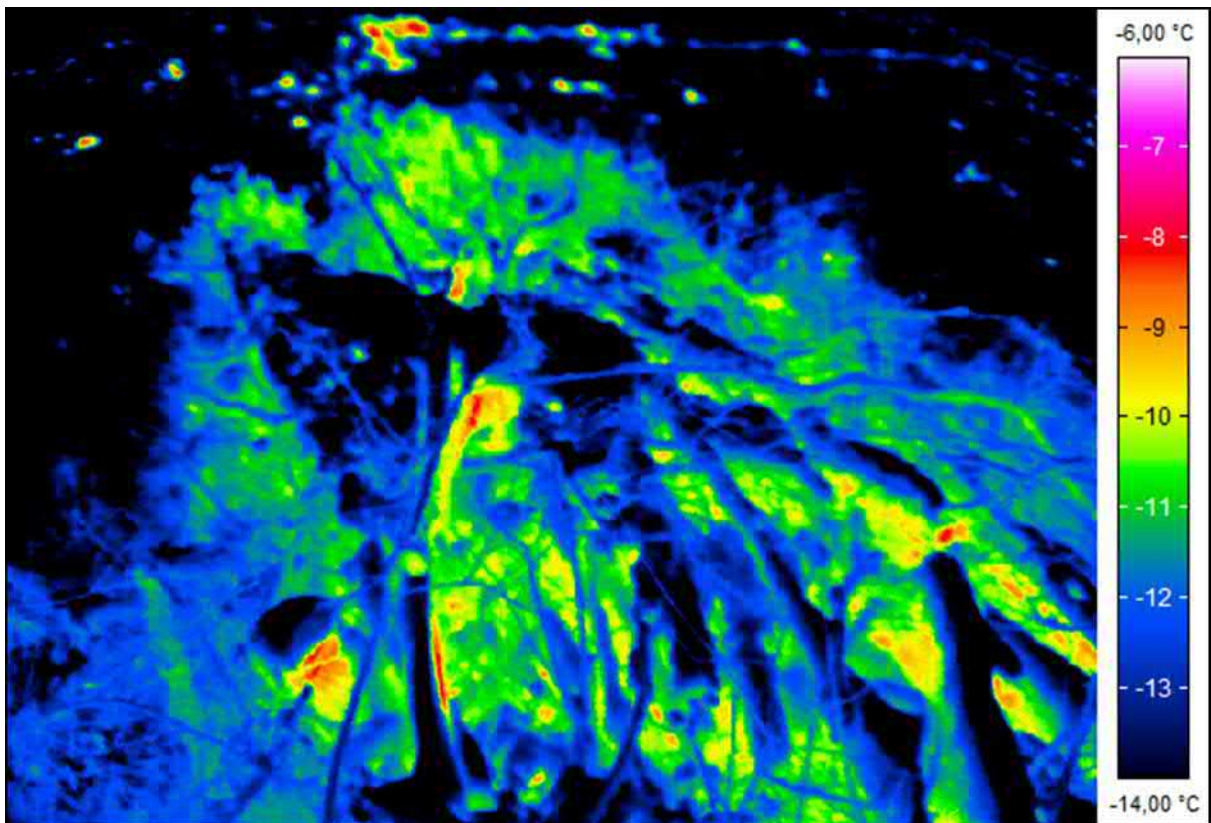


Bild 41

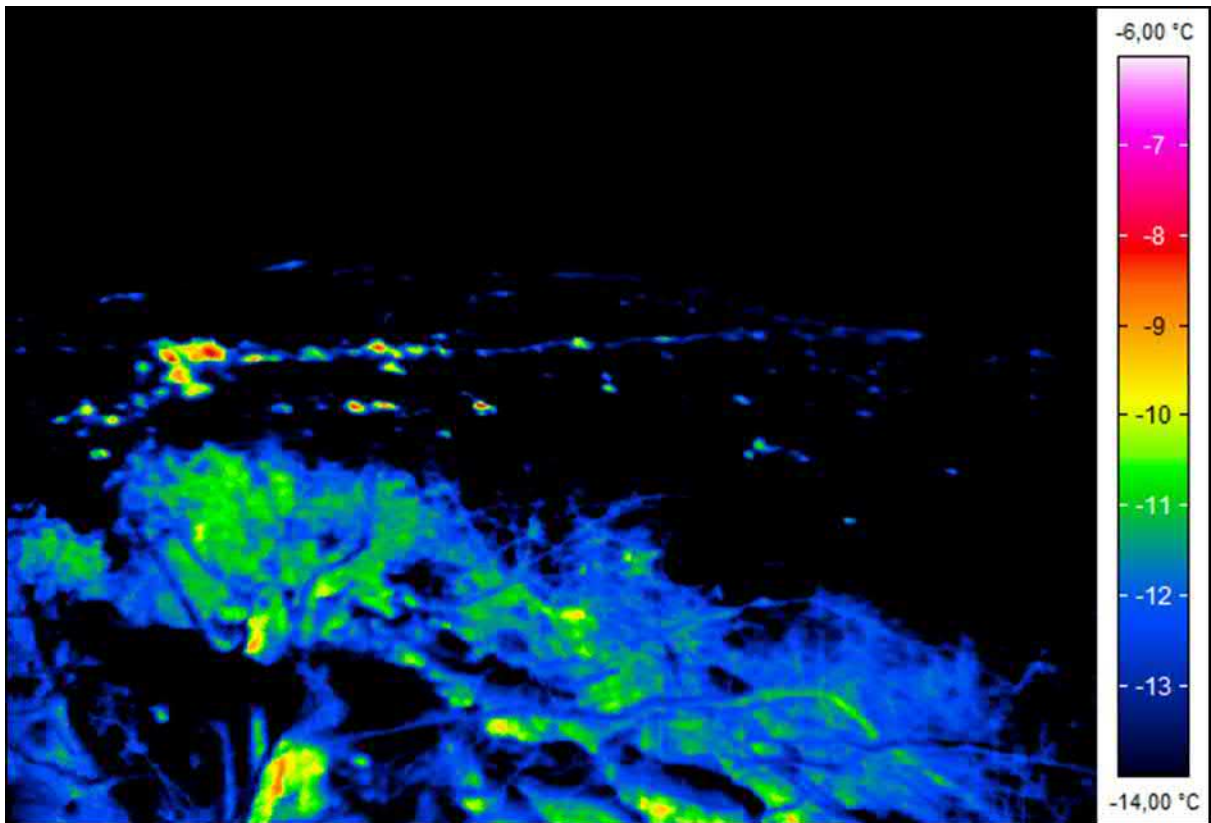


Bild 42

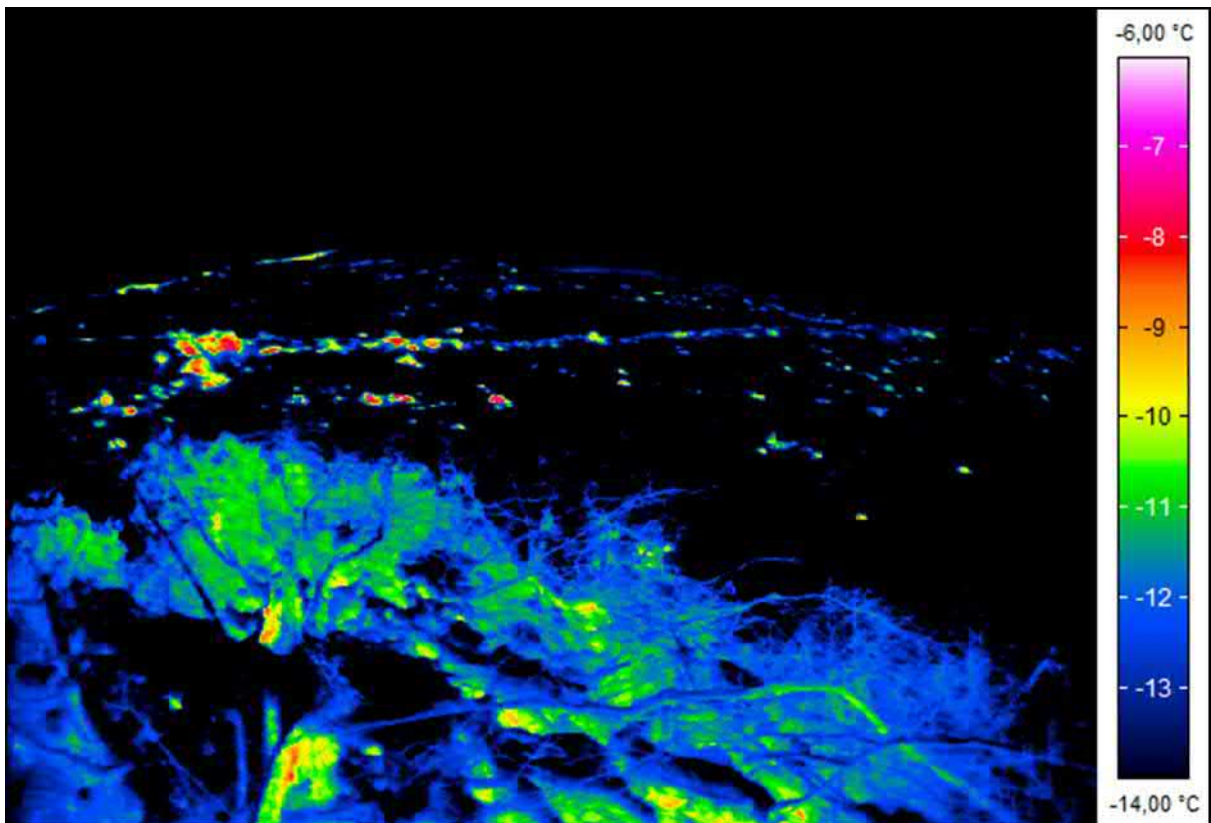


Bild 43

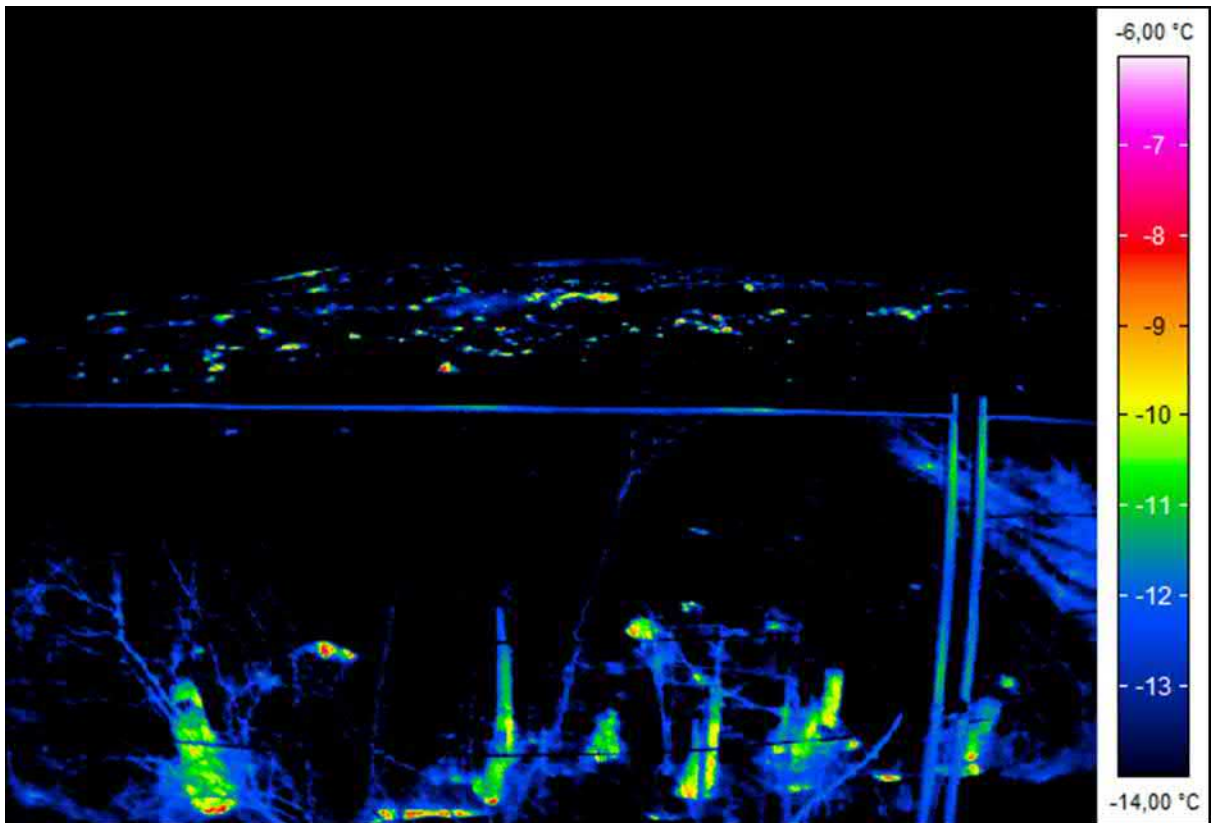


Bild 44

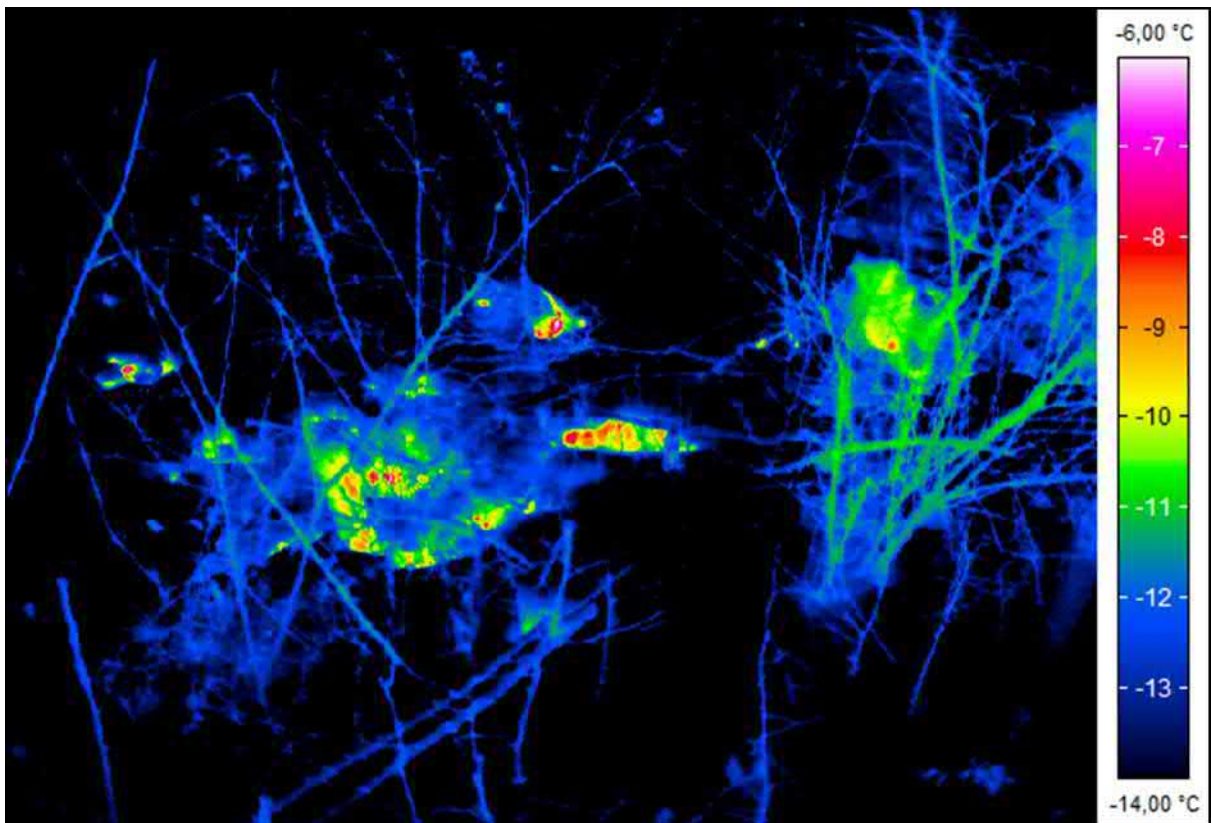


Bild 45

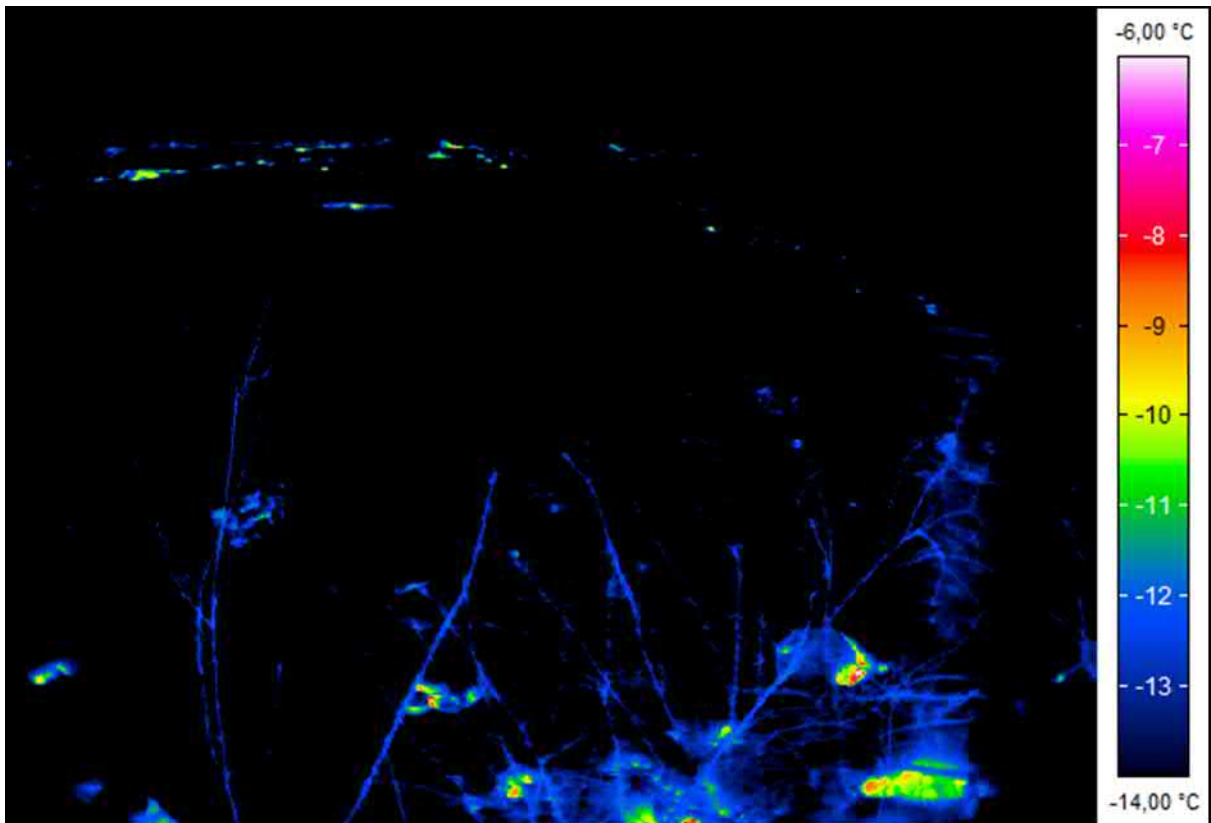


Bild 46

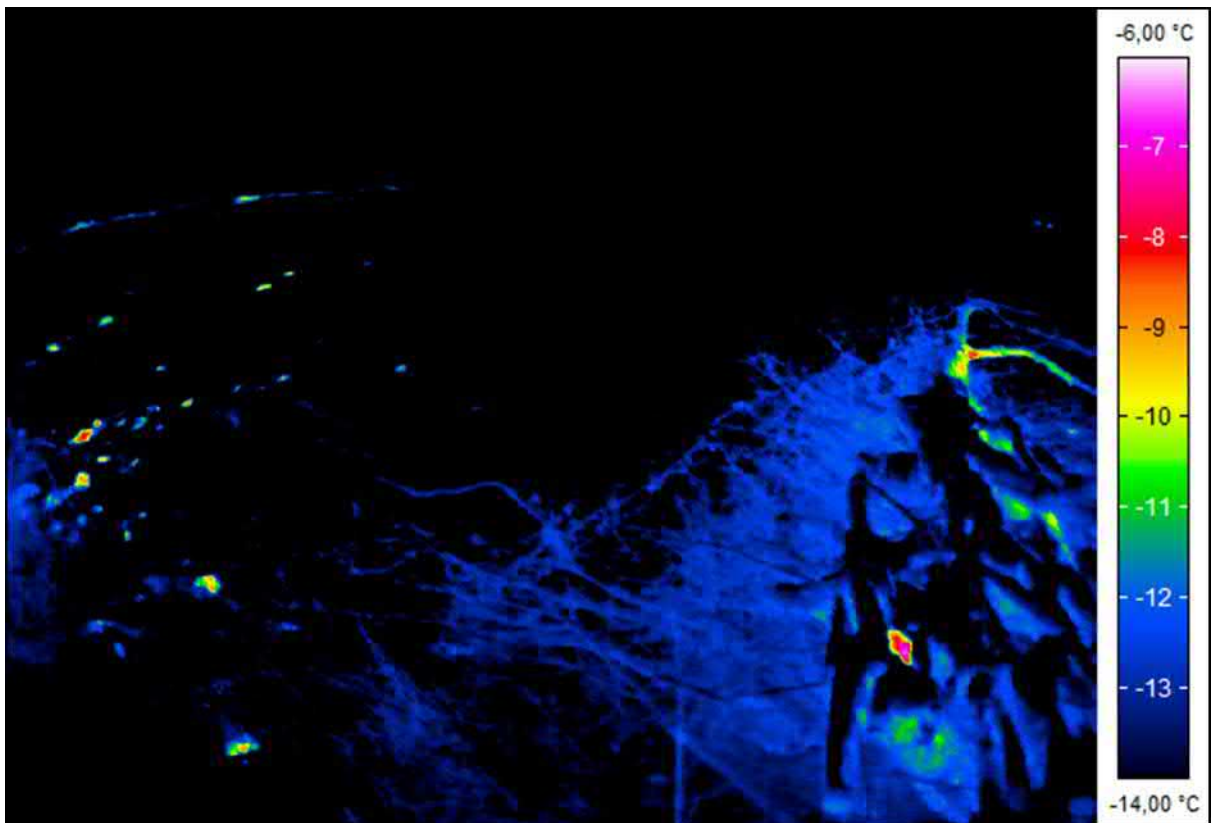


Bild 47

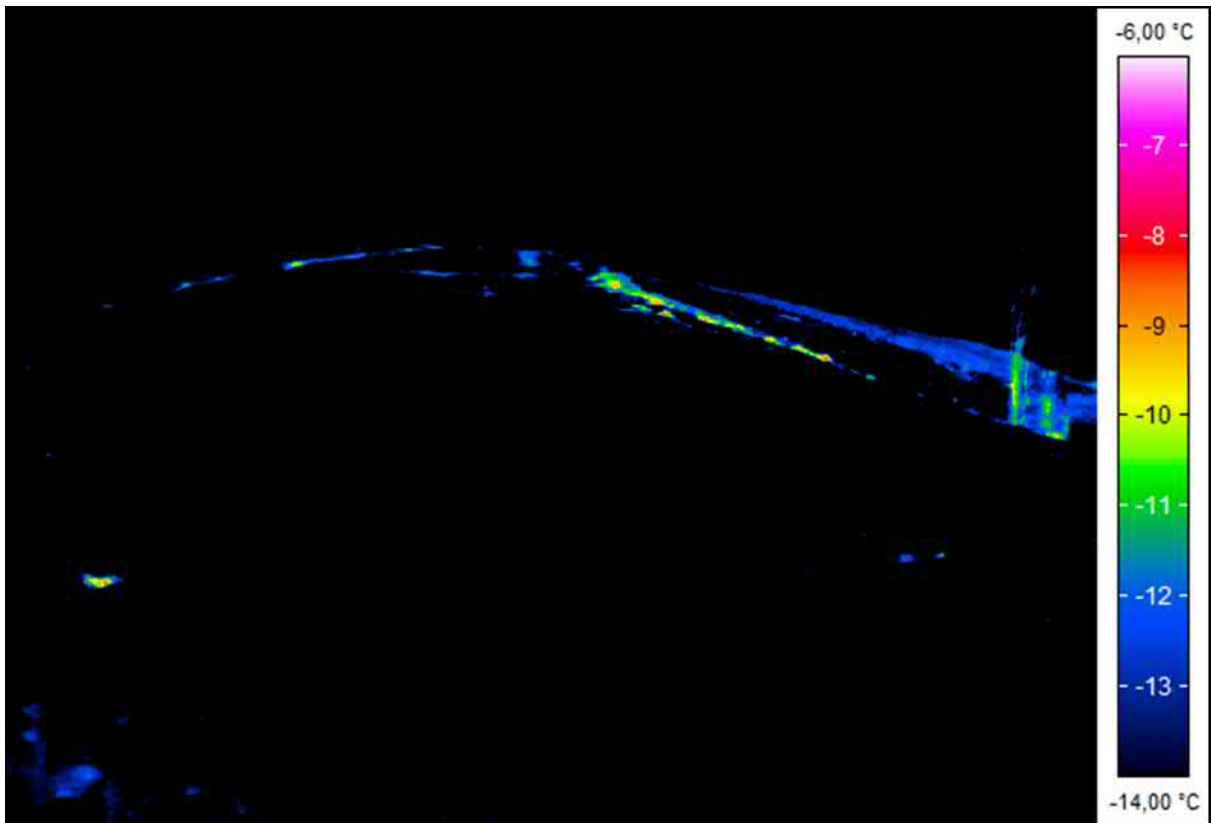


Bild 48

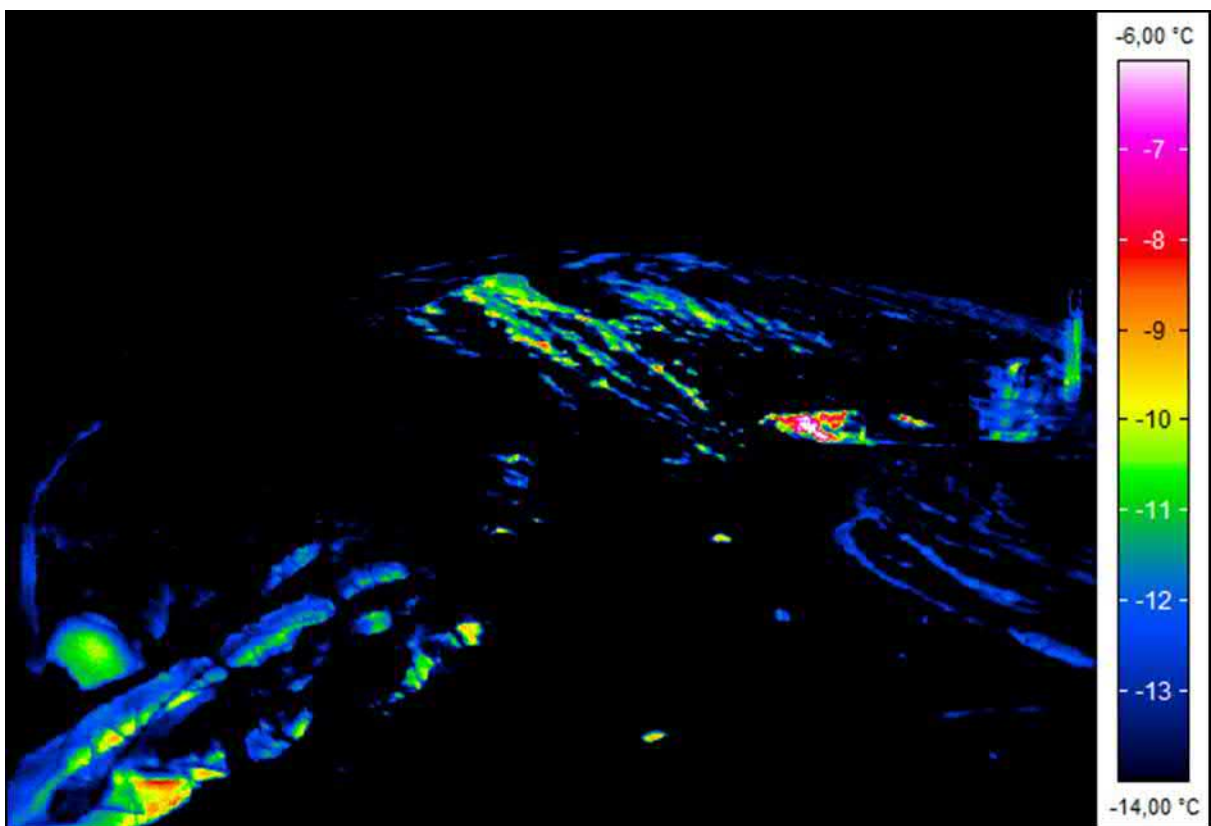


Bild 49

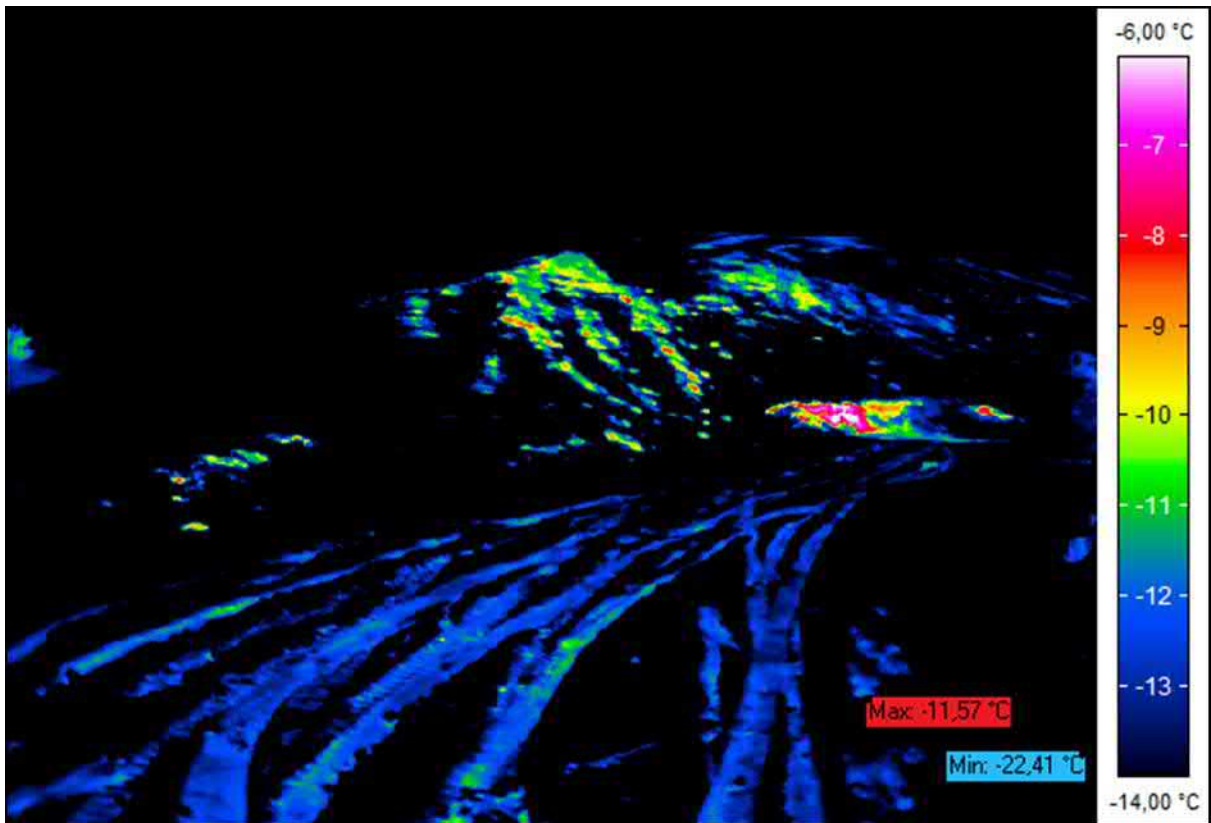


Bild 50

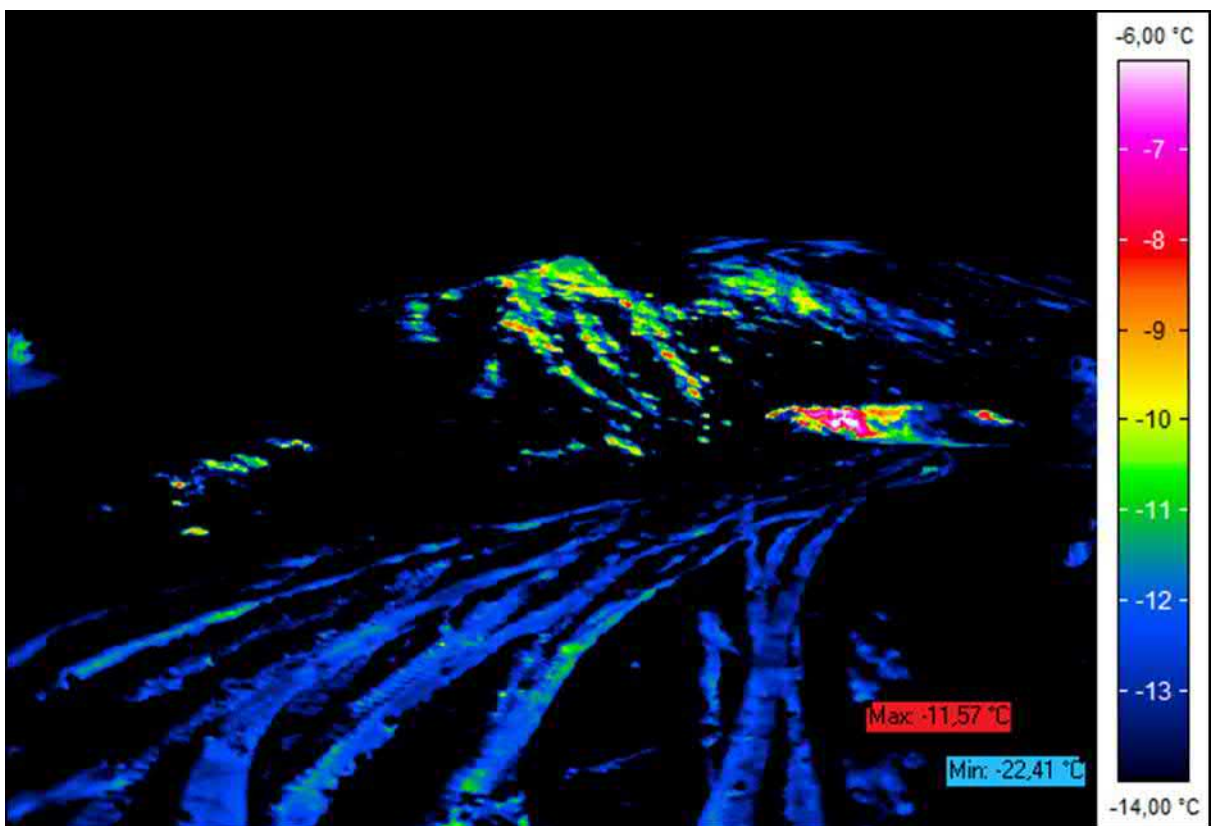


Bild 51

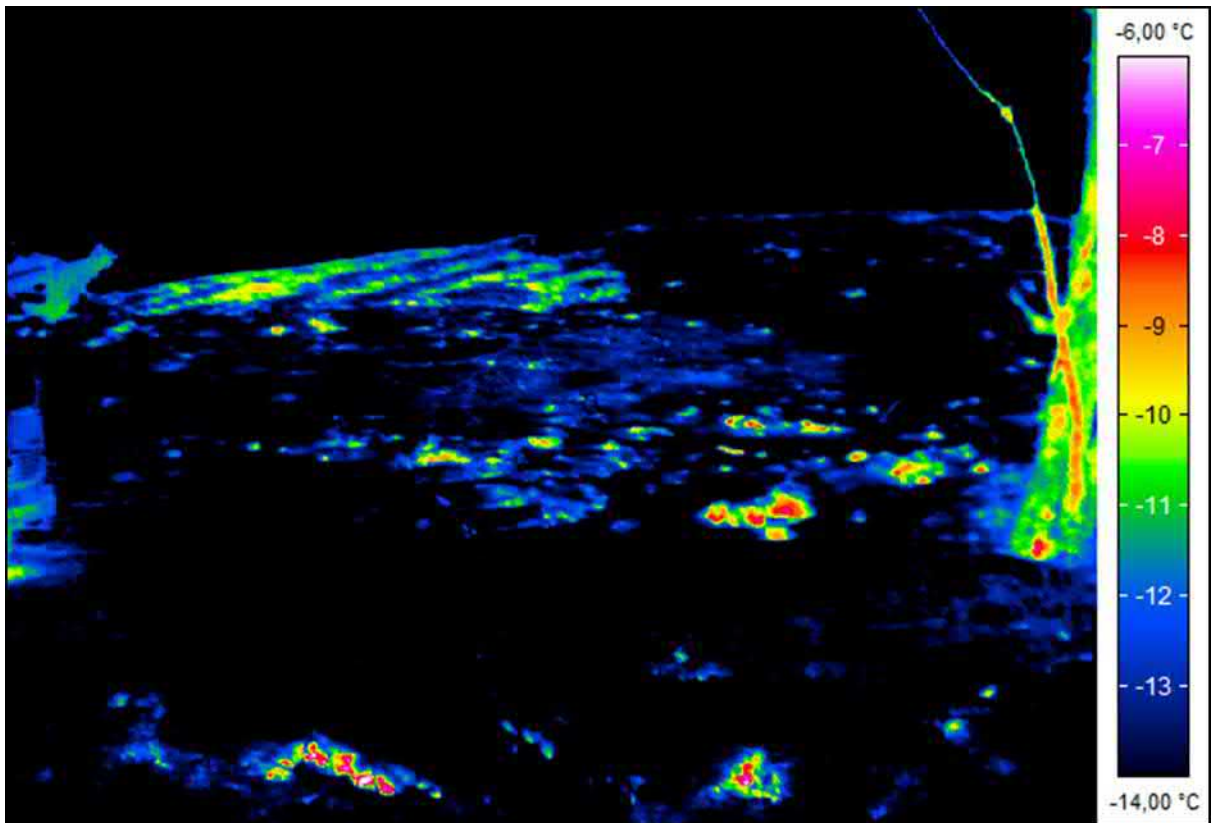


Bild 52

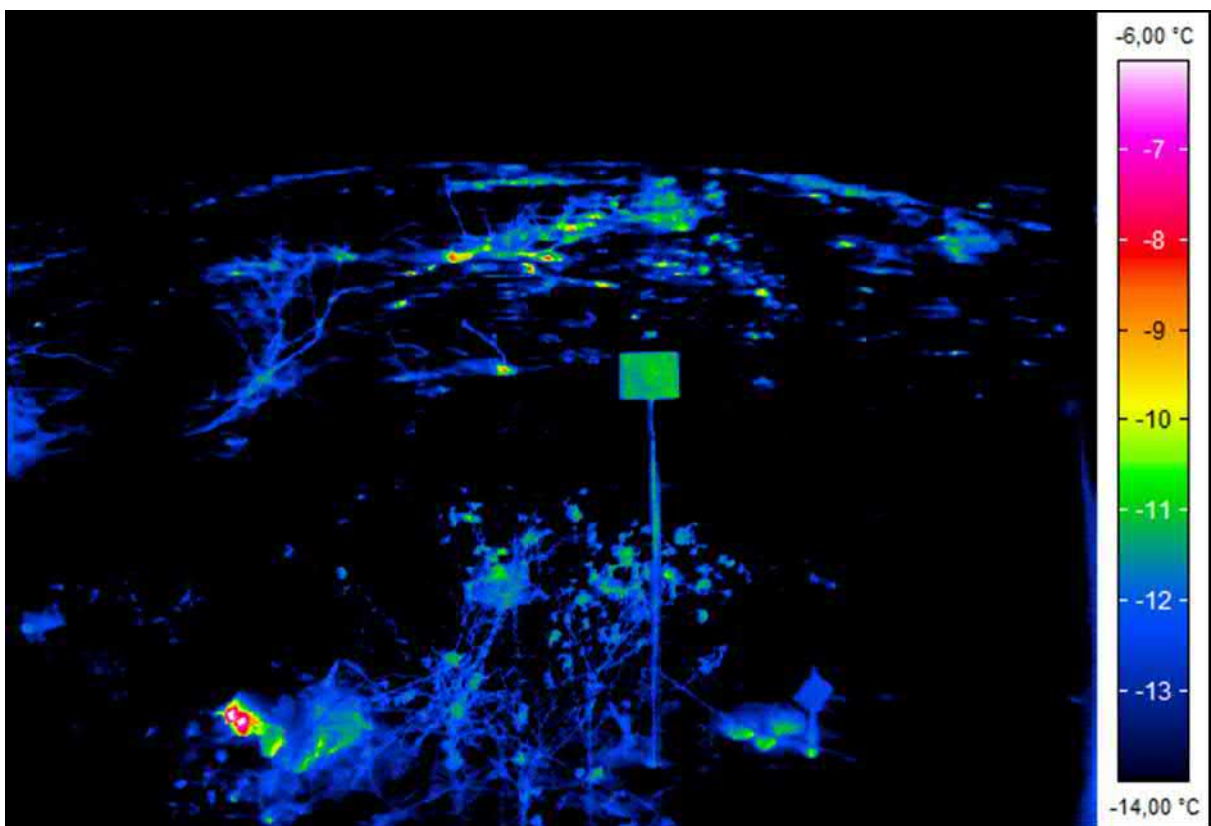


Bild 53

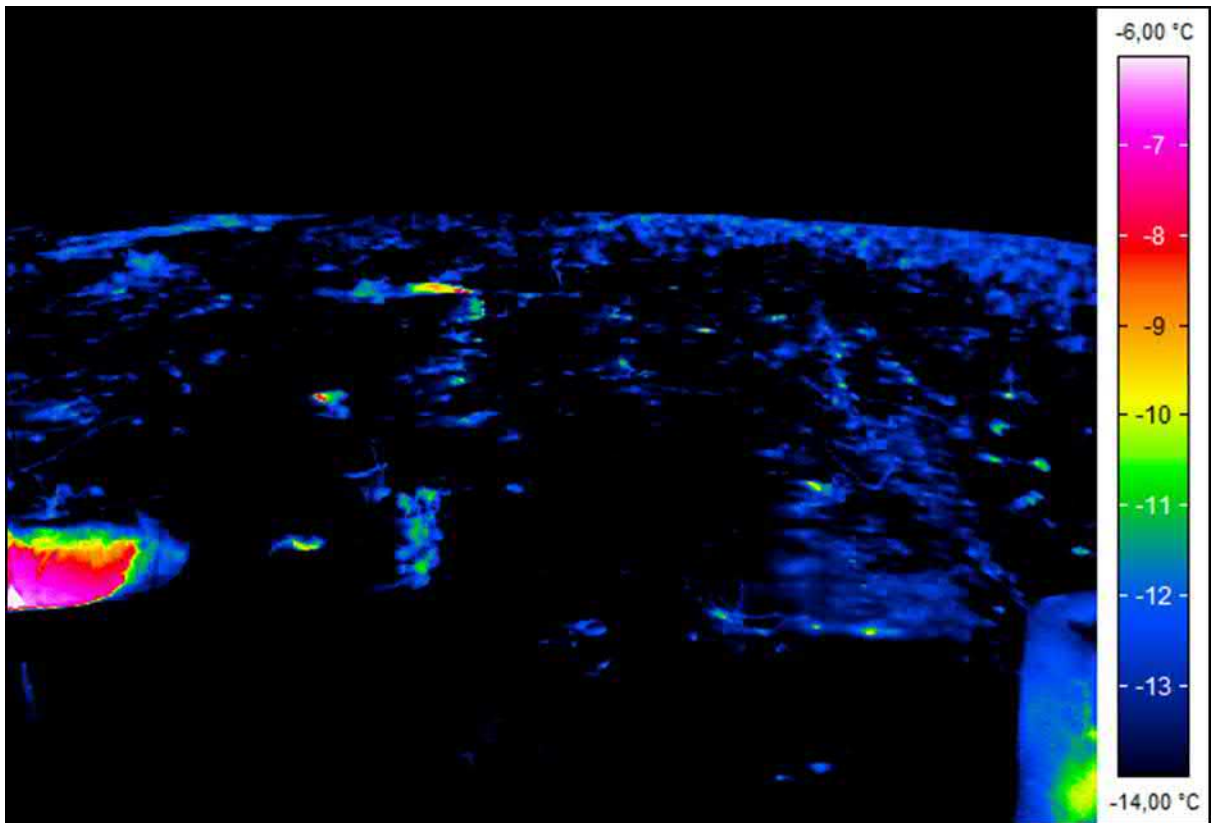


Bild 54

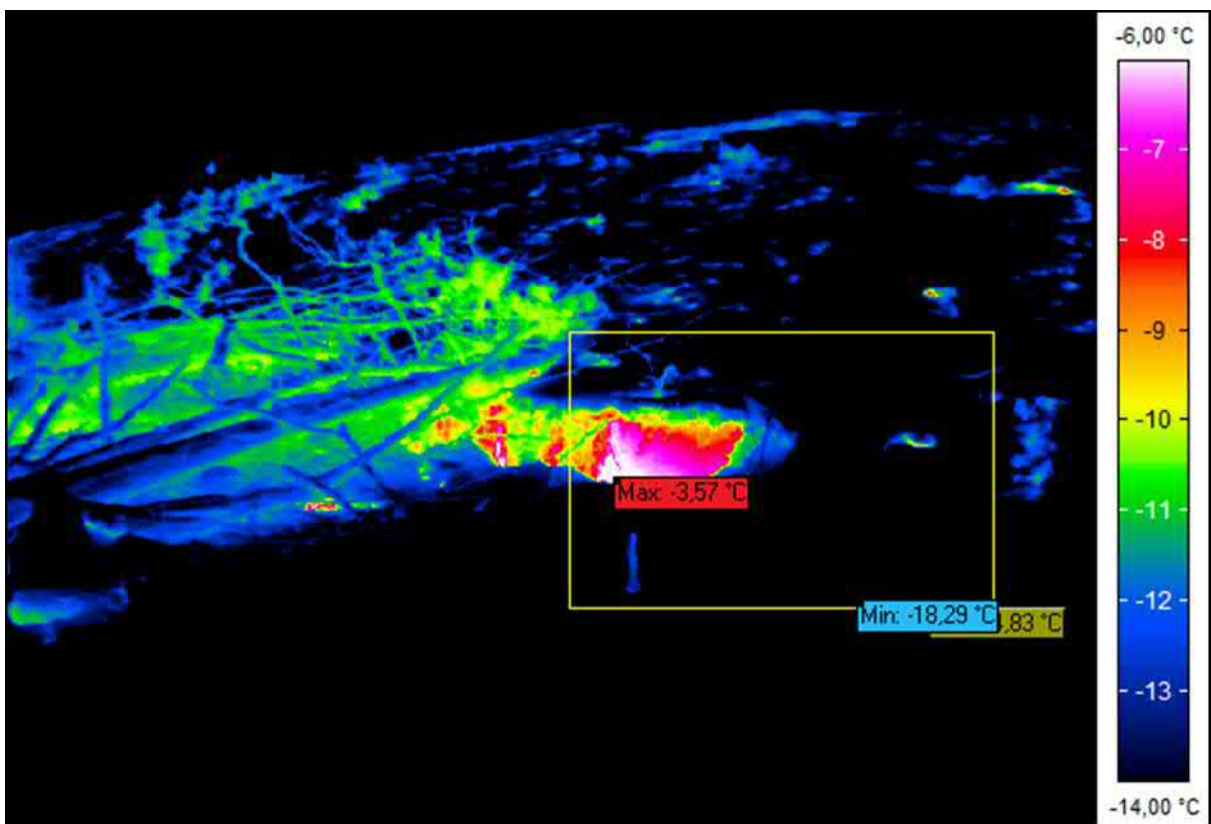


Bild 55

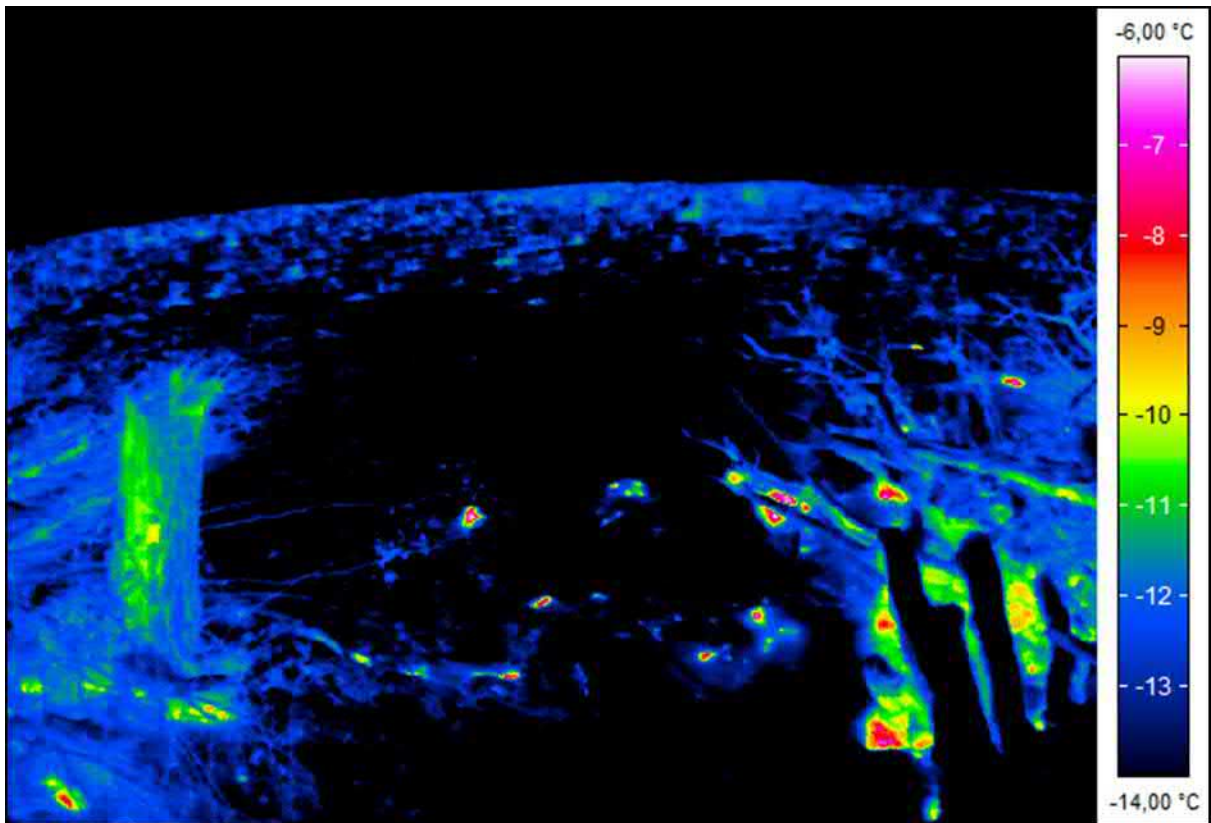


Bild 56

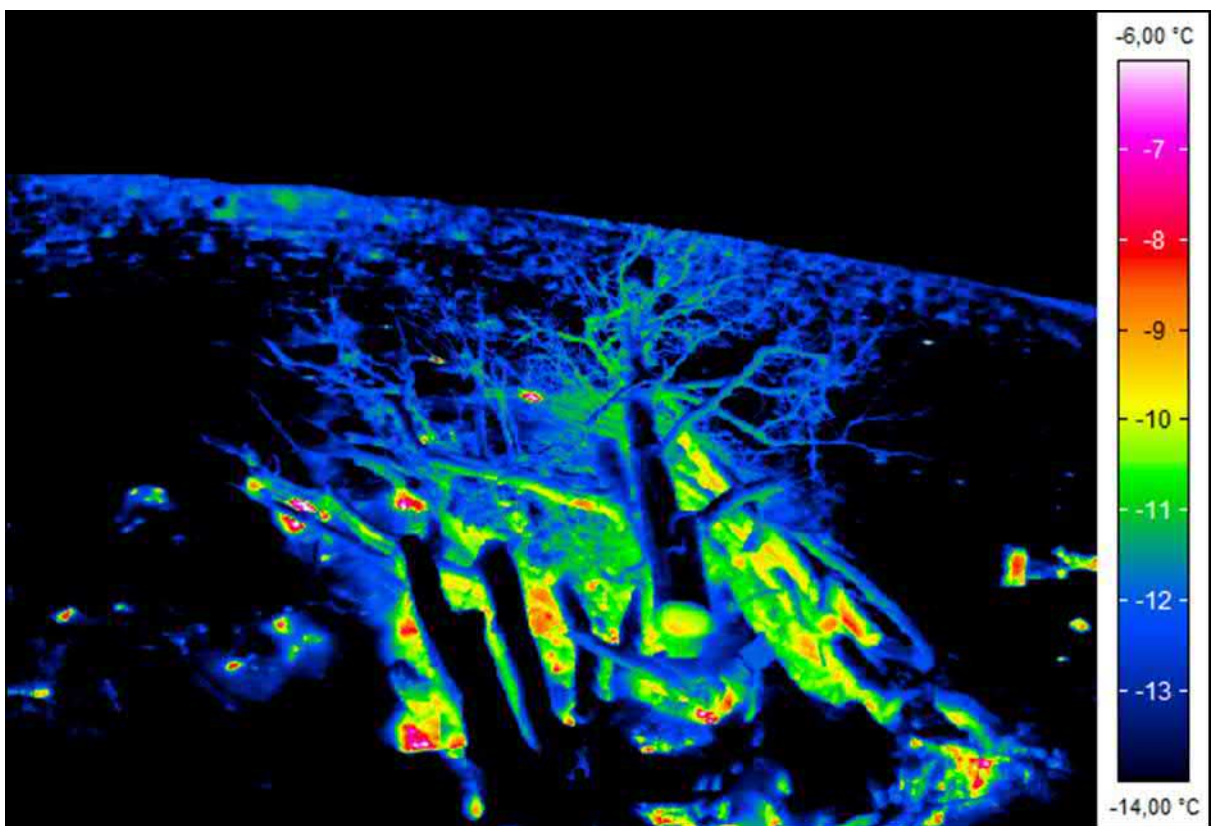


Bild 57

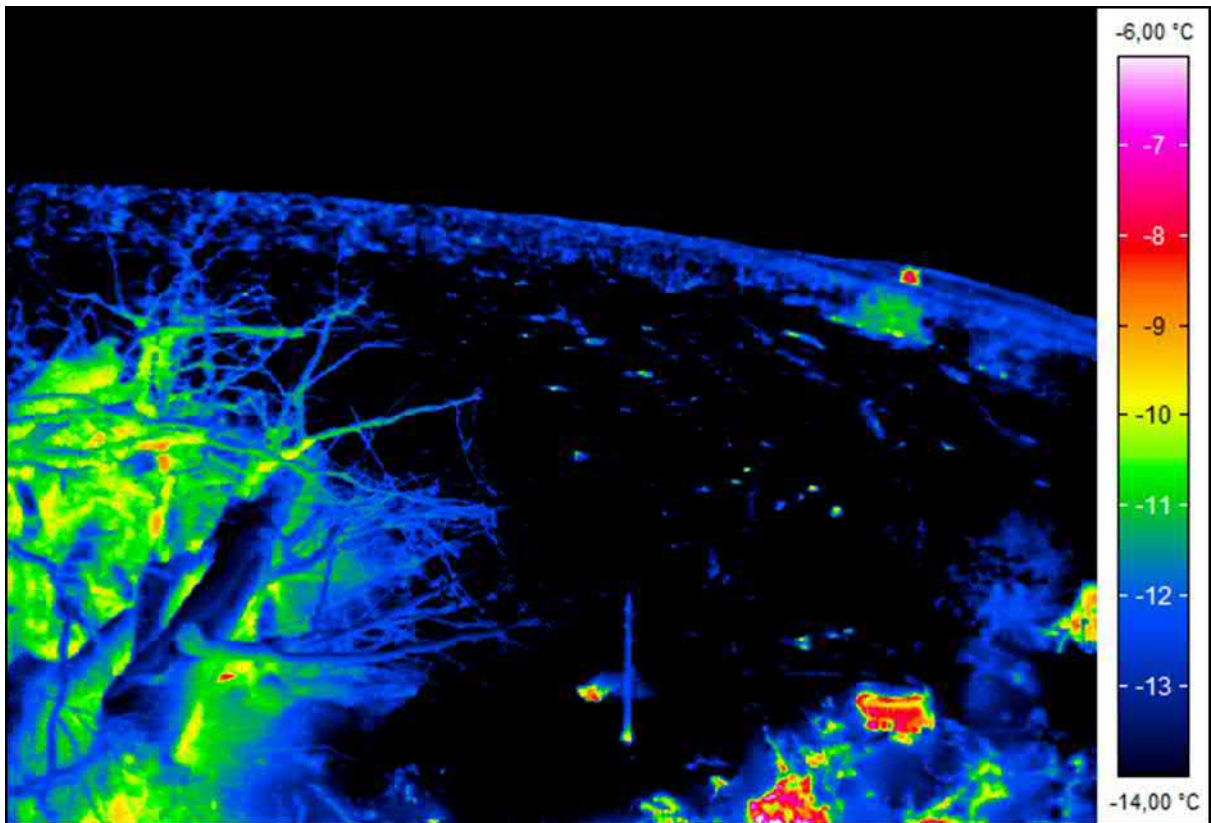


Bild 58

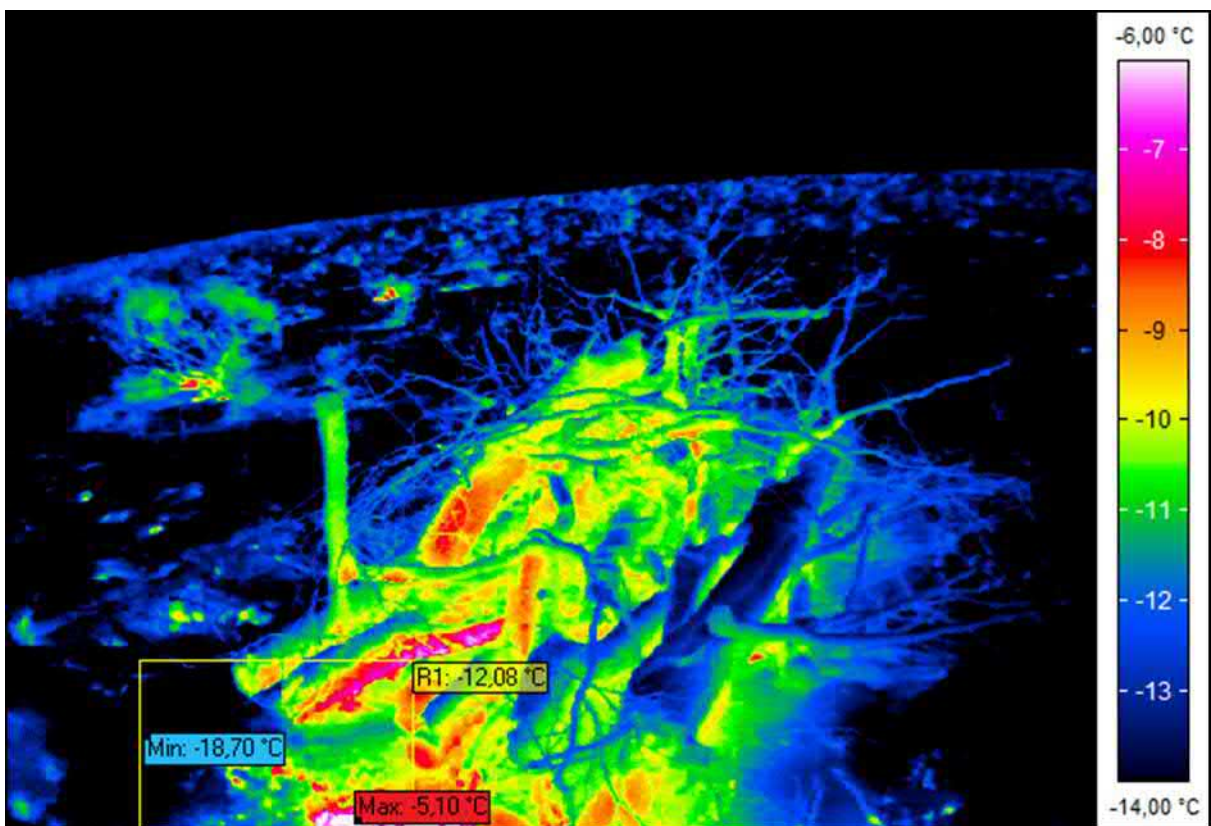


Bild 59

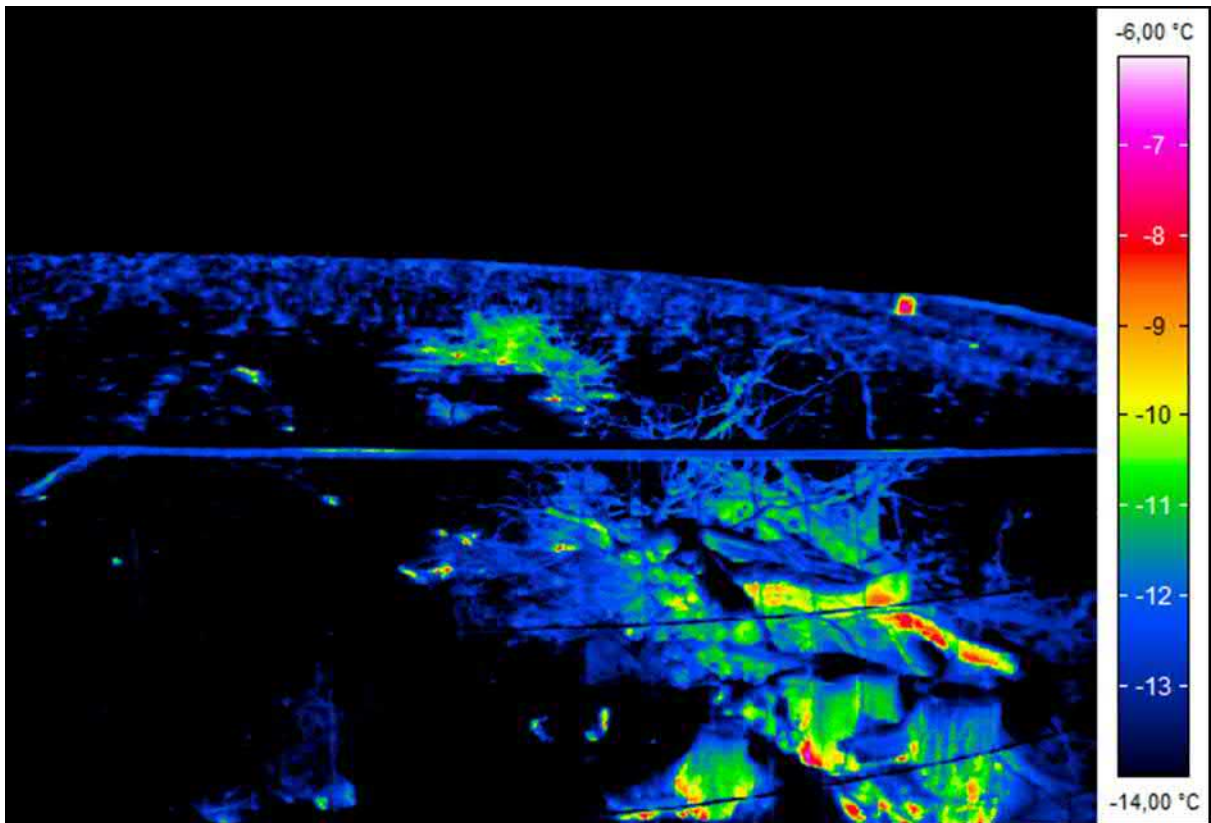


Bild 60

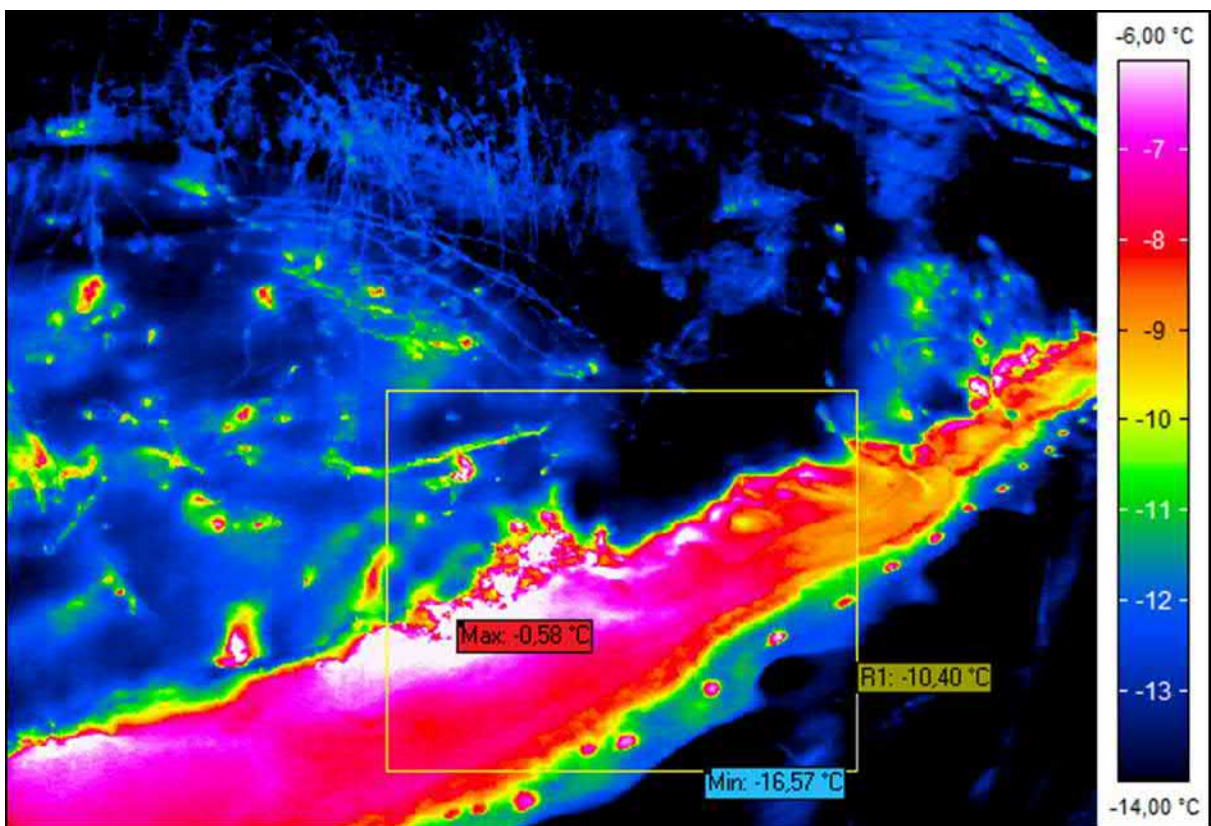


Bild 61

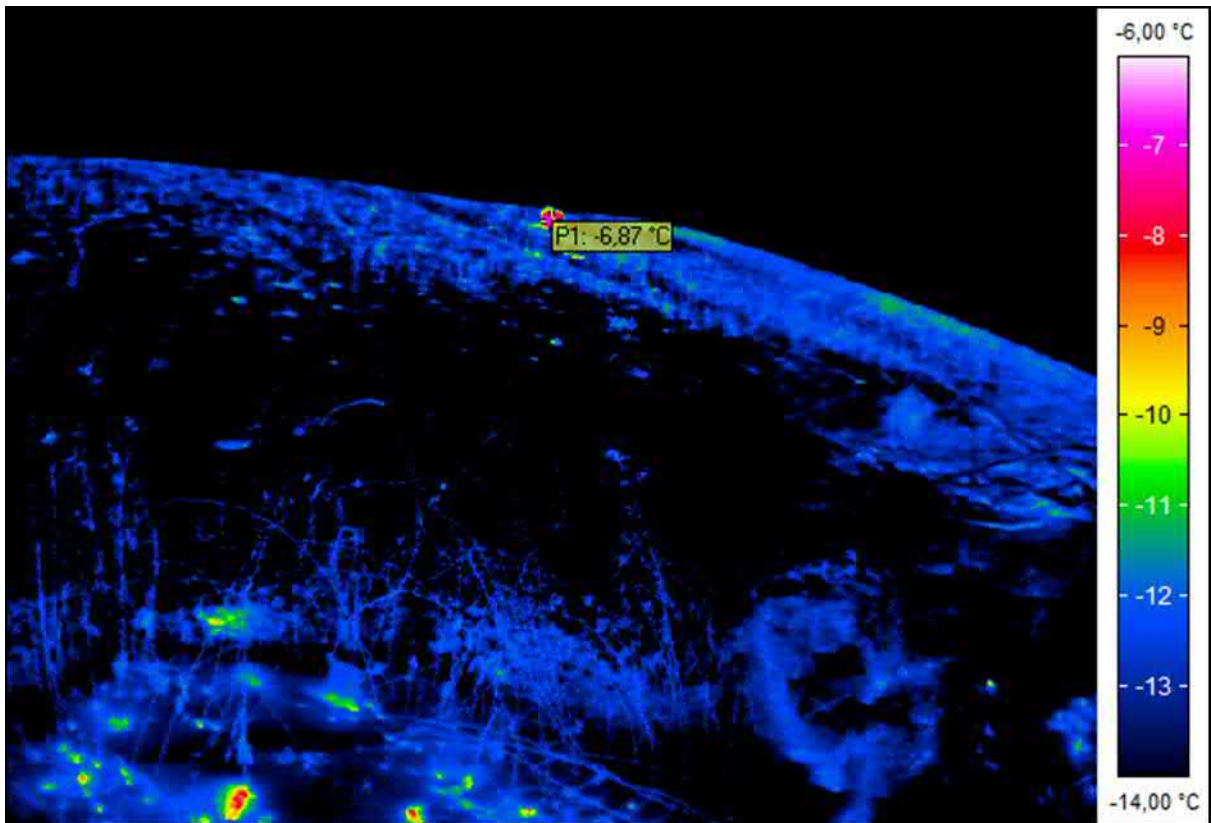


Bild 62

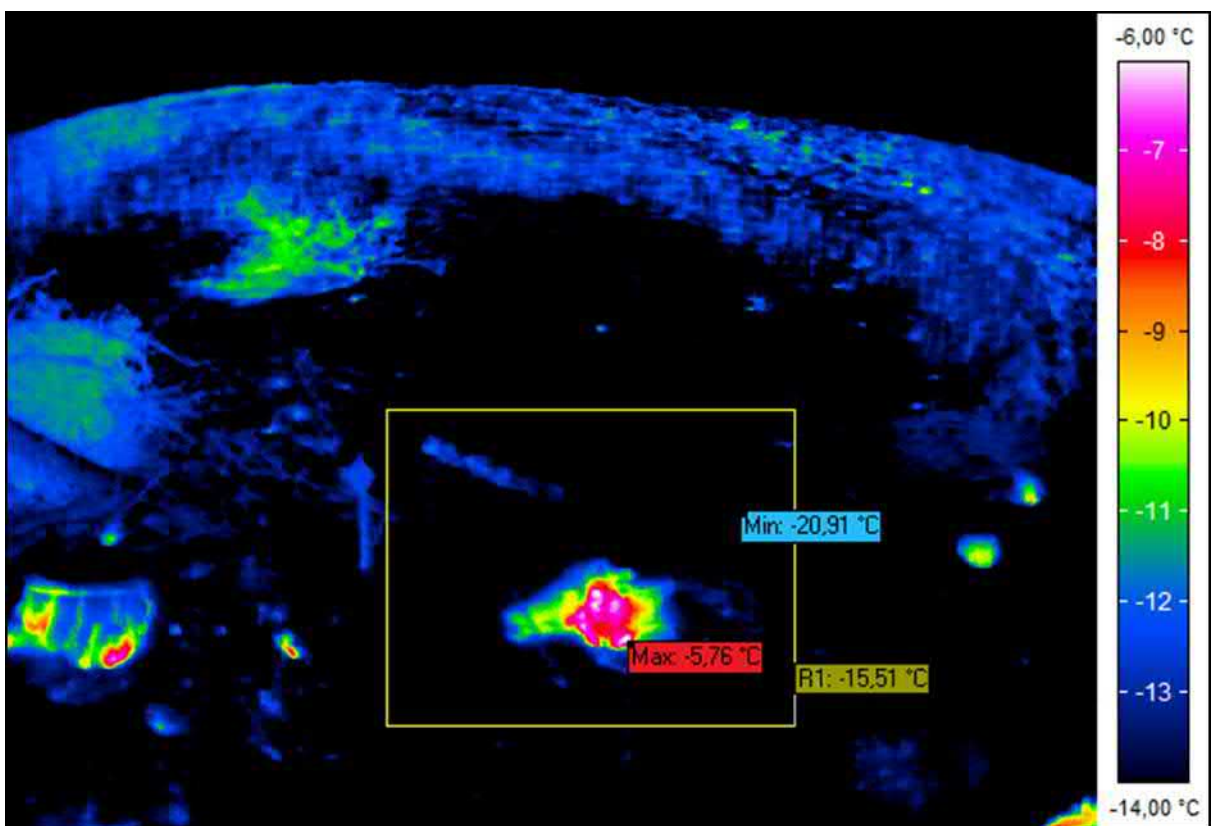


Bild 63

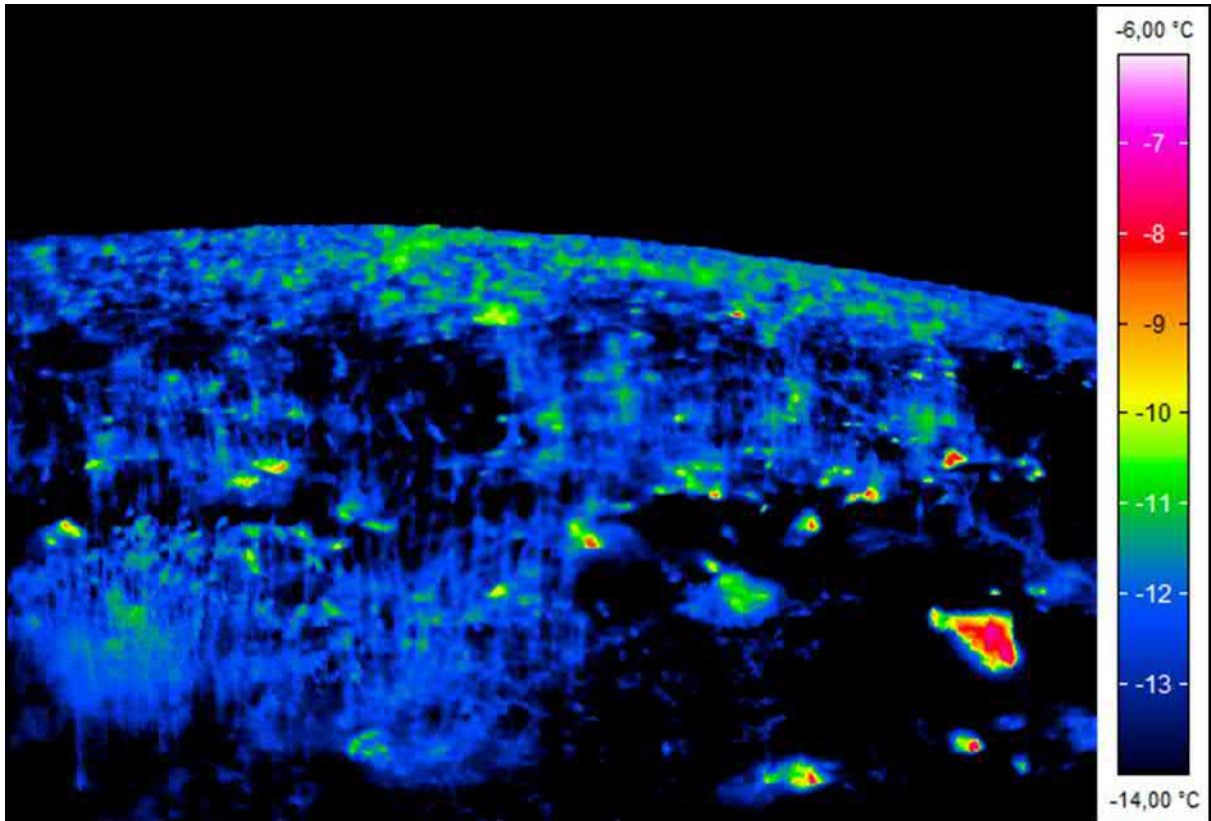


Bild 64

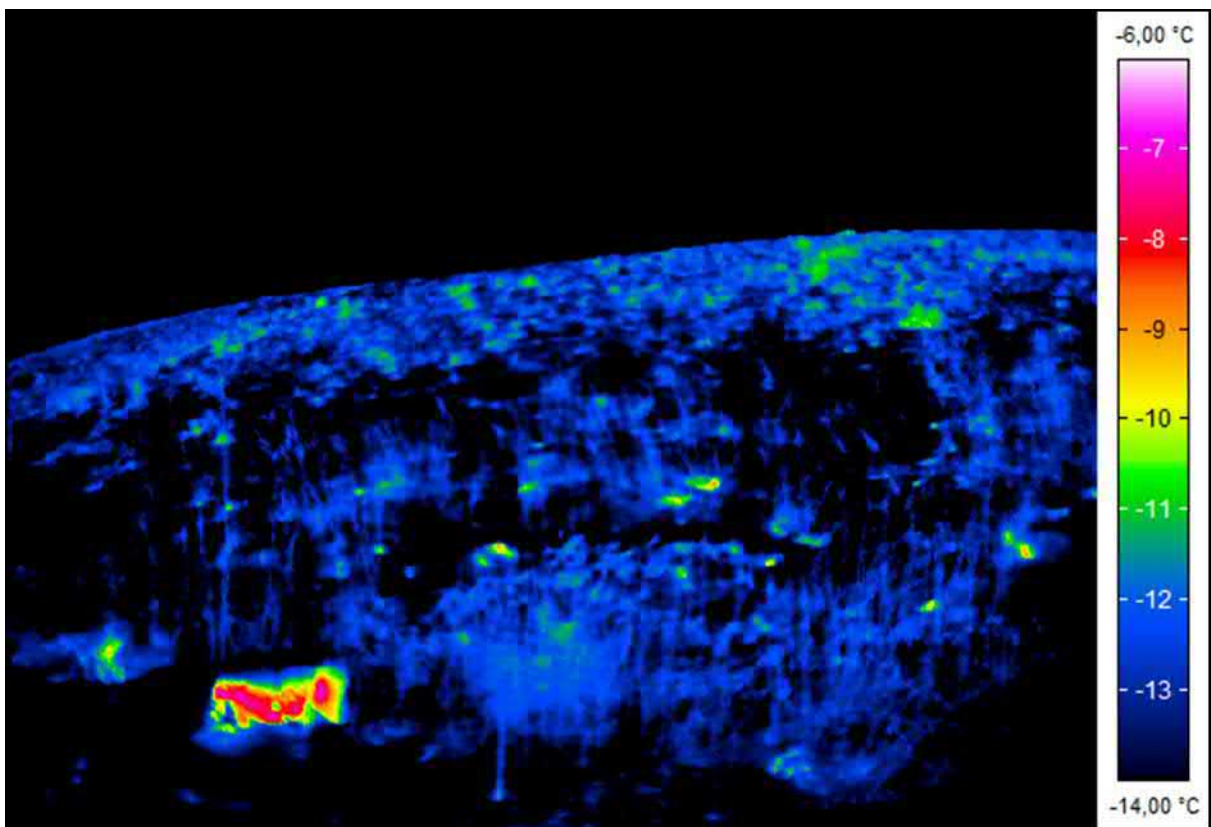


Bild 65

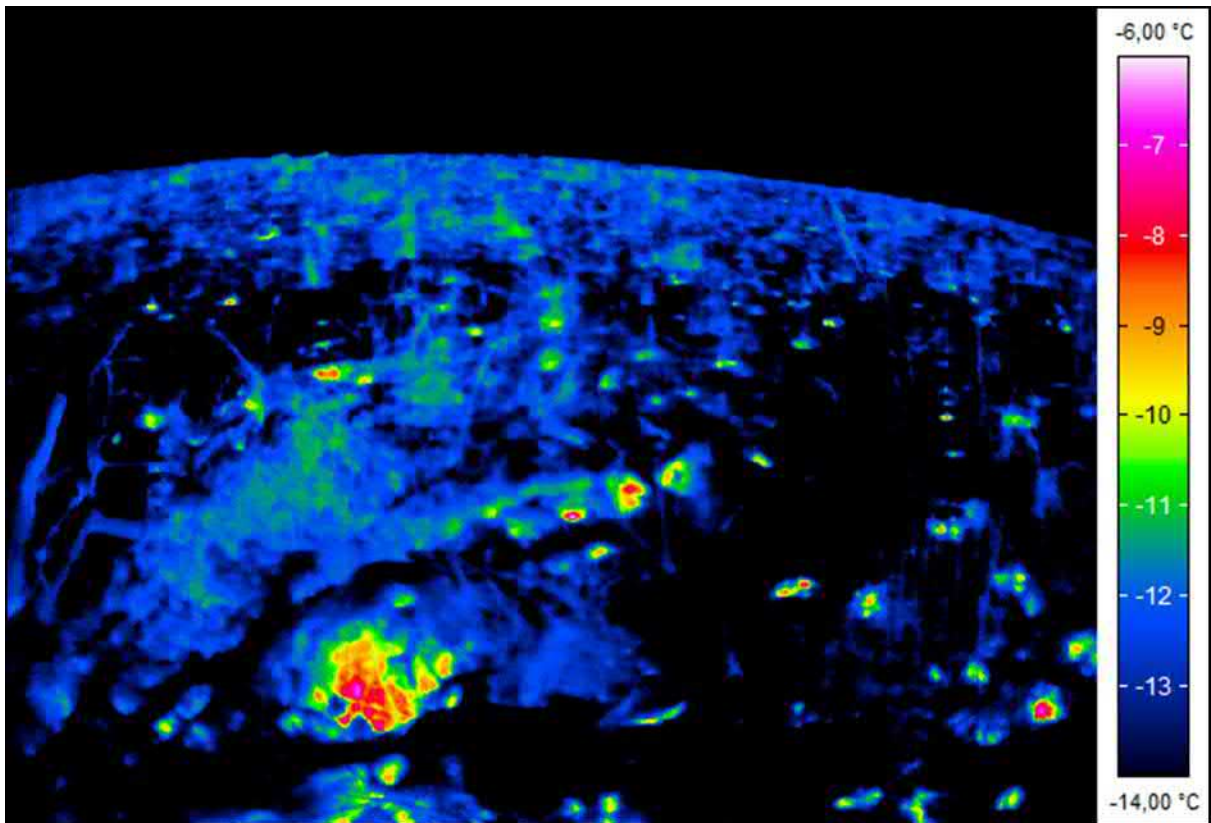


Bild 66

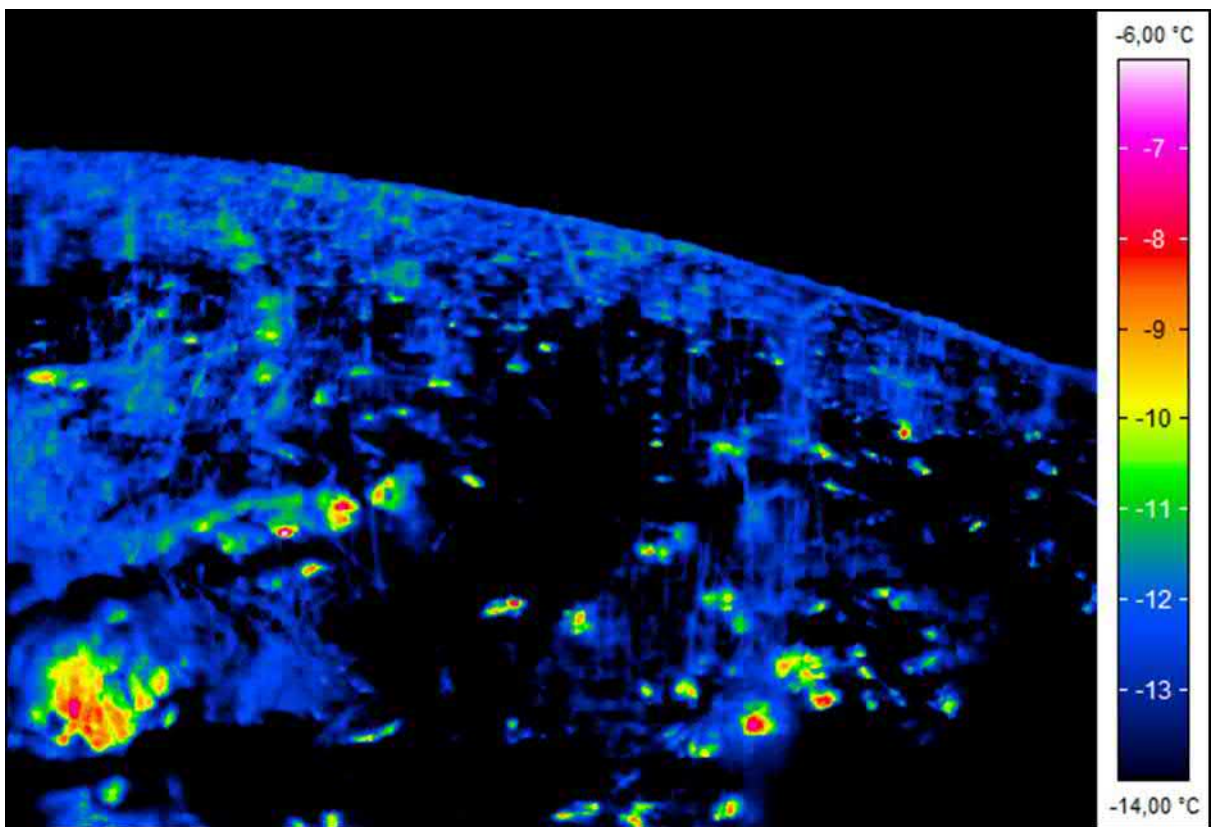


Bild 67

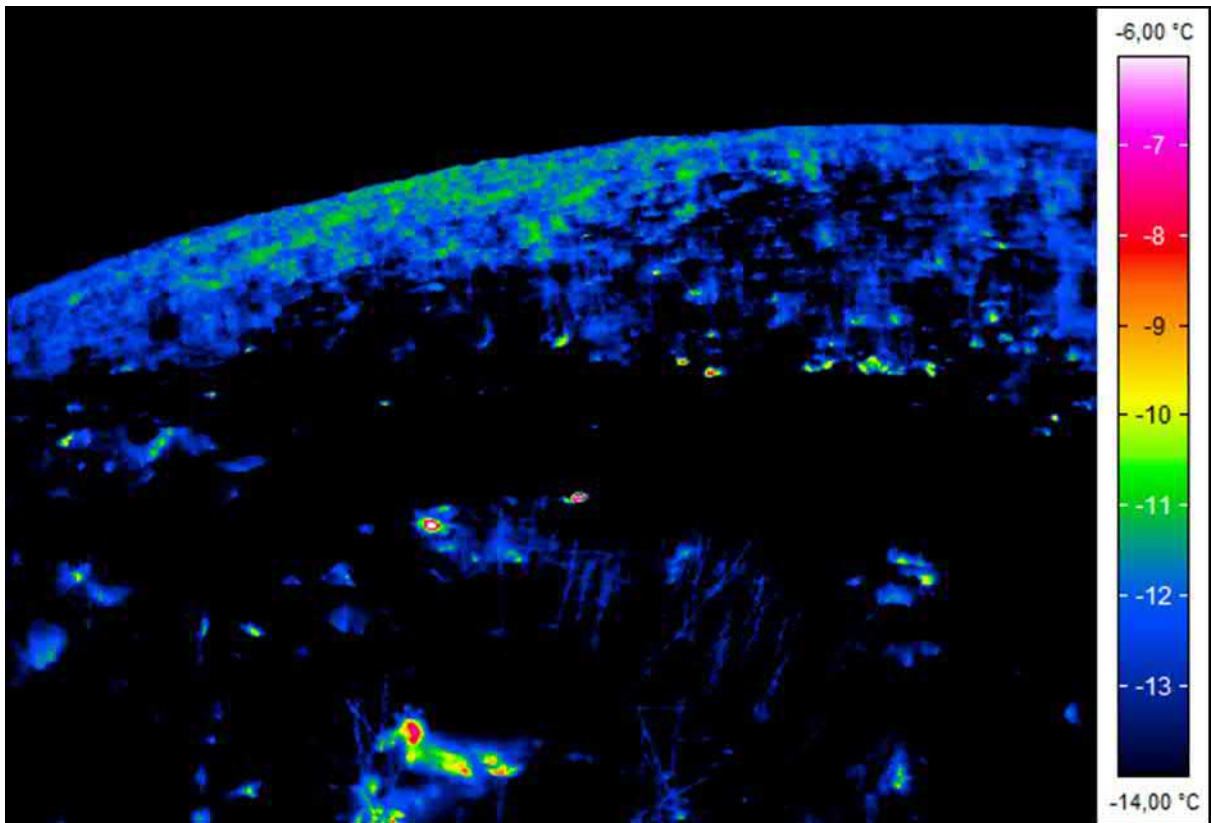


Bild 68

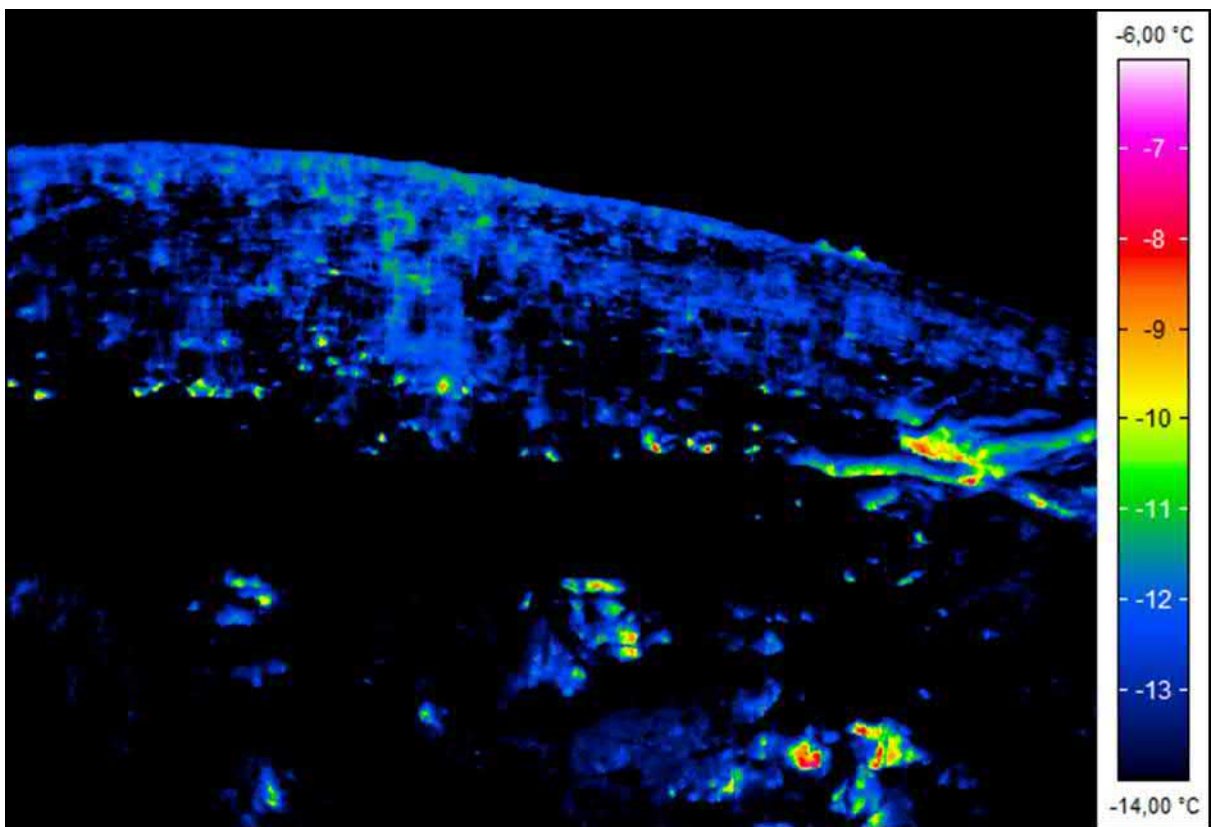


Bild 69

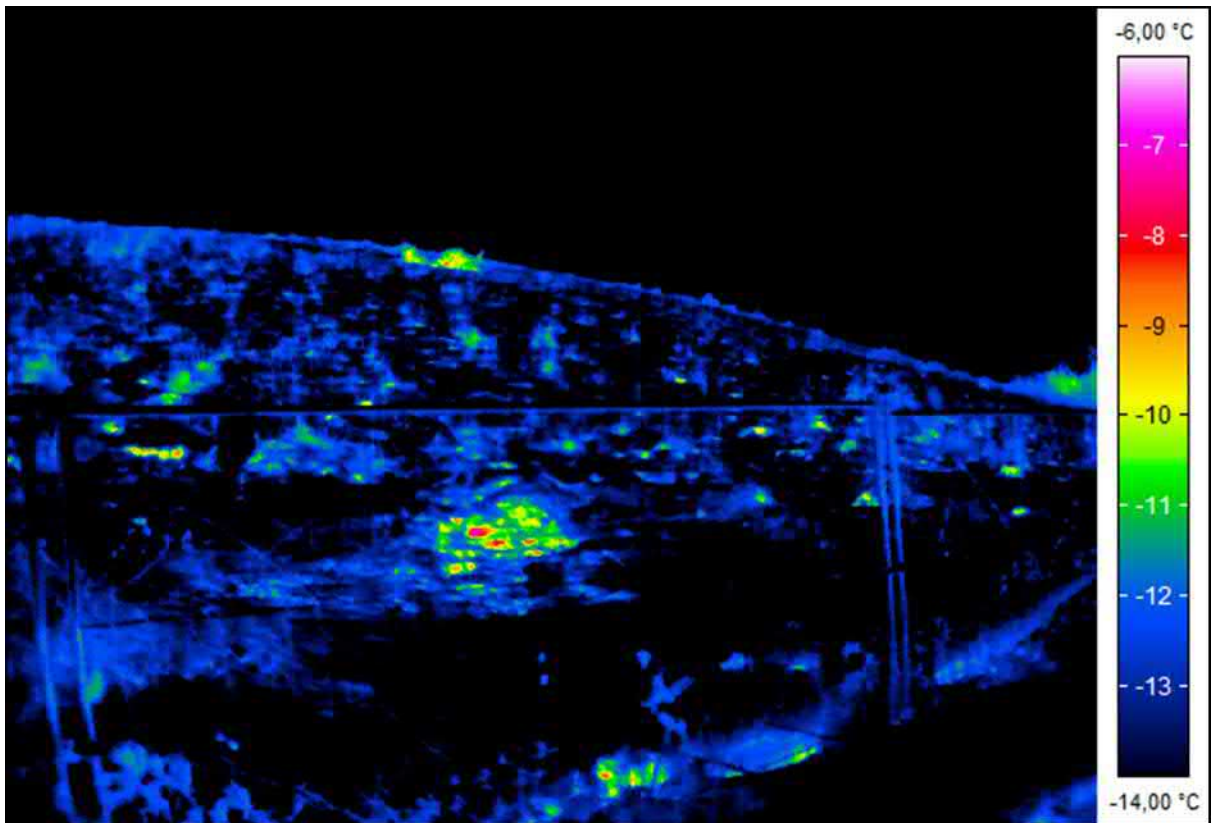


Bild 70

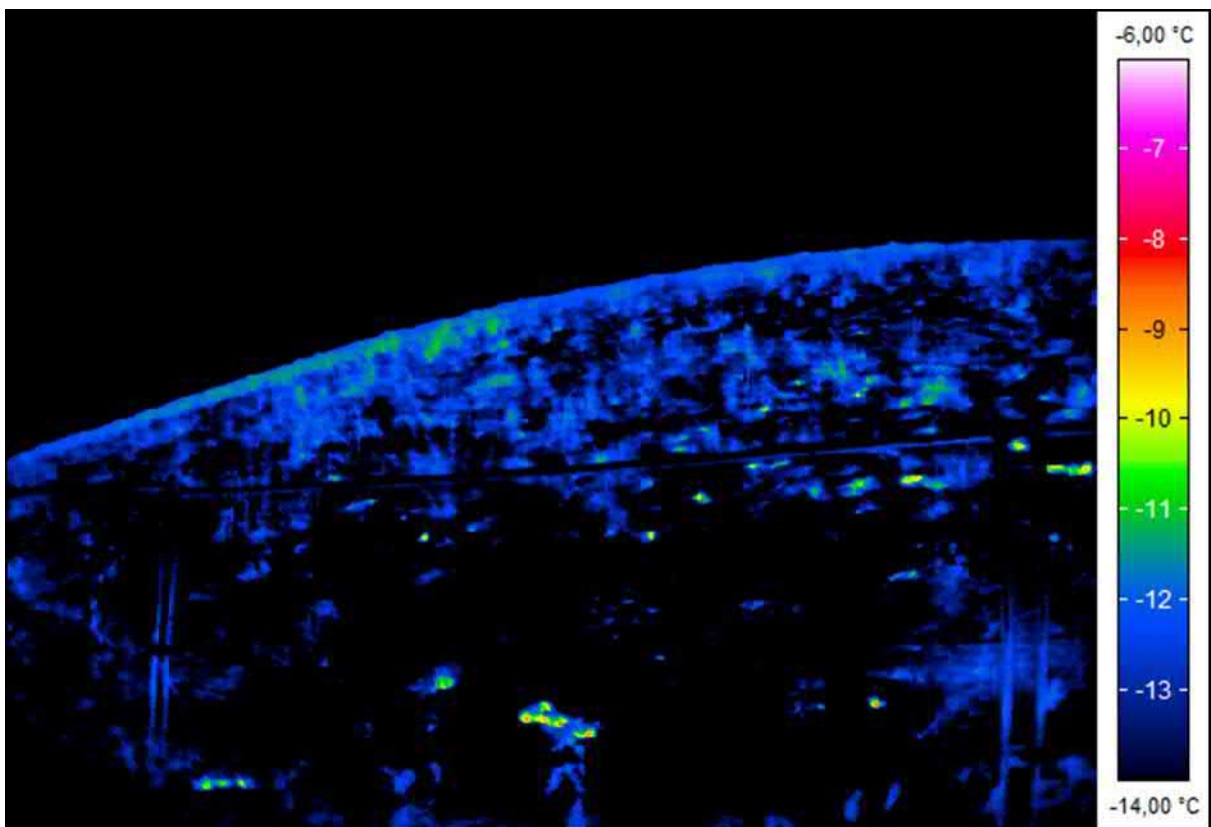


Bild 71

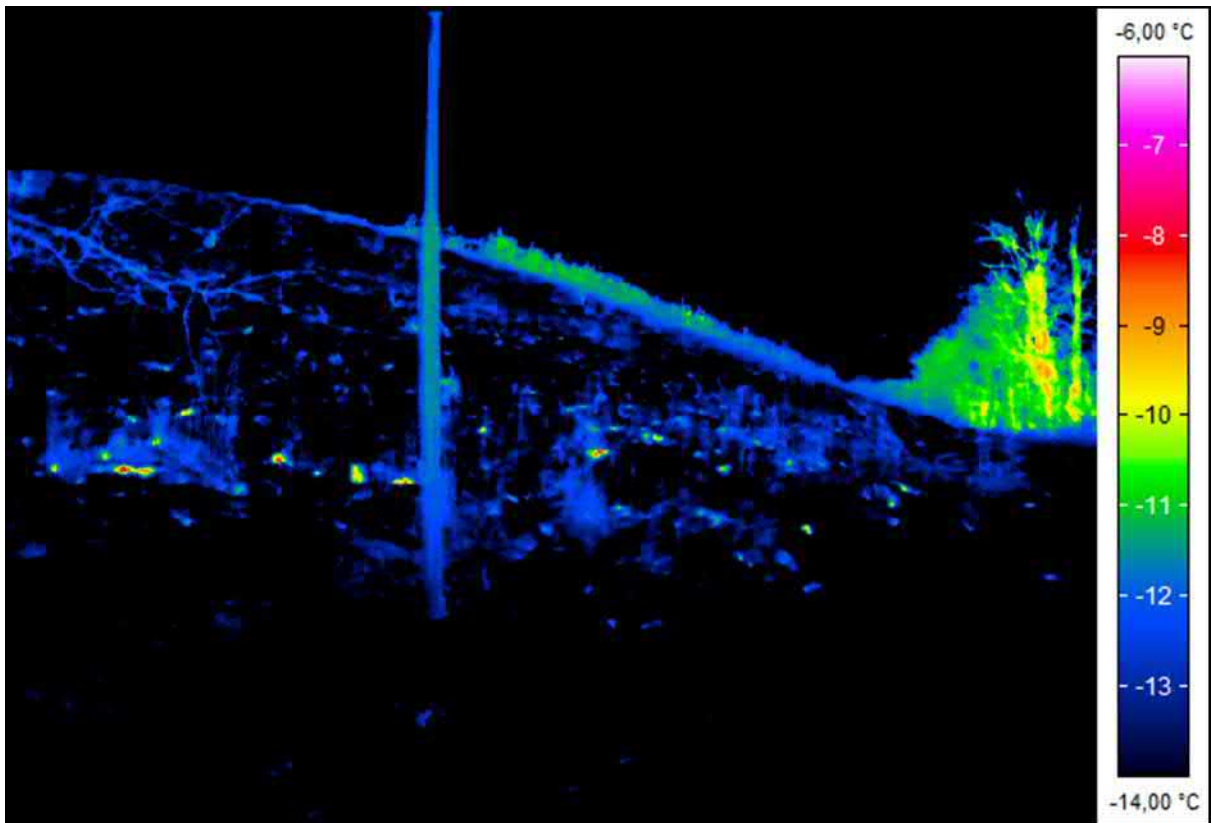


Bild 72

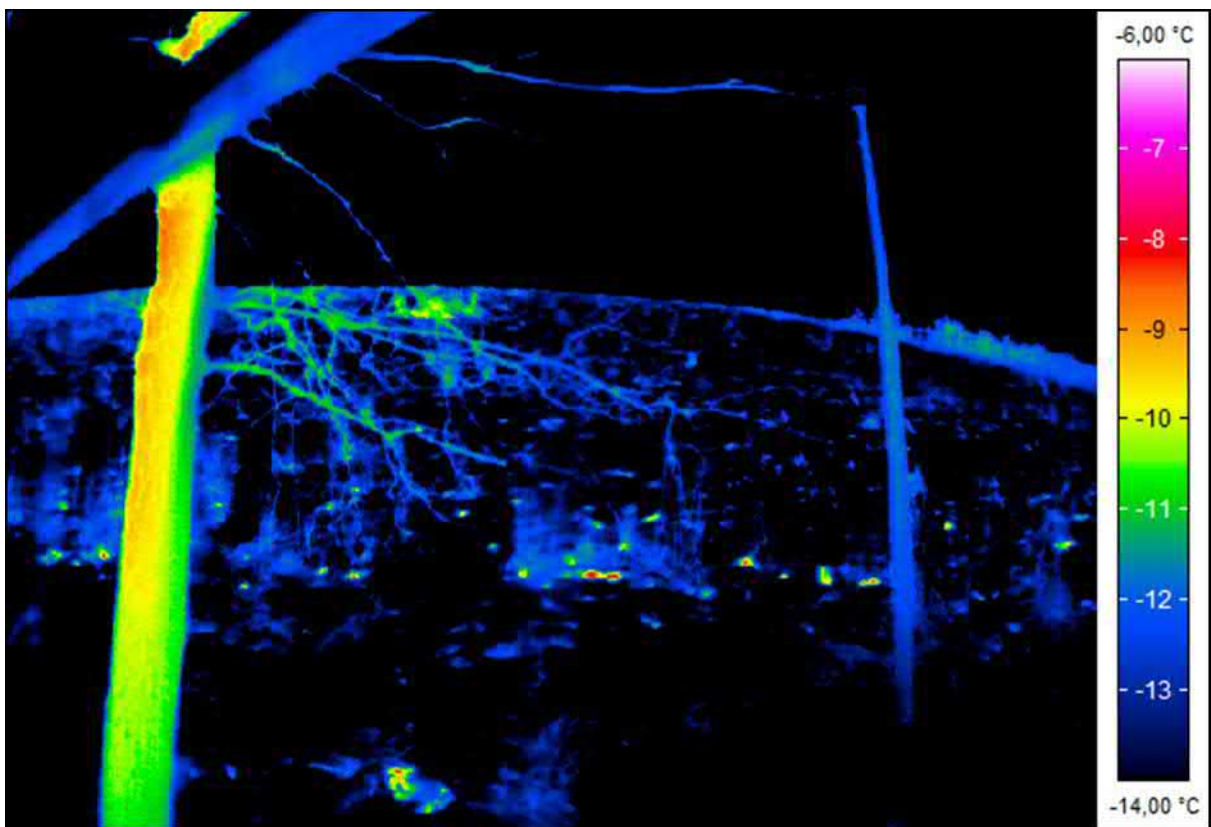


Bild 73

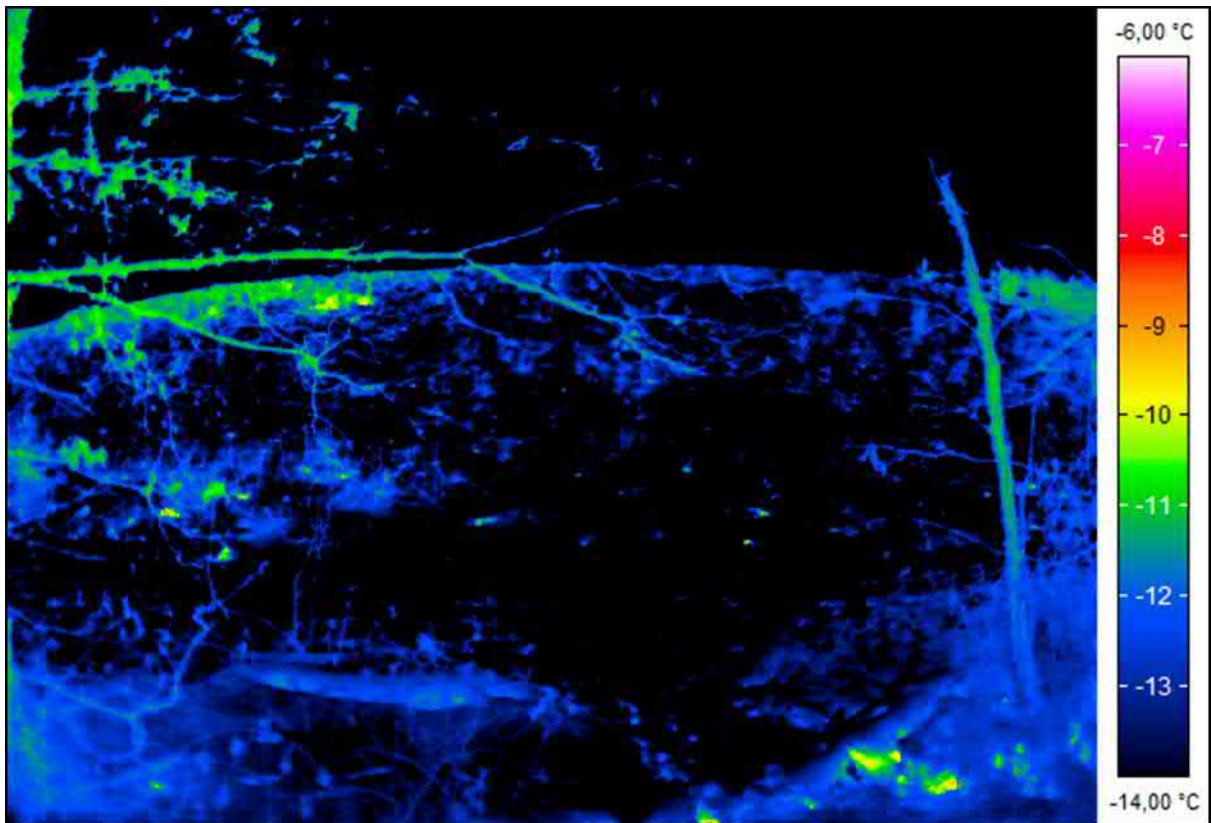


Bild 74

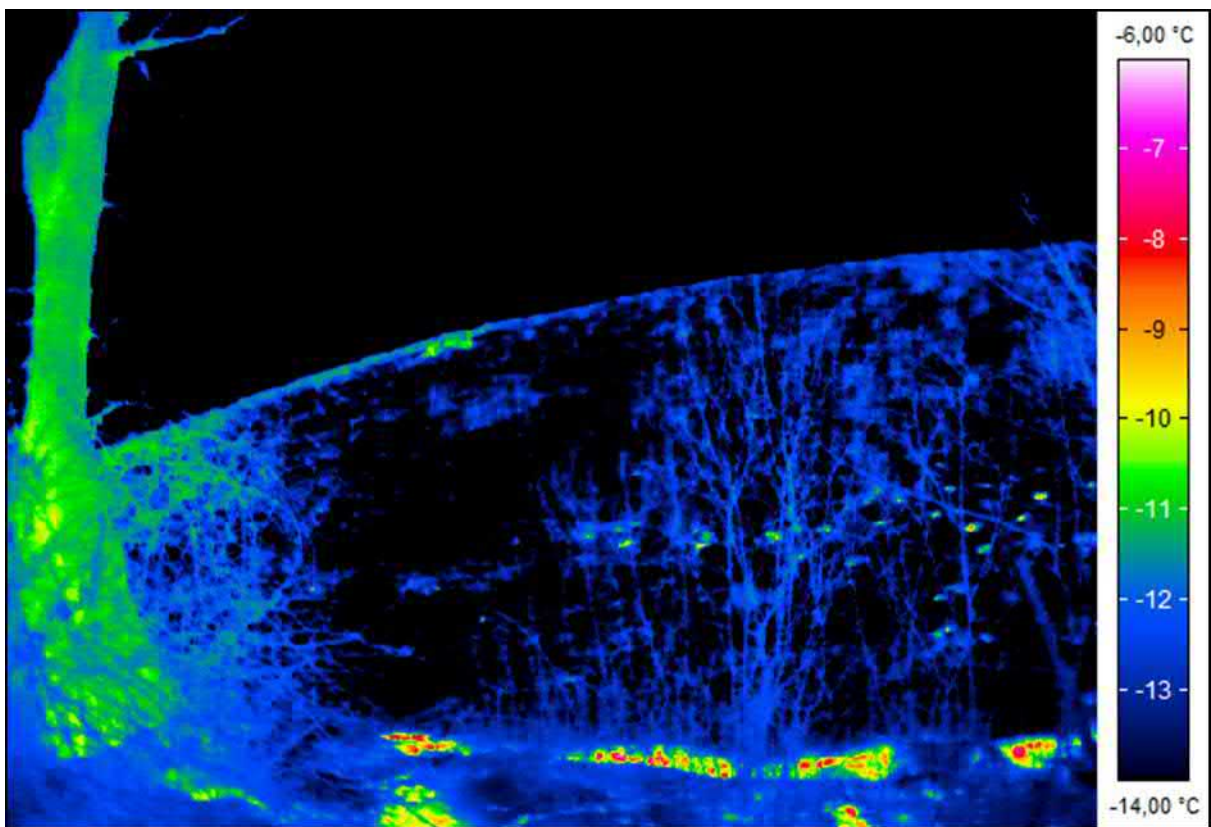


Bild 75

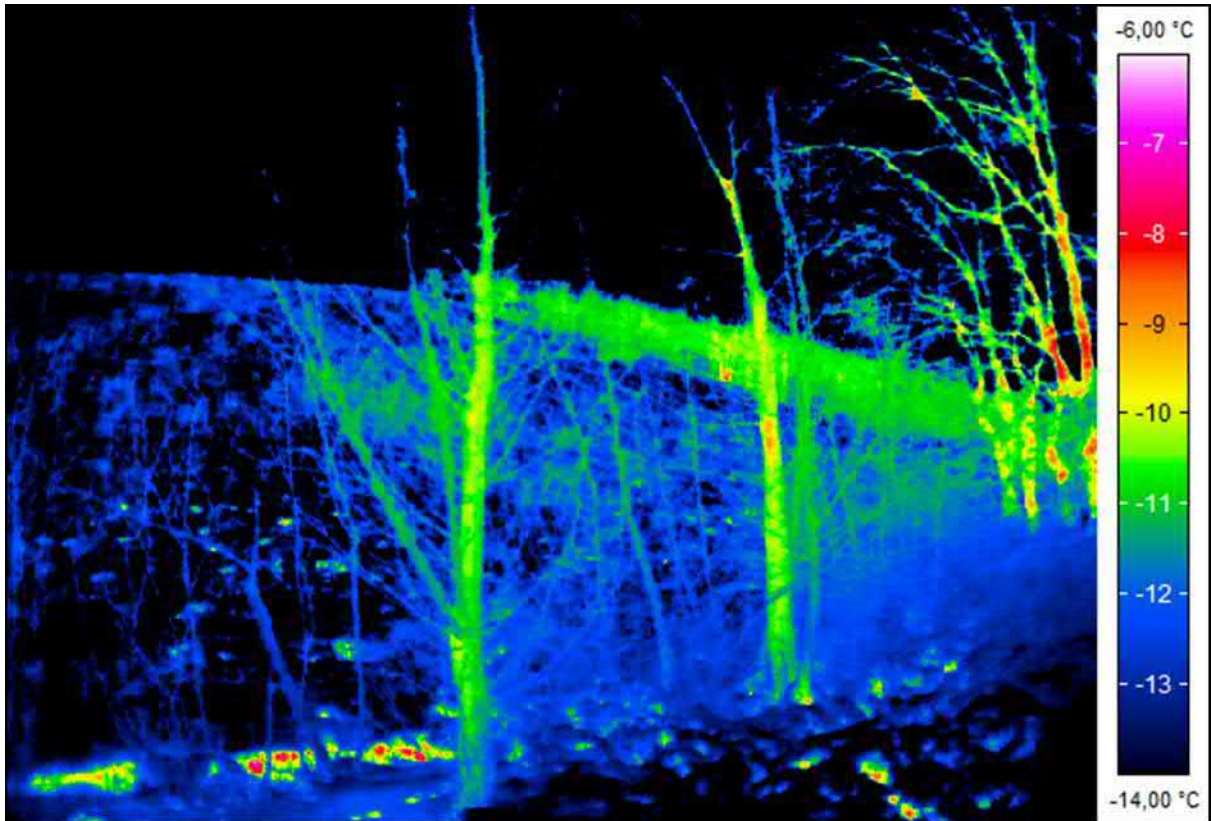


Bild 76

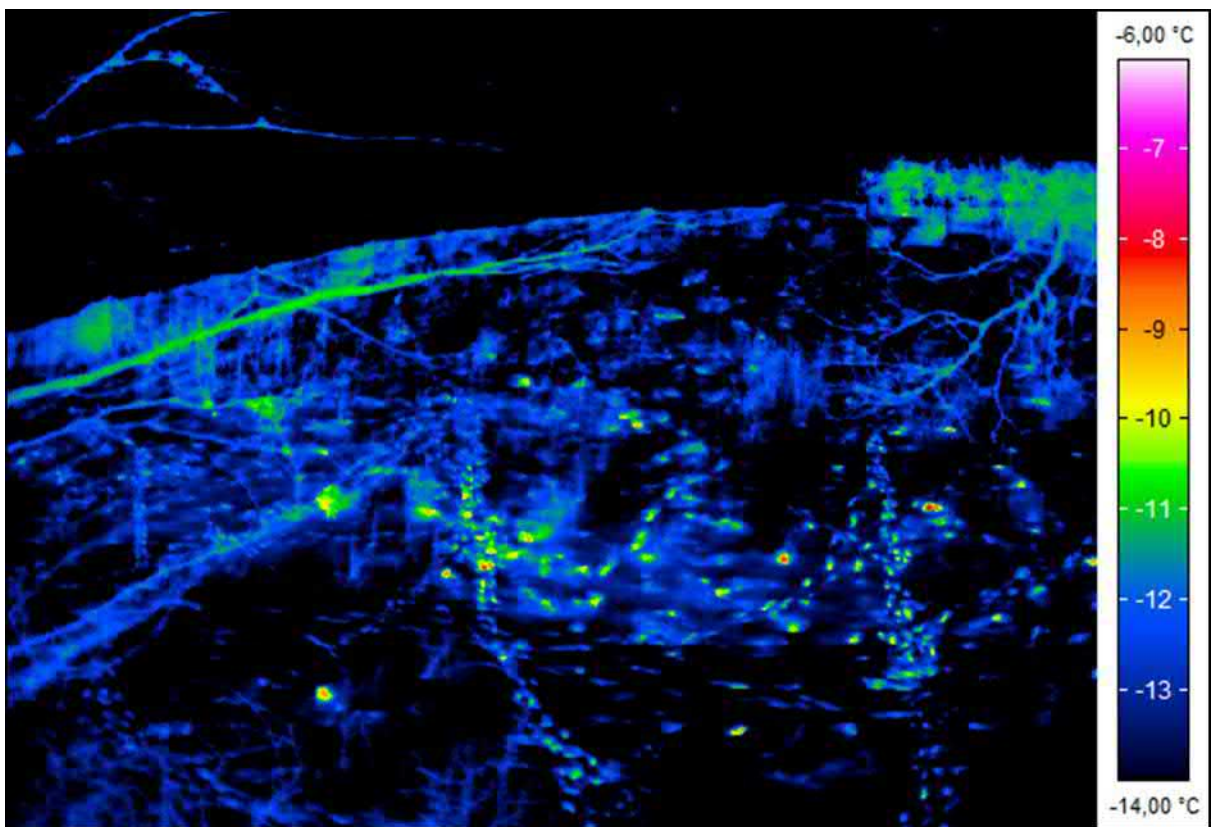


Bild 77

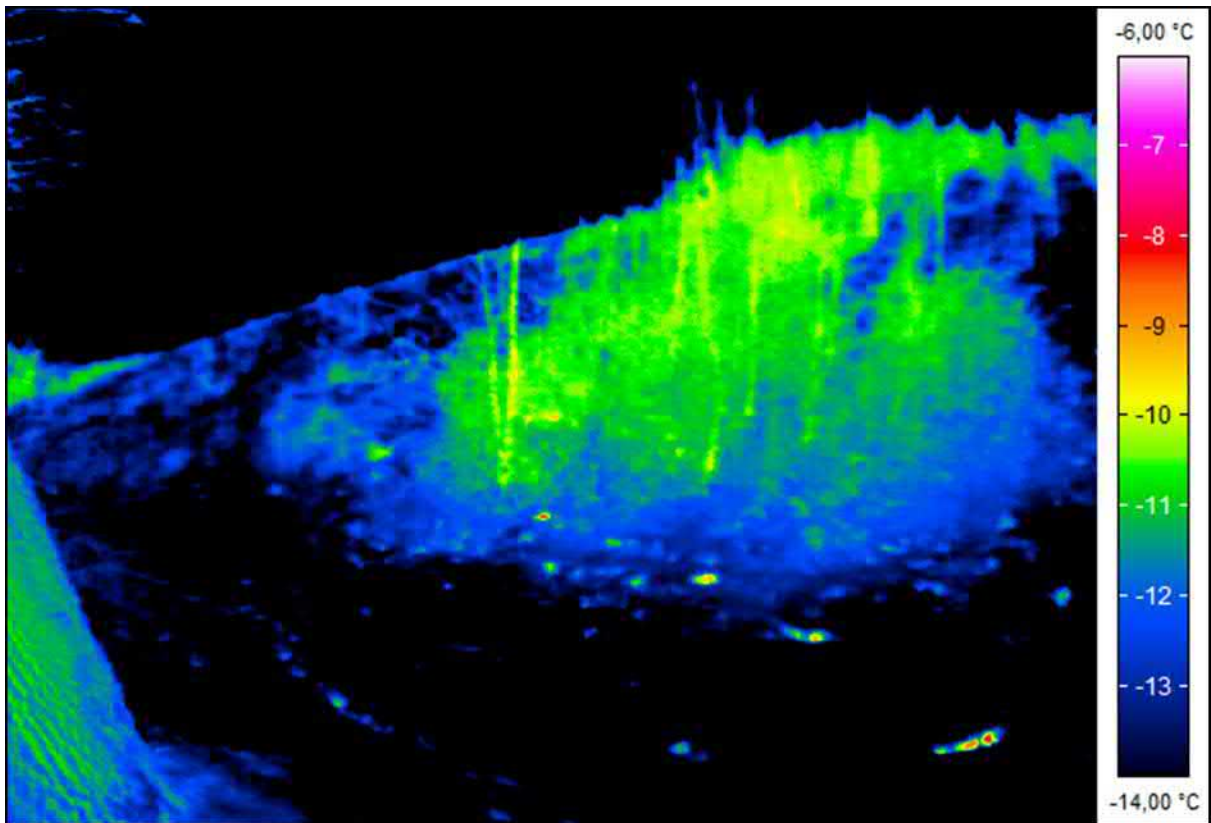


Bild 78

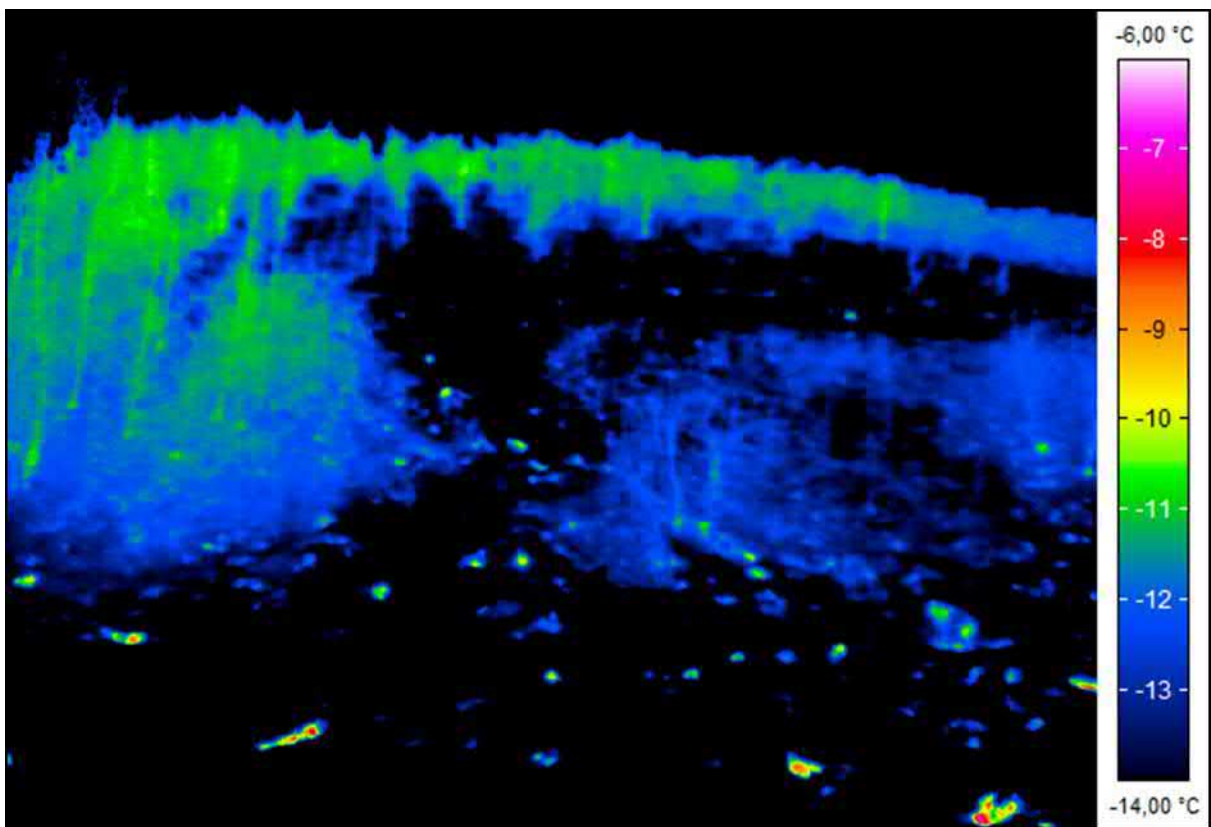


Bild 79

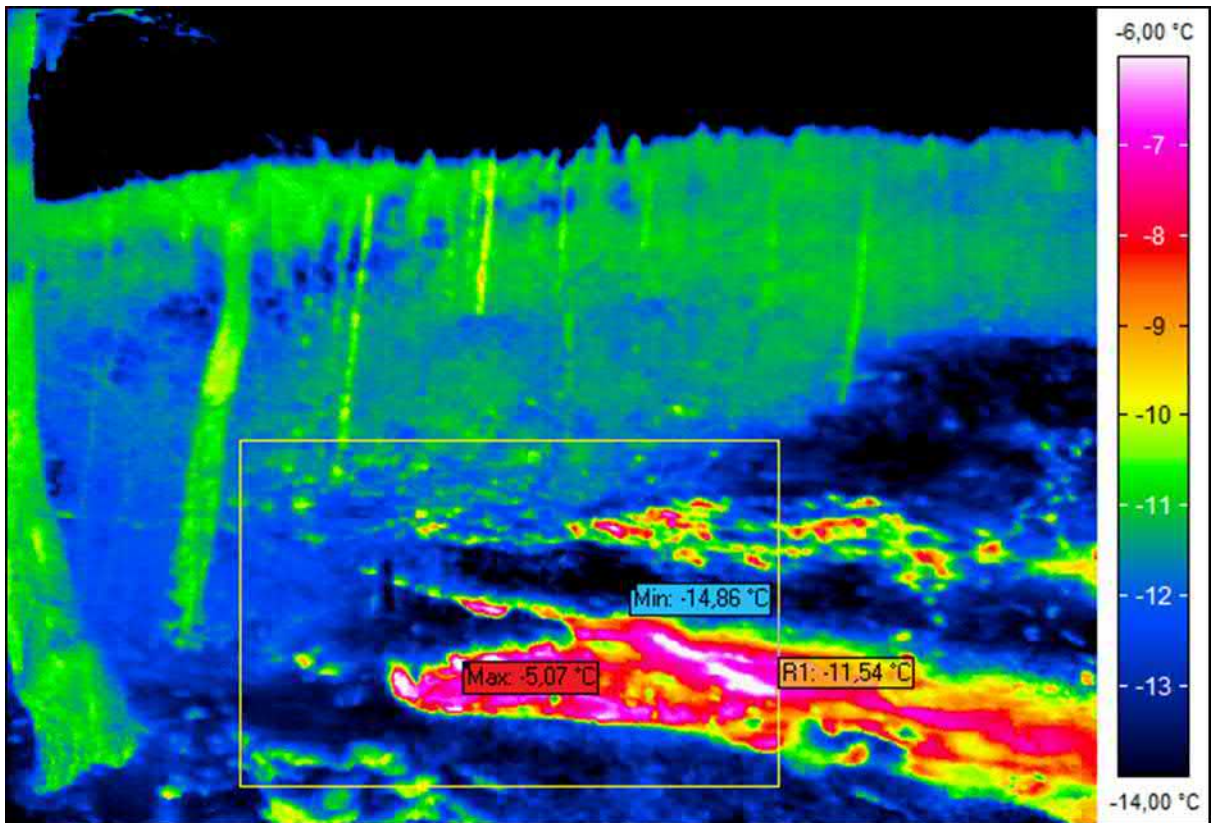


Bild 80

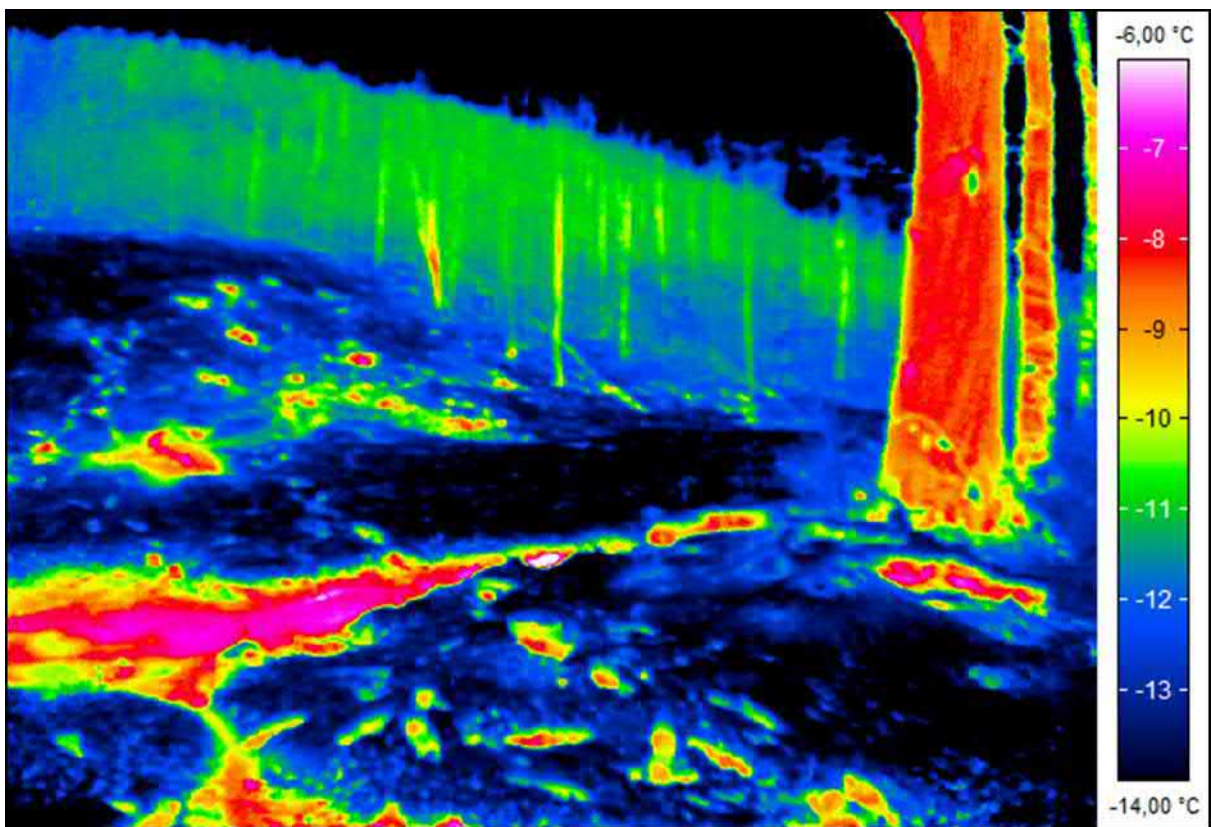


Bild 81

4 Beurteilung

Aufgabenstellung:

Im Rahmen einer thermografischen Untersuchung sollten die Oberflächentemperaturen der Deponie Mühlenberg in Hünxe untersucht werden. Hierbei stand im Fokus evtl. horizontal aus der Deponie austretendes Wasser zu entdecken.

Vorgehensweise:

Die Deponie wurde am 12.02.2021 in der Zeit von 22:00 bis 23:20 (bei ca. - 9 °C), in Begleitung des Herrn Dipl.-Ing. Thomas Eckert, fast vollständig umgangen. Während der 1,5 Std. dauernden Begehung wurde permanent die Oberfläche der Deponie nach thermischen Auffälligkeiten untersucht. Die im Rahmen der Begehung angefertigten Thermografieaufnahmen wurden anschließend ausgewertet. Das zur Auswertung der Thermografieaufnahmen eingestellte Temperaturniveau beträgt ca. -14 bis - 6 °C. Einzelne „Hotspots“ erzielten Temperaturniveaus von ca. – 5 °C. Austretendes (flüssiges) Wasser, mit Temperaturen von mehr als > 0 °C konnten an keiner Stelle entdeckt werden.

Fazit / Ergebnis:

Mit Hilfe der Thermografie konnte während einer Begehung, in einer sehr kalten Winternacht, kein horizontal austretendes Wasser aus der Deponie entdeckt werden.

Aktenvermerk

Betreff: Erstellung eines Leitfähigkeitsprofils entlang des Randgrabens,
Fragestellung: Nachweis Tonkeil, Zwischenabdichtung;
Begehung am 19.03.2021

Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)

Erstellt durch: Herr Lieser

Anwesend: Herr Lieser (ahu GmbH)

1 ANLASS

Anlässlich der Vermutung der Gutachter des Ministeriums (Herr Dr. Kerth, Herr Prahl), dass im südlichen und im äußersten nördlichen Bereich der Verfüllung eine Zwischenabdichtung auf Höhe des umliegenden Geländes vorliegen könnte und dem fehlenden Nachweis eines Dichtwandsporns wurde am 19.03.2021 ein Leitfähigkeitsprofil des Grabenwassers im Randgraben entlang der Verfüllung Mühlenberg gemessen.

2 ERGEBNIS DER BEGEHUNG

Nach längeren Regenfällen führte der Randgraben des Mühlenbergs im Süden, Nordosten und Westen Wasser. Der Abfluss ist auf Kanaleinläufe gerichtet (vgl. Anl. 1). Es existieren drei Hochpunkte: im Süden zwischen LS12 und Schacht D (vgl. Anl. 1), im Osten und im Westen zwischen Schacht B und dem Verwaltungsgebäude. Die Fließrichtungen und die verkrauteten Bereiche ohne Abfluss sind in Anlage 1 zu erkennen.

Im Verlauf des Randgrabens wurden insgesamt 32 Leitfähigkeitsmessungen des Grabenwassers, zwei Leitfähigkeitsmessungen in Teichen (21 und 22) sowie stehendes Wasser auf der Wiese östlich des Mühlenbergs (13 und 14) mit einem Gerät der Fa. WTW durchgeführt.

Dabei wurden Leitfähigkeiten zwischen 915//1.507 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im großen//kleinen Teich und im Randgraben zwischen 1.227 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 3.150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen. Die Verteilung der Leitfähigkeiten in dem Randgraben um den Mühlenberg ist in Anlage 2 und Tabelle 1 zu erkennen.

Tabelle 1: Leitfähigkeiten im Randgraben des Mühlenberg

Messpunkt	Fließrichtung	el. Leitfähigkeit (µS/cm)	
1	w	2440	
2	w	2540	
3	w	2580	
4	w	2760	
5	w	2770	
6	stehend	3150	Hochpunkt unklar
7	stehend	2920	
8	e	2650	
9	e	2680	
10	e	2510	
11	stehend	2460	
Durchlass			
12	e	1882	
Hochpunkt			
13	stehend	2190	Pfütze Wiese
14	stehend	2110	Pfütze Wiese
15	stehend	1561	
16	stehend	1477	
17	stehend	1437	
18	n	1473	
19	n	1507	
20	n	1227	
21	stehend	1518	kleiner Teich
22	stehend	915	großer Teich
23	n	1985	
24	n	1948	
25	n	1905	
26	n	1897	
27	n	1911	
28	n	1950	
28a	n	1874	
29	n	2080	
30	stehend	2230	
31	n	2430	
Hochpunkt			
32	stehend	2480	
33	stehend	2180	
34	stehend	1667	
35	stehend	1894	

Fließrichtung n = nach Norden
 stehend
 e = nach Osten
 w = nach Westen
 rot: erhöhte Werte

3 BEWERTUNG

Die Messpunkte 13 bis 20 sind deutlich niederschlagsbeeinflusst. Hier bilden sich oberflächennahe Wasserflächen, die z.T. stehen und zum Teil (ab Punkt 15) einen leichten Abfluss nach Norden aufweisen. Die Leitfähigkeiten in diesem Bereich liegen trotz des Niederschlagseinflusses zwischen 1.257 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 2.190 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Messpunkte sind nicht straßenbeeinflusst, möglicherweise besteht aber eine Beeinflussung durch die Landwirtschaft (Gülle).

Die gemessenen Werte liegen deutlich über Werten von Regenwasser (10 bis 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$) oder von typischen mittleren Werten geogener Fließgewässerlandschaften von 100 $\mu\text{S}/\text{m}$ (Schiefer, Harz) und 880 mS/m (Keuper) (vgl. *Hydroisotop (2003): Leitbildorientierte physikalisch-chemische Gewässerbewertung –Referenzbedingungen und Qualitätsziele; Forschungsbericht 200 24 226 UBA-FB 000322*). Somit müssen alle gemessenen Werte für den Bereich Mühlenberg als anthropogen überprägt angesehen werden.

Die straßenbeeinflussten Werte auf der Südseite und der Westseite des Mühlenbergs weisen Leitfähigkeiten von 1.800 bis 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Auch auf der anderen, dem Mühlenberg abgewandten, westlichen Straßenseite der Eichenallee weist das Grabenwasser einen Gehalt von 1.874 (28a) auf.

Im Sickerwasser des Mühlenbergs wurden nach unseren Messungen im Jahr 2020 Gehalte von 6.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Schacht A) bis 21.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen.

Auffällig erhöhte Werte (bis 3.150 $\mu\text{S}/\text{cm}$) werden im Süden des Mühlenbergs an den Messpunkten 2 bis 10 gemessen. Hier ist ein Einfluss von anthropogenen Auffüllungen / Deponat nicht auszuschließen. Insbesondere im Bereich des Messpunktes 6 sind entweder Beeinträchtigungen durch Auffüllungen außerhalb der Verfüllung Mühlenberg oder evt. durch Sickerwasser aus dem Mühlenberg (z.B. falls der Tonkeil um den Mühlenberg nicht geschlossen ist) zu besorgen.

4 EMPFEHLUNGEN

Die Messwehre zur analytischen Kontrolle des Randgrabenwassers sollten an den Stellen RG_A bis RG_E eingerichtet werden (s. Anl. 1).

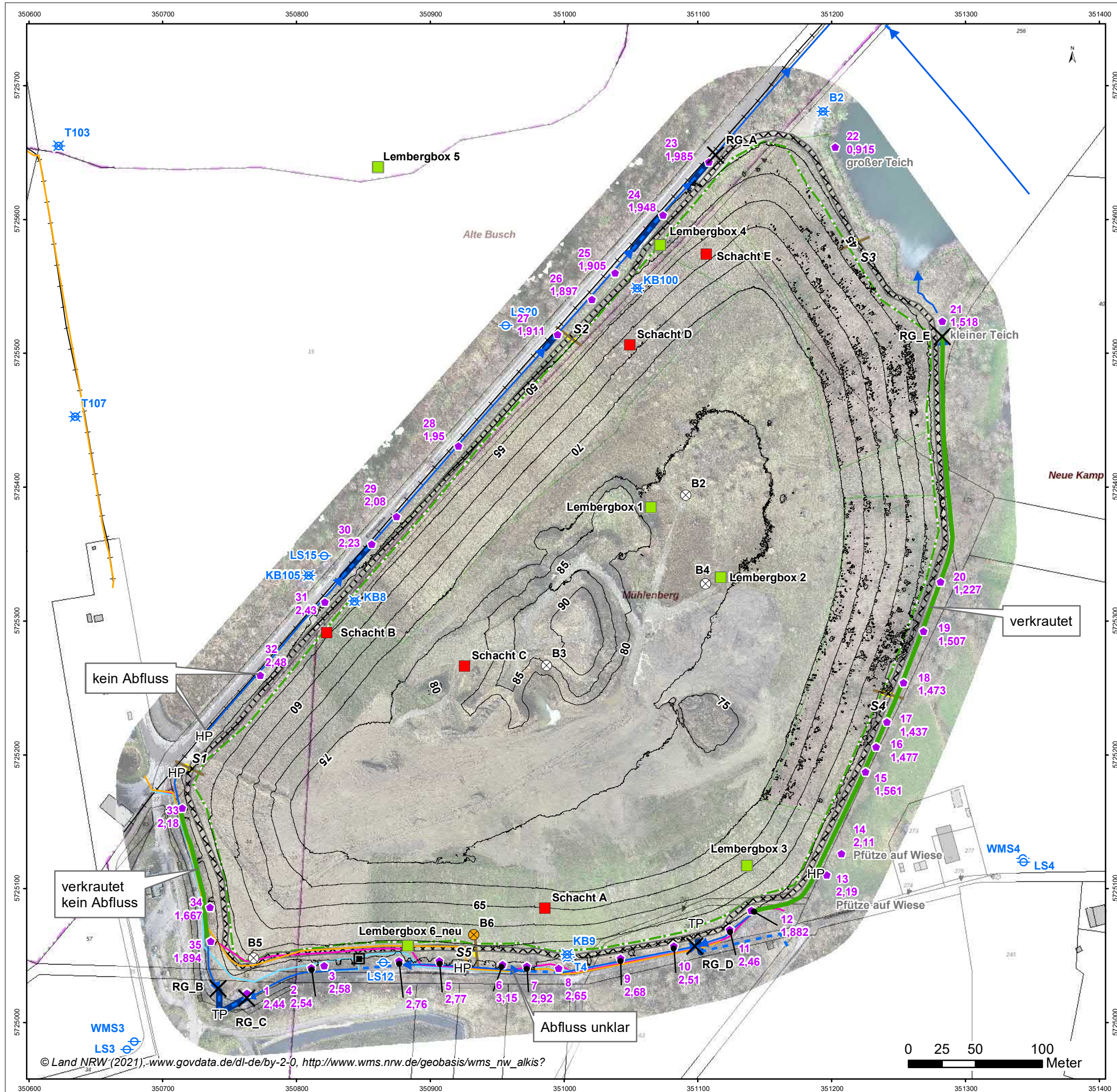
Die Schürfe zum Nachweis des Tonkeils sollten an fünf Stellen abgeteuft werden:

- westlich des Mühlenbergs (ehem. Auffahrt; Messpunkt 31)
- westlich des Mühlenbergs (halbe Höhe)
- nördlich des Mühlenbergs (gegenüber dem großen Teich)
- östlich des Mühlenbergs (Messpunkt 17/18)
- südlich des Mühlenbergs (östlich Messstelle LS12, außerhalb der Starkstromtrasse)

gez.

U. Lieser (ö.b.u.v.S.)

Anl. 1: Lageplan (M 1:3.000)



- ◆ Leitfähigkeitsmessung, März 2021 [mS/cm]
- ⊗ Grundwassermessstelle, rückgebaut
- ⊕ Grundwassermessstelle
- Lemberg-Box
- Sickerwasserschacht
- ⊗ Sickerwassermessstelle
- ⊗ Sickerwassermessstelle, geplant
- Wasserzählschacht
- HP Hochpunkt
- TP Tiefpunkt
- Durchlass
- Leitungen**
- Strom (vermutetes Trassenband 10 kV)
- Telekom (Kupfer), Lage vermutet
- Telekom (LWL)
- Trinkwasser (Lage vermutet)
- Abflussverhältnisse Randgraben**
- offen
- - - verrohrt
- verkrautet
- ⊗ Tonkeil
- ⊗ Tagebaugrenze
- geplante Untersuchungen**
- Geoelektrisches Profil, geplant
- Lage geplante Schürfe, Nachweis
- Tonkeil / Zwischenabdichtung (S1 - S5)
- ⊗ Wehr zur Probenahme

NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Lageplan zum Vermerk vom 19.03.2021 Anlage 1

entworfen : LS	Datum: März 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:3.000
gezeichnet : WA			Projektzeichen: NOTT5
geprüft :			

Wasser
Boden
Geomatik

Dokumentation 2:
Bericht zu Geophysikalischen
Messungen im Bereich der
Verfüllung Mühlenberg (31 Seiten)

Aktenvermerk

Betreff: Umsetzung Arbeits- und Zeitplan,
hier AP 2.1 geoelektrische Messungen am Fuß der Verfüllung

Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)

Erstellt durch: Herr Lieser, Herr Meßling

1 ANLASS UND DURCHGEFÜHRTE MESSUNGEN

Im Arbeits- und Zeitplan zu den Untersuchungen an der Verfüllung Mühlenberg wurde vereinbart, den Randbereich des Mühlenbergs mittels geoelektrischer Messungen am Fuß der Verfüllung zu untersuchen.

Die Messungen wurden durch die Firma EXOM Kampfmittelbeseitigung, Carl Schurz Straße 19 55543 Bad Kreuznach durchgeführt. Sie erfolgten zwischen dem 20.04.2021 und 22.04.2021.

Ausgeführt wurden

- geoelektrische Messungen (4point light 10W, Fa. LGM, 2D Geoelektrik mit bis zu 120 Elektroden) und
- Messungen mittels Georadar (RIS-MF Hi Mod 1 mit DF-Antenne 200/600 MHz, Fa. IDS).

Die Messungen wurden mit einem RTK-DGPS verortet.

Insgesamt wurden sieben Profillinien vermessen. Entlang von fünf kürzeren Profilen am Fuß des Mühlenbergs sollte geprüft werden, ob sich mit Geoelektrik oder Georadar Abdichtungselemente am Rand der Verfüllung ausfindig machen lassen. Dazu wurden Geoelektrik-Profile mit einem Sondenabstand von 1 m und parallel dazu 1-3 Georadar-Profile aufgenommen. Die Bezeichnung der kurzen Profile mit S1 bis S5 folgt der Bezeichnung der Schürfe. Die parallel zu den geoelektrischen Messungen aufgenommenen Georadarprofile bei S1 bis S5 waren stark geländeabhängig und variieren daher in Länge und Anzahl.

Zusätzlich wurden testweise zwei lange Geoelektrik-Profile über den gesamten Mühlenberg gelegt.

In der folgenden Abbildung ist die Lage der Profile dargestellt (vgl. auch Bericht EXOM vom 24.09.2021, Anlage 1).

Anlage 1a - Lageplan Übersicht



0 100 200 300 m 1:2500

Projekt: Mühlenberg, Hünxe
AG: ahu GmbH
Datum: 12.05.2021

Abb. 1: Lageplan (aus Exom 2021)

2 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Auswertungen von Exom sind detailliert in der Anlage 1 dieses Aktenvermerks enthalten. Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass die genutzten geophysikalischen Methoden nicht geeignet sind, in genügend großer Detailliertheit für die Aussage relevante Strukturen mit ausreichender großer Sicherheit zu detektieren. Die bei der Auswertung auftretenden Artefakte und die interpretatorischen Unsicherheiten sind erheblich.

Die Profile zeigen zwar unter der Geländeoberfläche eine etwa 1 bis 2 m mächtige Deckschicht, vermutlich Ton an, in größerer Tiefe sind jedoch keine auswertbaren und plausibel zuordbaren Strukturen erkennbar. Der niederohmige Bereich unterhalb der Deckschichten könnte den ungesättigten Bereich der Verfüllung anzeigen, allerdings sind die Ergebnisse insgesamt nicht plausibel in Einklang zu bringen mit den bekannten Daten der Verfüllung (Tiefenlage und Erstreckung).

gez. Axel Meßling (ö.b.u.v.S.)

Anlagen:

Anl. 1: Bericht Exom vom 24.09.2021

Geophysikalische Erkundung am Mühlenberg in Hünxe

Auftraggeber:

ahu GmbH
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Tel. +49 (0)241 90 00 11-0
Fax +49 (0)241 90 00 11-9

info@ahu.de
www.ahu.de

Ansprechpartner:

Herr Dr. Tomas Feseker

t.feseker@ahu.de
Tel. +49 151 18 04 83 56

Auftragnehmer:

EXOM Kampfmittelbeseitigung
Carl Schurz Straße 19
55543 Bad Kreuznach
www.exom-kmb.com

Ansprechpartner:

Herr Vanja Serec
Tel: +49 (0)671 79 07 14 25
Mobil: +49 176 21 02 20 73
mailto: info@exom-kmb.com

Bericht und Auswertung

Dipl. Geophys. Sascha Frömmel

Mobil: +49 176 64 14 05 35
mailto: froemmel@exom-kmb.com

Bad Kreuznach, den 24.09.2021

1 Aufgabenstellung

Die Firma **ahu GmbH** (AG) hat die Firma **EXOM Kampfmittelbeseitigung** (AN) beauftragt, am Mühlenberg in Hünxe/Schermbeck geophysikalische Untersuchungen durchzuführen.

Beim Mühlenberg in Hünxe handelt es sich um eine ehemalige Tongrube, die im Wesentlichen mit Aschen und Schlacken verfüllt wurde. Ziel der Erkundung war zu prüfen, ob die Abdichtungselemente aus Ton am Rand der Verfüllung mit geophysikalischen Methoden zerstörungsfrei detektiert werden können. Darüber hinaus sollte geprüft werden ob mittels geophysikalischer Methoden eine generelle Übersicht über den Aufbau der Verfüllung entlang von zwei Profillinien über den gesamten Mühlenberg erstellt werden kann.

2 Eingesetzte Messgeräte

Zur Bearbeitung dieser Aufgabenstellung wurden Georadar und Geoelektrik eingesetzt. Beide Methoden sind geeignet, den Aufbau des Untergrunds darzustellen, wobei die hochauflösenden Aussagen des Georadars auf wenige Meter u. GOK beschränkt bleiben, während die Geoelektrik, je nach Messaufbau, von wenigen Metern bis zu mehreren Zehner Metern u. GOK in den Untergrund ‚schaut‘, dabei jedoch mit zunehmender Tiefe an Auflösung verliert. **Tab. 1** gibt eine Übersicht der eingesetzten Messgeräte. Nähere Beschreibungen der beiden Untersuchungsmethoden sind diesem Bericht als **Anhänge 1 und 2** beigefügt.

Tab. 1: Eingesetzte Messgeräte

Geoelektrik	4point light 10W, Fa. LGM, 2D Geoelektrik mit bis zu 120 Elektroden
Georadar	RIS-MF Hi Mod 1 mit DF-Antenne 200/600 MHz, Fa. IDS

Die Messungen wurden mit einem RTK-DGPS verortet. Da die Mobilfunknetzabdeckung im Untersuchungsgebiet stark eingeschränkt ist, stellte der AG ein DGPS-System mit Basis und Rover zur Verfügung, das der AN zur Einmessung der aufgenommenen Profile nutzen konnte. Die Georeferenzierung der Profile bezieht sich auf die hieraus gewonnenen Daten und erfolgte im Koordinatensystem UTM Zone 32 Nord, Bezug ETRS 89. Alle Höhenangaben beziehen sich auf NHN.

3 Datenverarbeitung

Die Messdaten der Geoelektrik wurden während der Messung mit dem Programm Geotest 2.51 aufgezeichnet. Die Daten wurden auf Ausreißer hin korrigiert und mithilfe des Programms Res2DInv 4.10 ausgewertet. Dabei werden sogenannte Inversionsrechnungen durchgeführt, bei denen in einem mathematischen Optimierungsverfahren ein Modell für die Verteilung der spezifischen elektrischen Widerstände im Untergrund iterativ so lange an die Messdaten angepasst wird, bis der Fehler zwischen Modell und Messdaten minimal ist. Dabei können an den Erkundungsgrenzen der Geoelektrik Randeffekte auftreten, die das Bild dort verzerren, weshalb besonders in tieferen Bereichen die Modelle mit Unsicherheiten behaftet sind. Das Ergebnis der Inversionsrechnung ist ein Modell der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands entlang der Profillinie.

Die Georadarprofile wurden vor Ort aufgezeichnet und mit dem Programm Reflexw 9.5 ausgewertet. Während der Messung erzeugte das Radarsystem entlang einer Wegstrecke alle 2cm eine Einzelmessung. Diese Einzelmessungen wurden dann zu 2D-Tiefenschnitten zusammengesetzt, die man als Radargramm bezeichnet. Dabei sind die folgenden Prozessing-Schritte erfolgt:

- 1) Offset-Korrektur
- 2) Bandpassfilter
- 3) Verstärkungsfunktion

Da es sich bei dem Georadarmessgerät um eine Dual-Frequency-Antenne handelt, werden in den Anlagen für jede Messstrecke jeweils 2 Radargramme der Frequenzen 200 MHz und 600 MHz dargestellt.

4 Geländearbeiten

Die Geländearbeiten wurden an drei Messtagen vom 20.04.2021 bis zum 22.04.2021 durchgeführt. Herr Dr. T. Feseker vom AG wies den AN in das Messgebiet ein. **Abb. 1** gibt einen bildlichen Eindruck der Messungen an den Profilen S2 und S3.



Abb. 1: *links:* Geoelektrik-Profilauslage an S3 mit den über Flachbandkabel verbundenen Elektroden auf Spießeln (Fa. LGM). *rechts:* Georadar Messsystem der Fa. IDS mit DF-Antenne der Frequenzen 200 MHz und 600 MHz.

Insgesamt wurden sieben Profillinien vermessen. Entlang von fünf kürzeren Profilen am Fuß des Mühlenbergs sollte geprüft werden, ob sich mit Geoelektrik oder Georadar Abdichtungselemente am Rand der Verfüllung ausfindig machen lassen. Dazu wurden jeweils ein Geoelektrik-Profil mit einem Sondenabstand von 1 m und parallel dazu 1-3 Georadar-Profile aufgenommen. Die Bezeichnung der kurzen Profile mit S1 bis S5 folgt der Bezeichnung der an diesen Stellen durch den AG vorgesehenen Schürfe. Die parallel zu den geoelektrischen Messungen aufgenommenen Georadarprofile bei S1 bis S5 waren stark geländeabhängig und variieren daher in Länge und Anzahl.

Zusätzlich sollte mit zwei langen Geoelektrik-Profilen über den gesamten Mühlenberg untersucht werden, ob die Verteilung der spezifischen elektrischen Widerstände Strukturen innerhalb der Verfüllung und die Tiefenlage der Basis des Verfüllkörpers zeigt. Diese beiden Profile wurden jeweils als Verlängerung der Profile S3 und S4 realisiert. **Tab. 2** und **Tab. 3** zeigen Kenndaten zu den aufgenommenen Geoelektrik- bzw. Georadar-Profilen. **Anlage 1a** zeigt eine Übersichtskarte des Messgebiets. Detailpläne der Messgebiete um S1 bis S5 sind in **Anlage 1b** dargestellt.

Tab. 2: Kenndaten der Geoelektrik-Profile

Profile Geoelektrik	Elektrodenabstand	Auslage
Profil S1	1 m	39 m
Profil S2	1 m	39 m
Profil S3	1 m	59 m
Profil S4	1m	59m
Profil S5	1m	39m
Profil Nord/Süd (Verlängerung von S3)	5 m	695 m
Profil Ost/West (Verlängerung von S4)	5 m	445 m
Messstrecke gesamt		1375m

Tab. 3: Kenndaten der Georadar-Profile

Profile Georadar	Anzahl	Einzellängen
Profil S1	2	32 m 32 m
Profil S2	4	39 m 22 m 39 m 22 m
Profil S3	2	85 m 85 m
Profil S4	1	76 m
Profil S5	2	32 m 32 m
Messstrecke gesamt		496 m

5 Ergebnisse

5.1 Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands am Fuß des Mühlenbergs

Die modellierten Verteilungen des spezifischen elektrischen Widerstands im Untergrund am unteren Hang des Mühlenbergs sind in den **Anlagen 2a bis 2e** dargestellt. Um die Ergebnisse besser untereinander vergleichen zu können, wurde für die Profile S1 bis S5 eine einheitliche Farbskala verwendet. Da die spezifischen elektrischen Widerstände nicht normalverteilt sind, wurde eine logarithmische Farbskala gewählt.

Bei den geoelektrischen Untersuchungen am Hang des Mühlenbergs wurde eine Erkundungstiefe von bis zu 9 m unter GOK in der Mitte der 39 m langen Profile erreicht. Die spezifischen elektrischen Widerstände sind insgesamt sehr gering und liegen in weiten Bereichen unterhalb von 200 Ω m.

Alle fünf Profile zeigen sehr geringe spezifische Widerstände von weniger als $40 \Omega\text{m}$ im oberflächennahen Bereich bis zu einer Tiefe von 1-2 m unter GOK sowie an der Basis der Profilschnitte auf der dem Mühlenberg abgewandten Seite. Am Fuß des Hanges sind diese Bereiche in der Regel miteinander verbunden. Auf der dem Mühlenberg zugewandten Seite werden sie dagegen durch einen Bereich mit deutlich höheren spezifischen Widerständen voneinander getrennt. Hangaufwärts nimmt dieser Bereich in der Regel an Mächtigkeit zu. In den Anlagen 2a bis 2e wurde die Grenze zwischen diesen Bereichen mit roten Linien markiert.

Darüber hinaus zeigen die Modelle der Verteilungen des spezifischen elektrischen Widerstands für die Profile S1 bis S5 kleinere Auffälligkeiten, die sie voneinander unterscheiden: Bei den Profilen S1, S2 und S5 ist die Verbindung zwischen den oberflächennahen und den tieferen niederohmigen Bereichen durch jeweils ein bis zwei kleinere höherohmige Bereiche zergliedert. Daneben zeigt der Profilschnitt für das Profil S2 auf den ersten Profilmeter einen kleineren, deutlich abgegrenzten Bereich mit höheren spezifischen Widerständen. Im Gegensatz zu den übrigen Profilen nimmt der niederohmige Bereich beim Profil S3 fast den gesamten Profilschnitt ein. Erst ab Profilmeter 35 ist hier am oberen Hang in etwa 2 m Tiefe unter GOK ein höherohmiger Bereich zu erkennen. Bei Profil S4 ist ab Profilmeter 42 eine etwa 1 m mächtige Schicht mit erhöhten spezifischen Leitfähigkeiten unmittelbar unterhalb der Geländeoberfläche zu erkennen.

5.2 Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands entlang der langen Profile über den Mühlenberg

Die Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands im Untergrund entlang der beiden langen Profile über den Mühlenberg zeigt die **Anlage 3**. Für beide Profilschnitte wurde eine einheitliche Farbskala verwendet, die aufgrund der unterschiedlichen Wertebereiche jedoch von der Farbskala für die kurzen Profile S1 bis S5 abweicht. Da die spezifischen elektrischen Widerstände nicht normalverteilt sind, wurde auch hier eine logarithmische Farbskala gewählt.

Die beiden langen Profile erreichen eine theoretische Erkundungstiefe von bis zu etwa 100 m unter GOK. Das Profil in Nord-Süd-Richtung verläuft über ein langes Plateau auf etwa 70 m über NN im westlichen Bereich des Mühlenbergs und reicht dort über eine weite Strecke eine Tiefe von fast 30 m unter NN. Das Ost-West-Profil verläuft dagegen über den mit ungefähr 90 m über NN höchsten Bereich in der Mitte des Mühlenbergs. Entsprechend liegt die Erkundungstiefe hier bei knapp unter 0 m NN. Die beiden Profile schneiden sich im südlichen Bereich des Mühlenbergs.

Wie schon bei den kurzen Profilen am Fuß des Mühlenbergs sind auch entlang der langen Profile die spezifischen elektrischen Widerstände mit überwiegend unter $150 \Omega\text{m}$ sehr gering. Beide Profilschnitte zeigen etwas höherohmige Bereiche nahe der Geländeoberfläche und sehr niederohmige Bereiche im tieferen Untergrund. Darunter zeigt das tiefer reichende Nord-Süd-Profil

eine Grenze zu Schichten mit höheren spezifischen elektrischen Widerständen unterhalb von etwa 0 m NN, die beim Ost-West-Profil zwar nicht mehr erreicht wird, sich jedoch an der tiefsten Stelle andeutet. In beiden Profilschnitten sind die sehr niederohmige Bereiche der mittleren Tiefen durch klar begrenzte säulenartige Zonen mit höheren spezifischen elektrischen Widerständen unterteilt. Darüber hinaus zeigt das Ost-West-Profil im Abschnitt zwischen 220 und 280 Profilm Metern in Tiefen bis zu 40 m unter GOK sehr stark ausgeprägte Anomalien mit deutlichem Dipol-Charakter.
















5.3 Radargramme entlang der Profile S1 bis S5

Die Ergebnisse der Georadar-Untersuchungen entlang der kurzen Profile S1 bis S5 wurden mit den Ergebnissen der Geoelektrik verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Radargramme zwar einzelne lokale Anomalien zeigen, diese allerdings keine Korrelation zu dem von der Geoelektrik aufgenommenen Aufbau des Untergrunds aufweisen. Dies kann zum einen an der unzureichenden Eindringungstiefe und zum anderen an unzureichenden Leitfähigkeitsunterschieden zwischen den Schichten liegen, so dass das Georadar keine Reflexionsschichtgrenzen auflöst. Die Radargramme sind der Vollständigkeit halber in den **Anlagen 4a bis 4f** gezeigt, auf Einzelheiten wird aus den genannten Gründen hier nicht eingegangen.

6 Interpretation

Unterschiedliche spezifische elektrische Widerstände im Untergrund werden in der Geoelektrik in der Regel durch Materialwechsel und/oder durch unterschiedliche Sättigung des Porenraums mit Wasser hervorgerufen. So lassen sich zusammenhängende Gesteine und Sedimente in Bezug auf ihren Wassergehalt lokalisieren und ggf. klassifizieren. Aufgrund der überschneidenden Widerstandsbereiche verschiedener mehr oder minder wassergesättigten Materialien sind jedoch meist Vorinformationen bei der Klassifizierung erforderlich. **Tab. 4** zeigt typische spezifische Widerstandswerte unterschiedlicher Materialien. Die Tabelle zeigt insbesondere bei Salzlaugen sehr hohe Leitfähigkeiten, die als Porenwasser auch die Gesamtleitfähigkeit des Untergrunds signifikant erhöhen können. Die teils sehr niedrigen spezifischen elektrischen Widerstände im Untergrund des Mühlenbergs könnten somit sowohl durch wassergesättigte Tonschichten als auch durch andere Lockergesteine mit sehr leitfähigem Porenwassers hervorgerufen werden.

Tab. 4: Spezifische elektrische Widerstände verschiedener Lockersedimente, organogene und anthropogene Ablagerungen, Festgesteine und Wasser (aus: Knödel, Krummel, Lange (2005): 'Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien'. Springer)

Material	Wertebereich (Ohmmeter)		Symbole nach DIN 21920/4023
	Minimum	Maximum	
Kies	50 (wassergesättigt)	>10 ⁴ (trocken)	 Ki
Sand	50 (wassergesättigt)	>10 ⁴ (trocken)	 Sd
Schluff	20	50	 Slf
Geschiebemergel	30	70	 Mg
Lößlehm	30	100	 Löl
Lehm (als Ziegel)	500	5000	
Ton (erdfeucht)	3	30	 T
Ton (trocken)		>1000	
Torf, Humus, Schlick	15	25	 H
Mudde, Faulschlamm	10	40	 F
Moorböden	10	150	
Braunkohle	10	150	 Bk
Erdöl	10 ⁹	10 ¹²	
Ölsand (trocken)	10 ⁴	10 ¹⁵	
Haus- u. Industiemüll	< 1	>1000 (Plastik)	 A
Sandstein	< 50 (klüftig, feucht)	>10 ⁵ (kompakt)	 Sst
Kalkstein	100 (klüftig, feucht)	>10 ⁵ (kompakt)	 Kast
Tonschiefer	50 (klüftig, feucht)	>10 ⁵ (kompakt)	 Tsch
Magmatite, Metamorphite	150 (verwittert, feucht)	>10 ⁶ (kompakt)	 Ma
Schwarzschiefer	<1	50	
Steinsalz	30 (feucht)	>10 ⁶ (trocken)	 Salz
Destilliertes Wasser		>10 ³	
Schneefirn		>10 ⁵	
Natürliche Wässer	10	300	
Meerwasser (35‰ NaCl)	0,25		
Salzlaugen	<0,1		

Die Profile S1 bis S5 zeigen unmittelbar unter der Geländeoberfläche eine etwa 1-2 m mächtige niederohmige Schicht an. Hierbei handelt es sich vermutlich um die Deckschicht aus Ton. Der darunter liegende höherohmige Bereich könnte den ungesättigten Teil des Verfüllkörpers anzeigen.

Die parallel zu den geophysikalischen Untersuchungen durchgeführten Schurfe zeigen, dass die Deckschicht am Fuß des Hangs durch einen Tonkeil mit den Tonschichten an der Basis der Grube verbunden ist. Offenbar weisen diese unteren Tonschichten jedoch ähnlich niedrige spezifische elektrische Widerstände wie der wassergesättigte untere Teil des Verfüllkörpers auf, so dass die untere Grenze des Verfüllkörpers in den Profilschnitten nicht zu erkennen ist. Da die Verbindung zwischen der Deckschicht und den unteren Tonschichten in den Profilschnitten z.T. stark zergliedert ist, lässt sich auch die Position des Tonkeils nicht eindeutig aus den geoelektrischen Messungen ableiten. Klar ist lediglich, dass der Tonkeil beim Profil S3 am nördlichen Hang des Mühlenbergs deutlich höher als bei den übrigen Profilen liegen muss.

Die langen Profile lösen aufgrund des größeren Sondenabstands die niederohmige Deckschicht an der Geländeoberfläche nicht auf. Die langen Profile lösen aufgrund des größeren Sondenabstands die niederohmige Deckschicht an der Geländeoberfläche nicht auf. Der höherohmige Bereich in geringeren Tiefen zeigt hier vermutlich den wasserungesättigten oberen Teil des Verfüllkörpers an. Der wassergesättigte untere Teil des Verfüllkörpers unterscheidet sich dagegen hinsichtlich des spezifischen elektrischen Widerstands offenbar nicht von den Tonschichten an der Basis der ehemaligen Tongrube. Die untere Grenze des sehr niederohmigen Bereichs zeigt wohl eher den Wechsel zu den unter dem Ton liegenden Sanden an, so dass die Lage der Grubensohle aus den geoelektrischen Untersuchungen nicht abgeleitet werden kann.

Die auffälligen Anomalien im höchstgelegenen Teil des Ost-West-Profils sind wahrscheinlich Artefakte, die bei der Modellbildung entstanden sind. Unklar ist dagegen die Interpretation der säulenartigen Anomalien, die den Verfüllkörper vertikal durchziehen.

7 Anmerkungen

Bei den Verfahren der Geophysik und der zerstörungsfreien Prüfung handelt es sich um indirekte Verfahren. Dies bedeutet, dass die erwünschte Aussage grundsätzlich nicht direkt (wie z.B. durch eine Kernbohrung oder Probenahme), sondern indirekt durch Interpretation von physikalischen Messwerten (Größe, Verlauf) erhalten wird. Eine Interpretation kann naturgemäß nur eine beschränkte Sicherheit bieten. Sie wird z.B. von folgenden Faktoren beeinflusst: Untersuchungsprogramm, Messbedingungen und Datenqualität, Vorkenntnisse und Erfahrung. Unter Umständen kann es auch verschiedene Interpretationsmöglichkeiten geben.

Bei der Auswertung der geophysikalischen Daten fließen subjektive Erfahrungen ein. Es können unter ungünstigen Verhältnissen Objekte verdeckt oder bei der Auswertung falsch bewertet werden. Die Auswertung ist nach Stand der Technik und fachgerecht von einem erfahrenen Geophysiker durchgeführt worden.

Die Tiefenaussagen der Geoelektrik sind sowohl abhängig von der Messkonfiguration (z.B. Elektrodenabstand) und der vorhandenen Leitfähigkeiten im Untergrund, als auch von der Art des Daten-Processing sowie der anschließenden Inversionsrechnung, die für die Leitfähigkeitsmodelle des Untergrunds genutzt wird. Erfahrungswerte haben gezeigt, dass die Tiefenangaben mit einem Fehler von etwa 20% behaftet sein können.

Die Tiefenangaben des Georadars ergeben sich aus den Laufzeiten der reflektierten Radarwellen. Sie können an bestimmten Radarmustern oder durch Vorkenntnisse kalibriert werden. Sie sind i.d.R. mit einem 5-10%igen Fehler behaftet.

8 Zusammenfassung

Die Firma **ahu GmbH** hat die **Firma EXOM Kampfmittelbeseitigung** beauftragt, an der ehemaligen Tongrube in Hünxe eine geophysikalische Untersuchung durchzuführen. Die Messung fand vom 20.4 bis zum 22.4.2021 statt. Zum Einsatz kamen die Methoden der Geoelektrik und des Georadars.

Es wurden 5 kurze Geoelektrikprofile am Hang des Mühlenbergs und zwei lange, sich kreuzende Profile über den gesamten Mühlenberg aufgenommen. Parallel zu den 5 kurzen Profilen wurden Radarmessungen durchgeführt. Die **Anlagen 1a und 1b** zeigen die Lagen der Profile in der Übersicht und im Detail.

Insgesamt wurden 1375 m Geoelektrik und 496 m Radar aufgezeichnet. Die Daten wurden ausgewertet und als geoelektrische 2D-Tiefenschnitte (**Anlagen 2a bis 3**) sowie als Radargramme (**Anlagen 4a bis 4f**) dargestellt.

Während die Radarmessungen keine nutzbaren Erkenntnisse zum Aufbau des Untergrunds beitragen konnten, zeigten die Geoelektrik-Tiefenschnitte mit der modellierten Leitfähigkeitsverteilung des Untergrunds vermeintliche Strukturen an, die in erster Linie den vom stark elektrisch leitfähigen Sickerwasser erfüllten Bereich anzuzeigen scheinen. Aufgrund mangelnder Kontraste der spezifischen elektrischen Widerstände konnten jedoch weder die Lage des Tonkeils am Rand der Verfüllung noch die Basis der Tongrube mit den gewählten geophysikalischen Methoden bestimmt werden.

Dipl.-Geophys. Sascha Frömmel (Projektleiter)

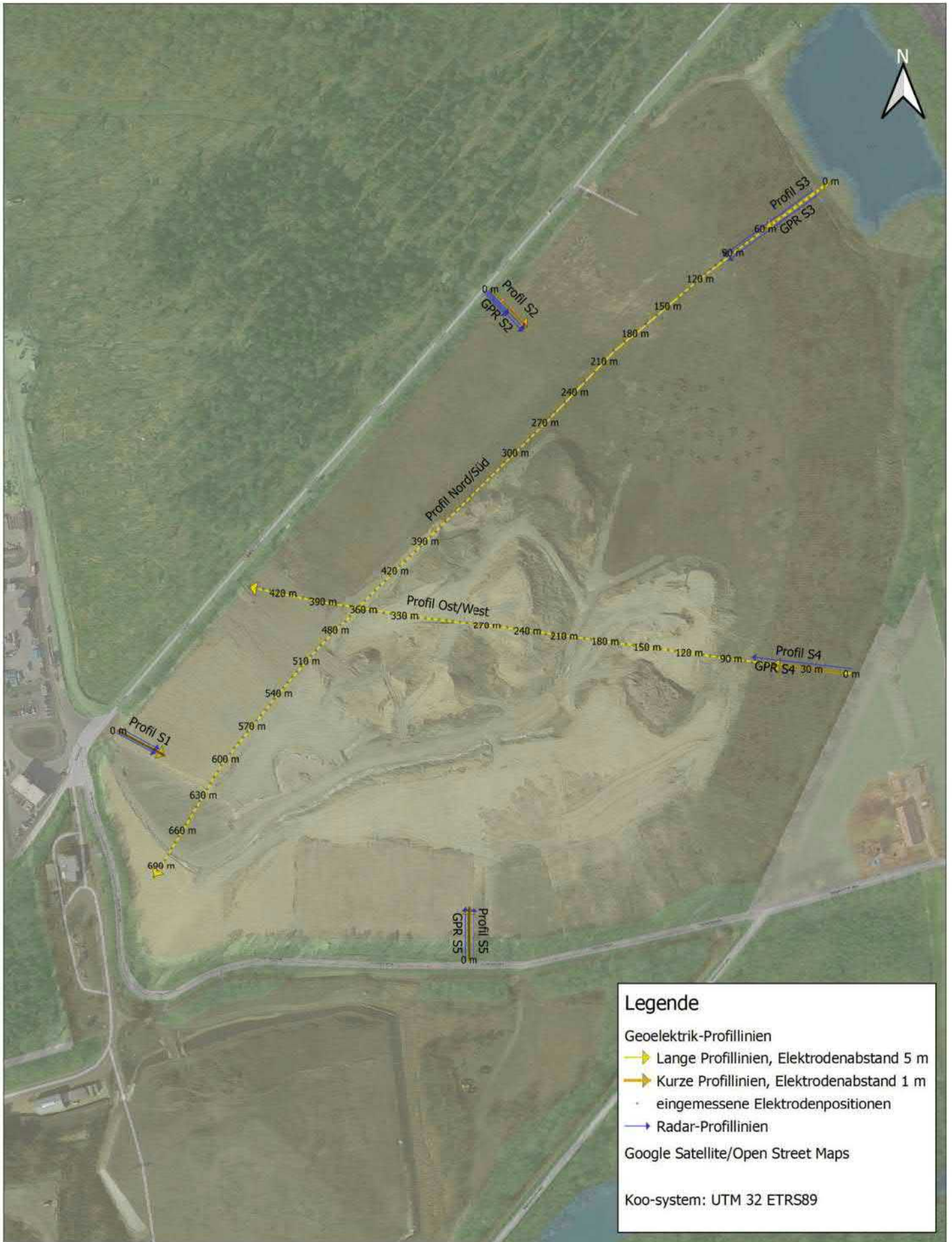


i.A. EXOM Kampfmittelbeseitigung
Bad Kreuznach, den 24.09.2021

Verzeichnis der Anhänge und Anlagen

Anhang 1	Methodenbeschreibung Geoelektrik
Anhang 2	Methodenbeschreibung Georadar
Anlage 1a	Lageplan Übersicht, Maßstab 1:2500
Anlage 1b	Lagepläne Detail, Maßstab 1:750
Anlage 2a bis 2e	Geoelektrische Widerstandsmodelle zu den Profilen S1 bis S5
Anlage 3	Geoelektrische Widerstandsmodelle zu den langen Profilen
Anlagen 4a bis 4f	Radargramme zu den Profilen S1 bis S5

Anlage 1a - Lageplan Übersicht



0 100 200 300 m

1:2500

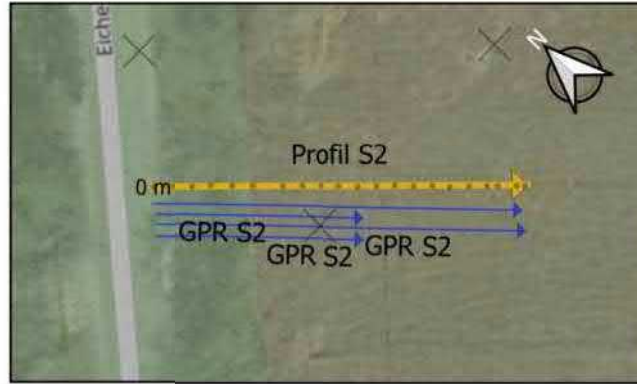
Anlage 1b - Lagepläne Detail



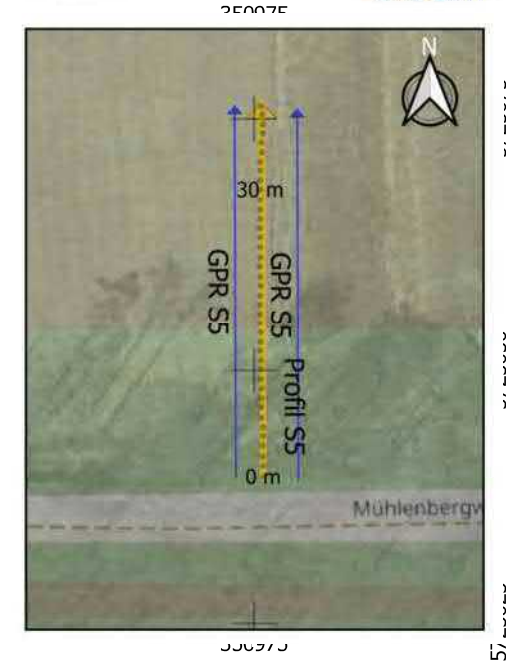
Profil S1



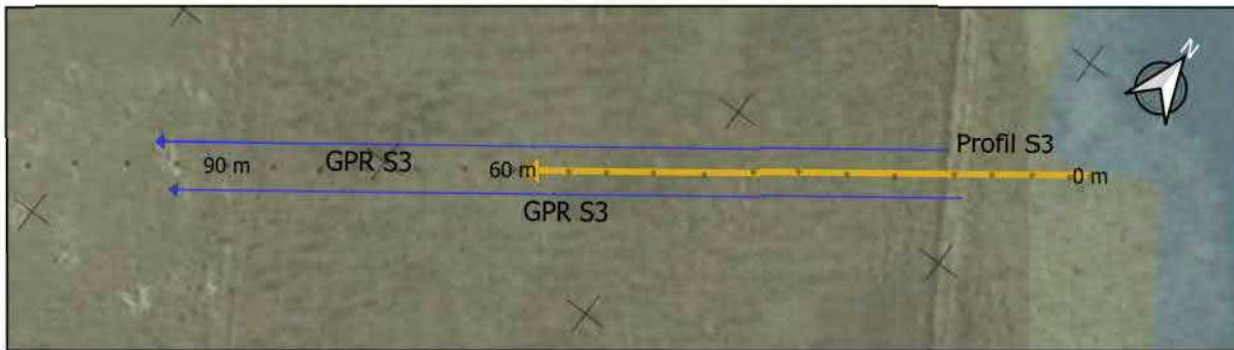
Profil S2



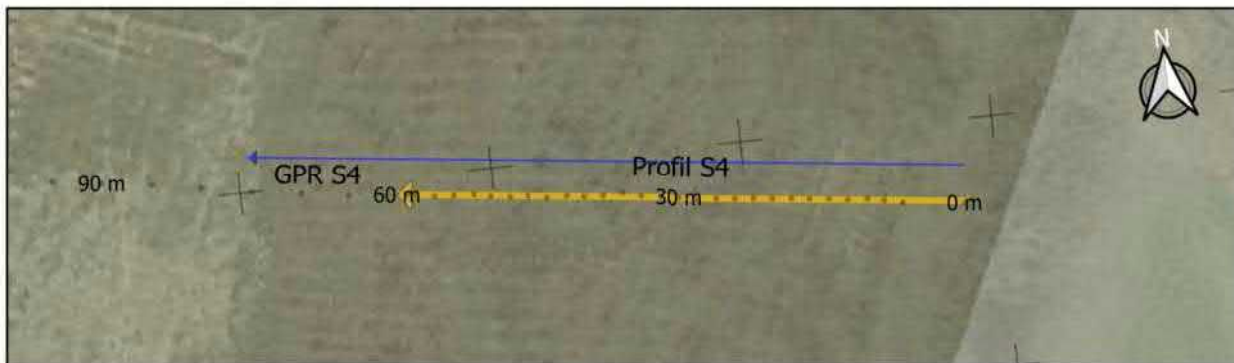
Profil S5



Profil S3



Profil S4



Legende

Geoelektrik-Profillinien



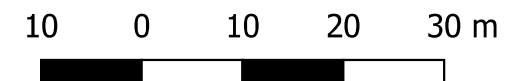
• eingemessene Elektrodenpositionen

→ Radar-Profillinien (GPR)

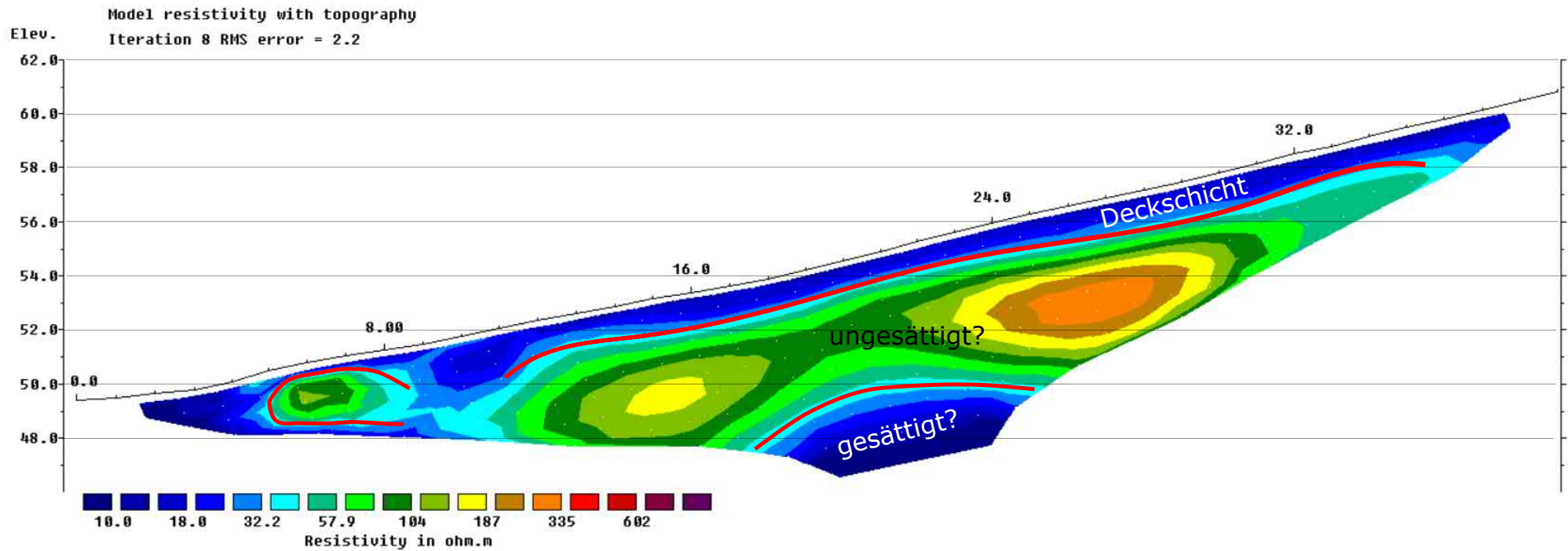
Google Satellite/ OSM

UTM 32 ETRS89

1:750

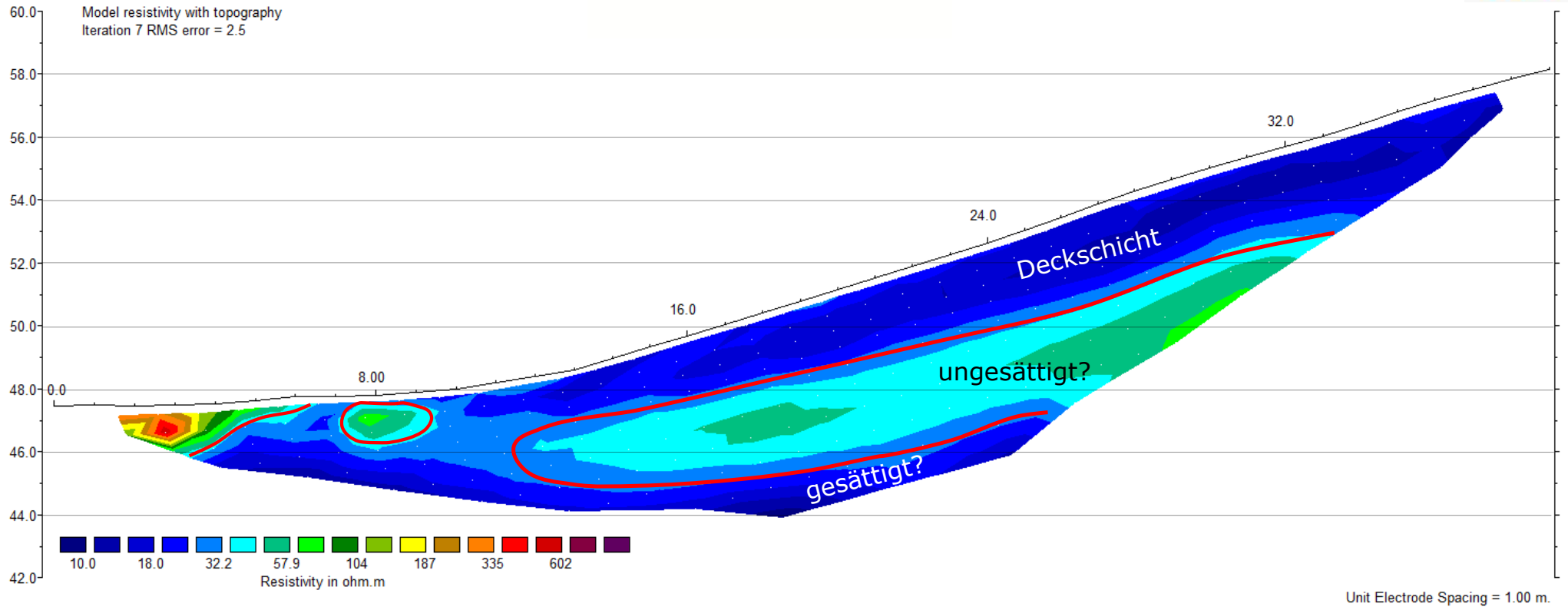


Anlage 2a – Geoelektrisches Widerstandsmodell für Profil S1



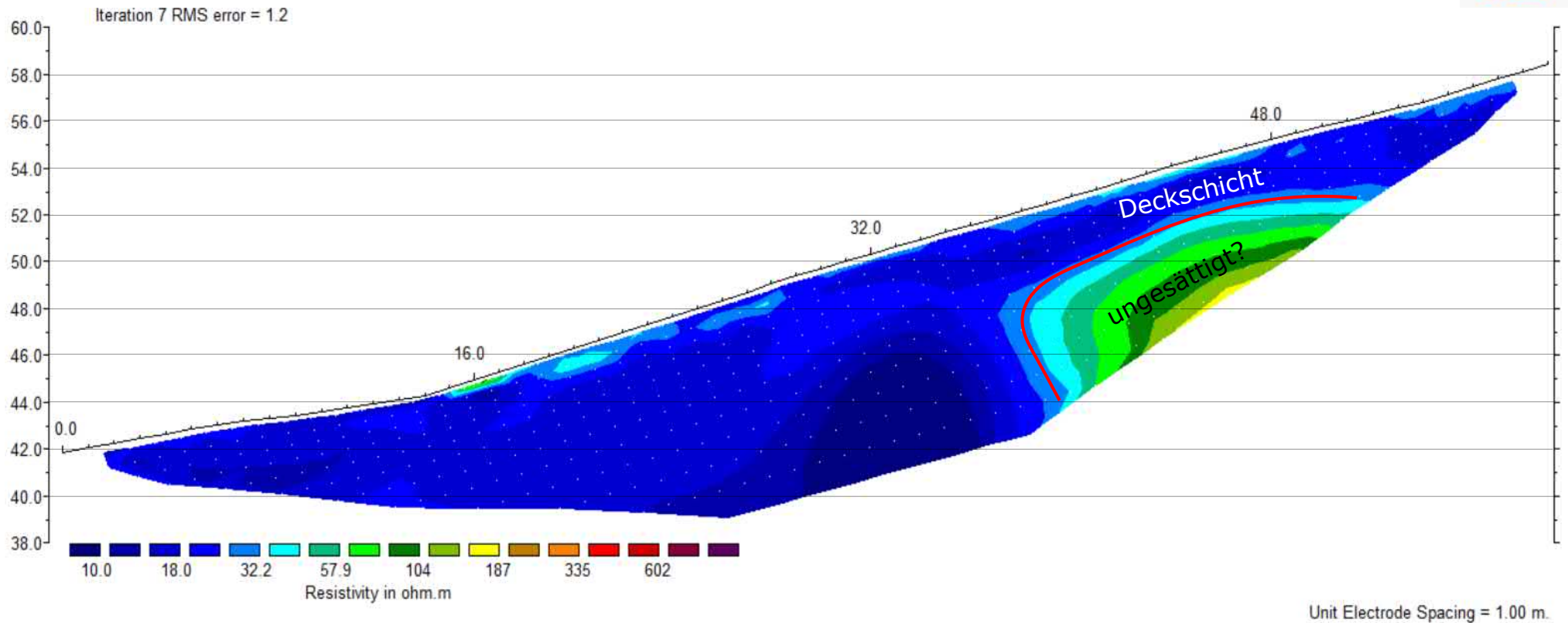
Projekt: Mühlenberg, Hünxe
AG: ahu GmbH
Datum: 12.05.2021

Anlage 2b – Geoelektrisches Widerstandsmodell für Profil S2



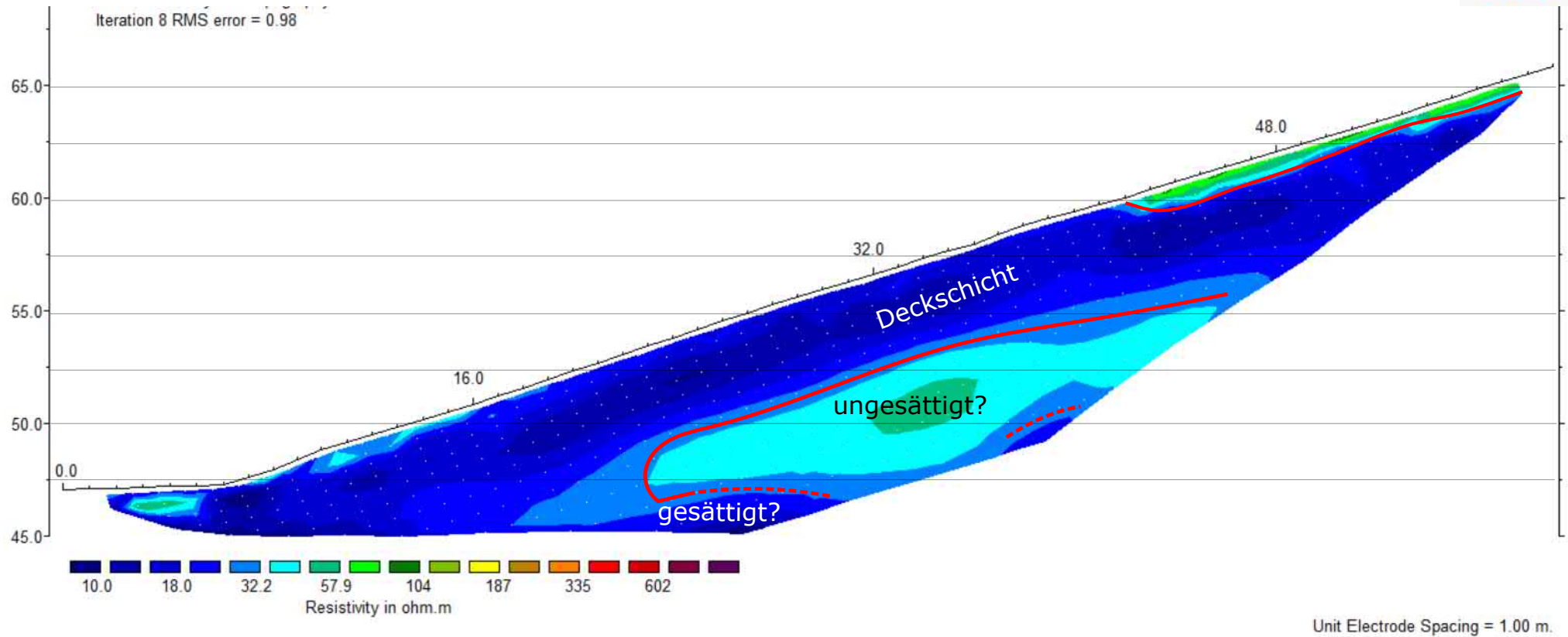
Projekt: Mühlenberg, Hünxe
AG: ahu GmbH
Datum: 12.05.2021

Anlage 2c – Geoelektrisches Widerstandsmodell für Profil S3



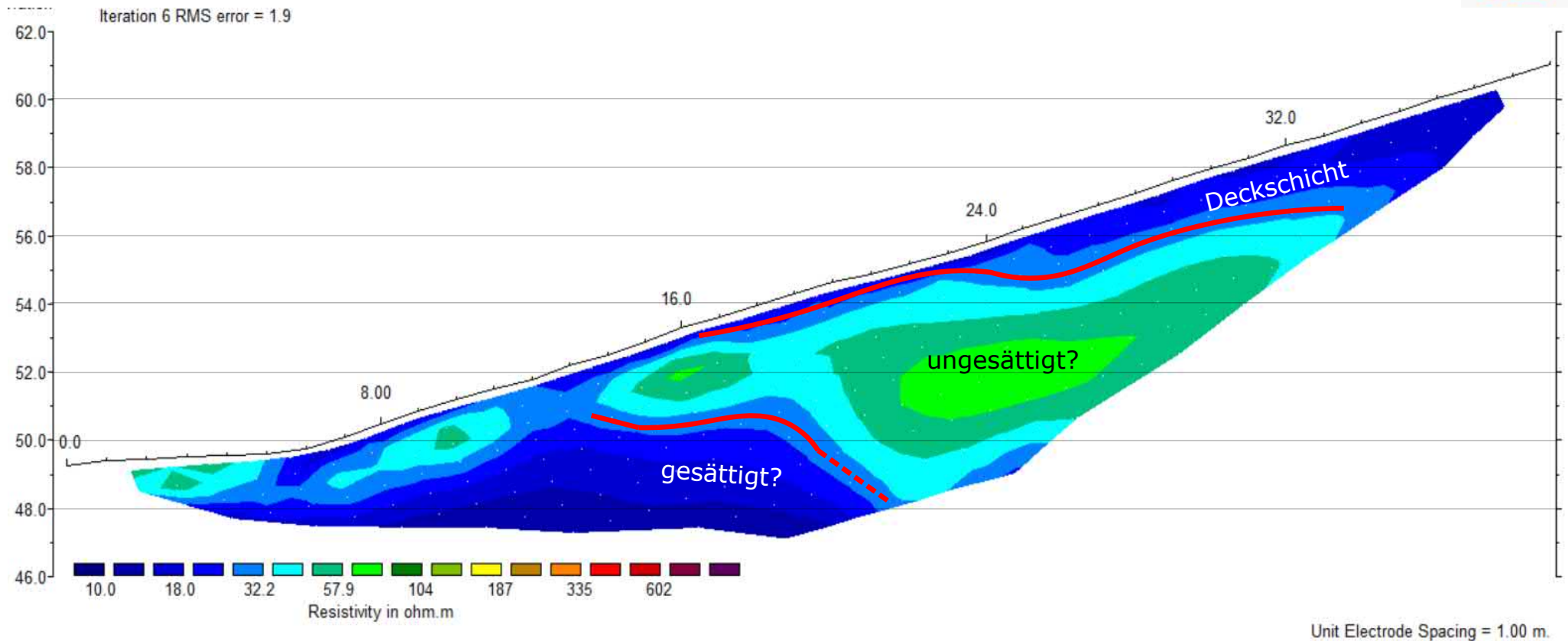
Projekt: Mühlenberg, Hünxe
AG: ahu GmbH
Datum: 12.05.2021

Anlage 2d – Geoelektrisches Widerstandsmodell für Profil S4



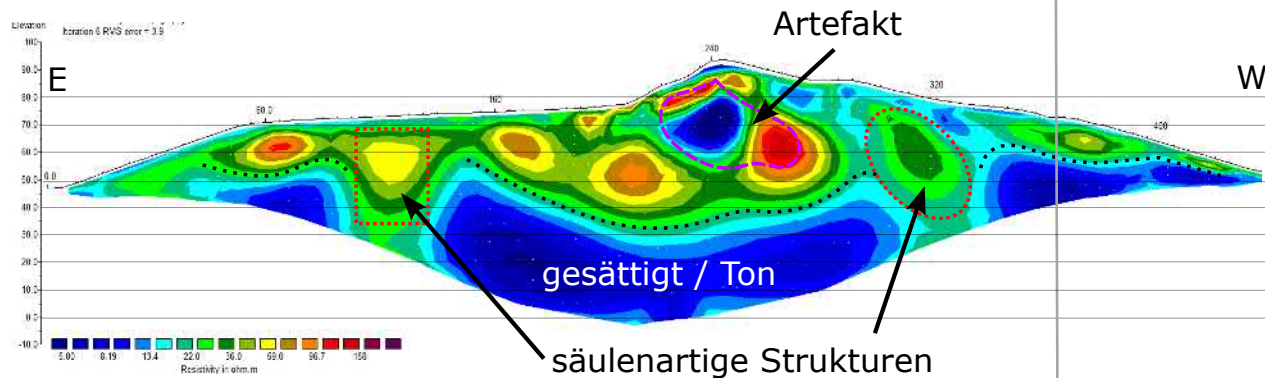
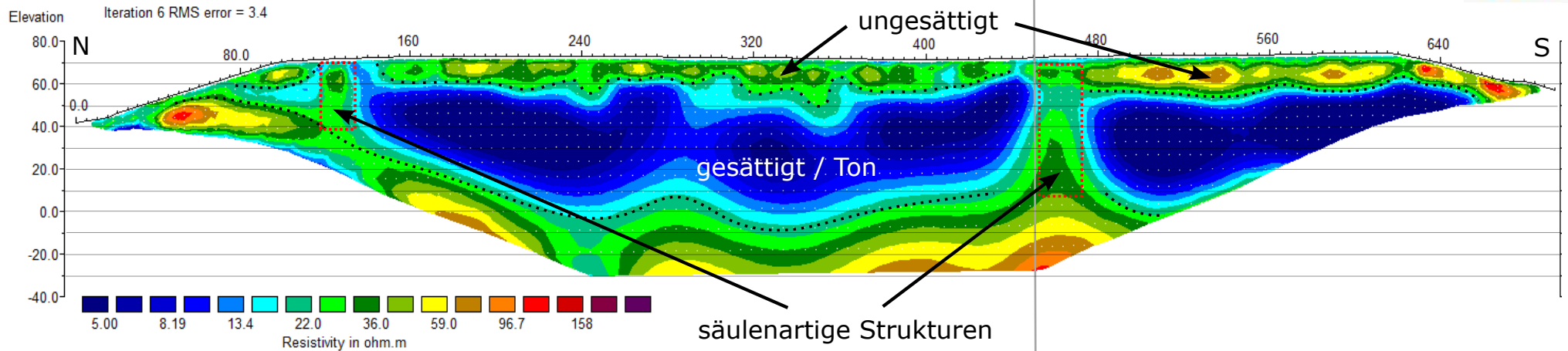
Projekt: Mühlenberg, Hünxe
AG: ahu GmbH
Datum: 12.05.2021

Anlage 2e – Geoelektrisches Widerstandsmodell für Profil S5



Projekt: Mühlenberg, Hünxe
AG: ahu GmbH
Datum: 12.05.2021

Anlage 3 – Geoelektrische Widerstandsmodelle für die Profile Nord-Süd und Ost-West



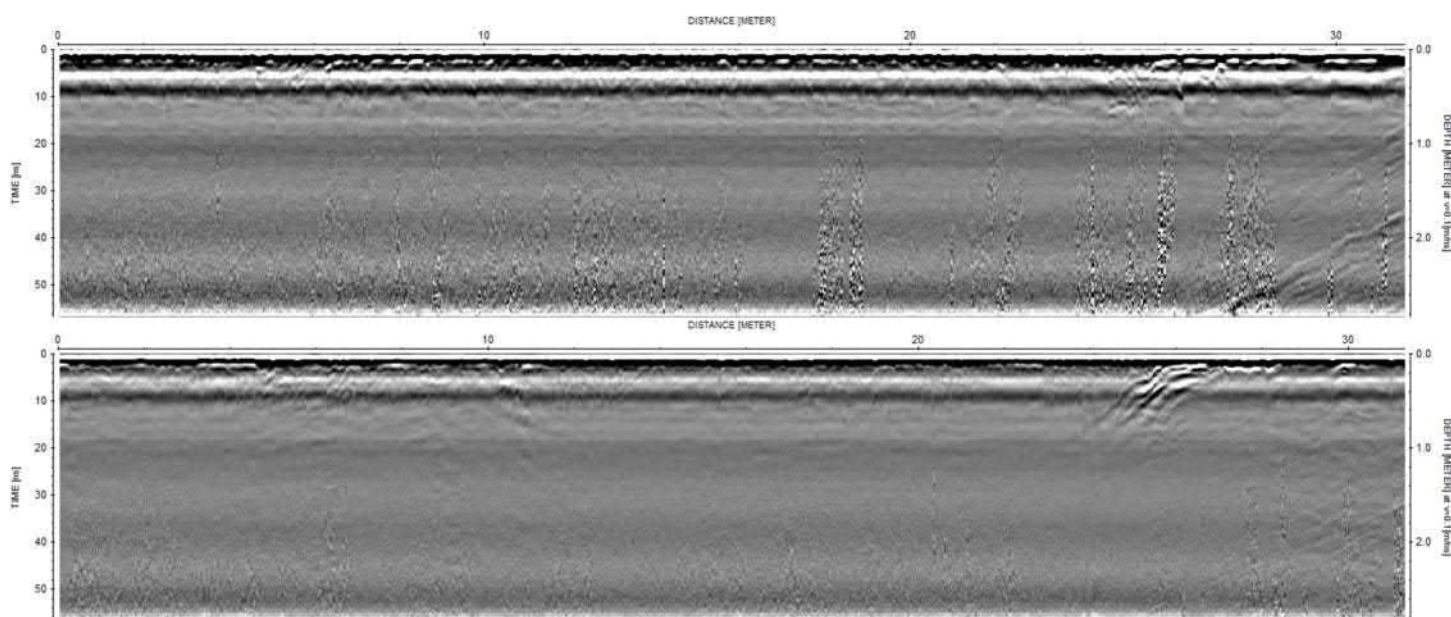
Schnittlinie der
Kreuzprofile

Projekt: Mühlenberg, Hünxe
AG: ahu GmbH
Datum: 12.05.2021

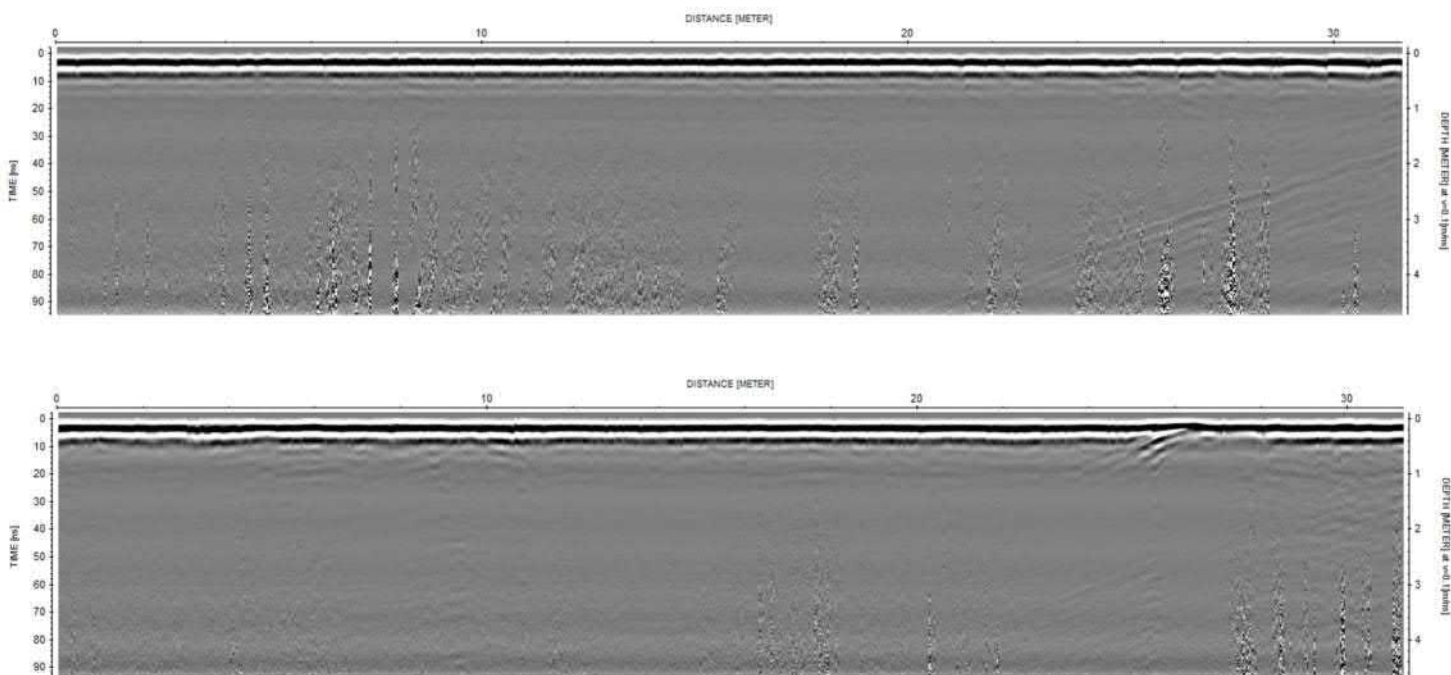
Anlage 4a – Radargramme für Profil S1, 600 und 200 MHz



S1 - 600 MHz



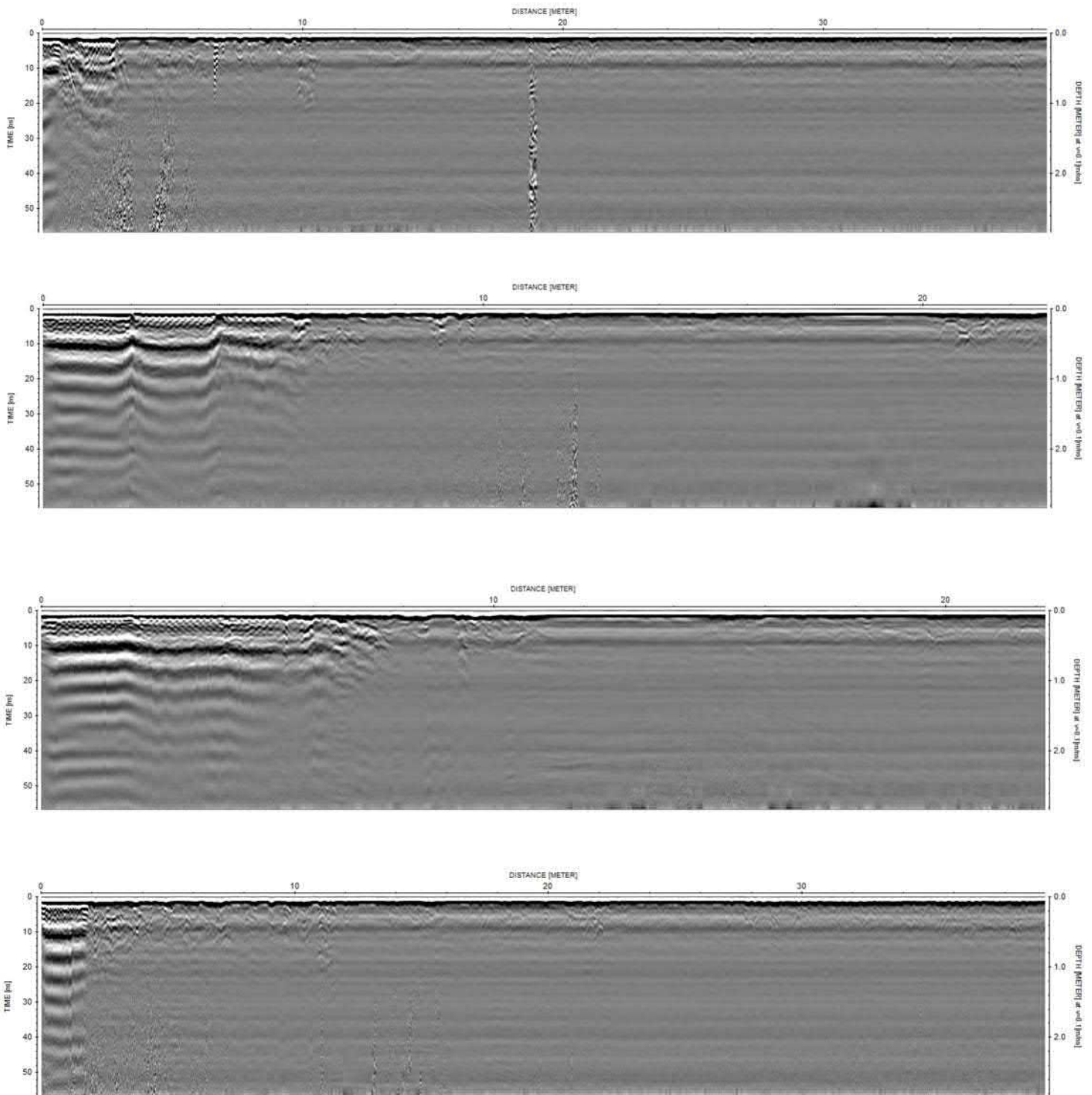
S1 - 200 MHz



Anlage 4b – Radargramme für Profil S2, 600 MHz



S2 - 600 MHz



Projekt: Mühlenberg, Hünxe

AG: ahu GmbH

Datum: 12.05.2021

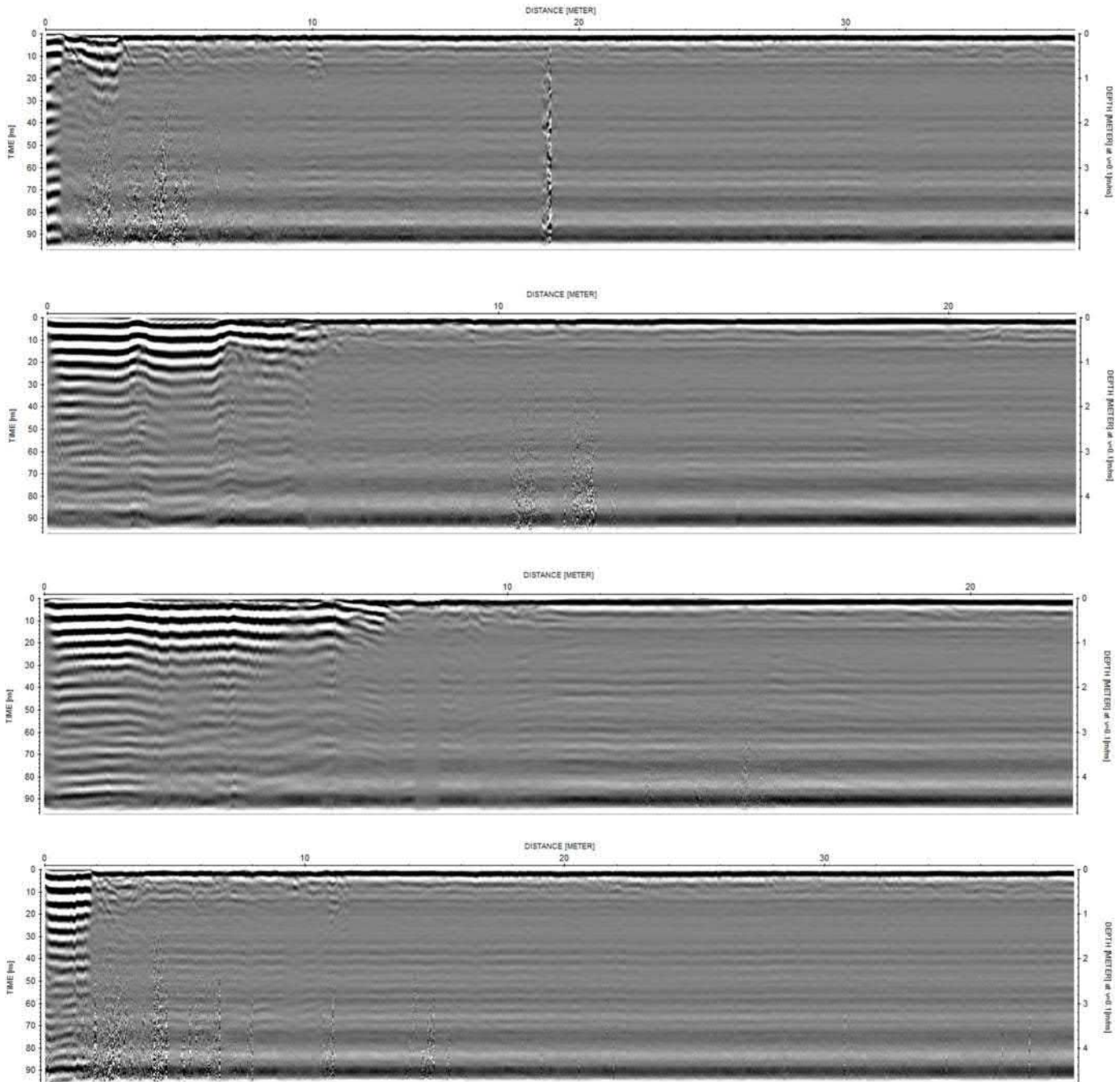
[Dok. 2 - Bericht zu geophysikalischen Messungen im Bereich der Verfüllung Mühlenberg](#)

zum ahu-Gutachten NOTT5, S. 24

Anlage 4c – Radargramme für Profil S2, 200 MHz



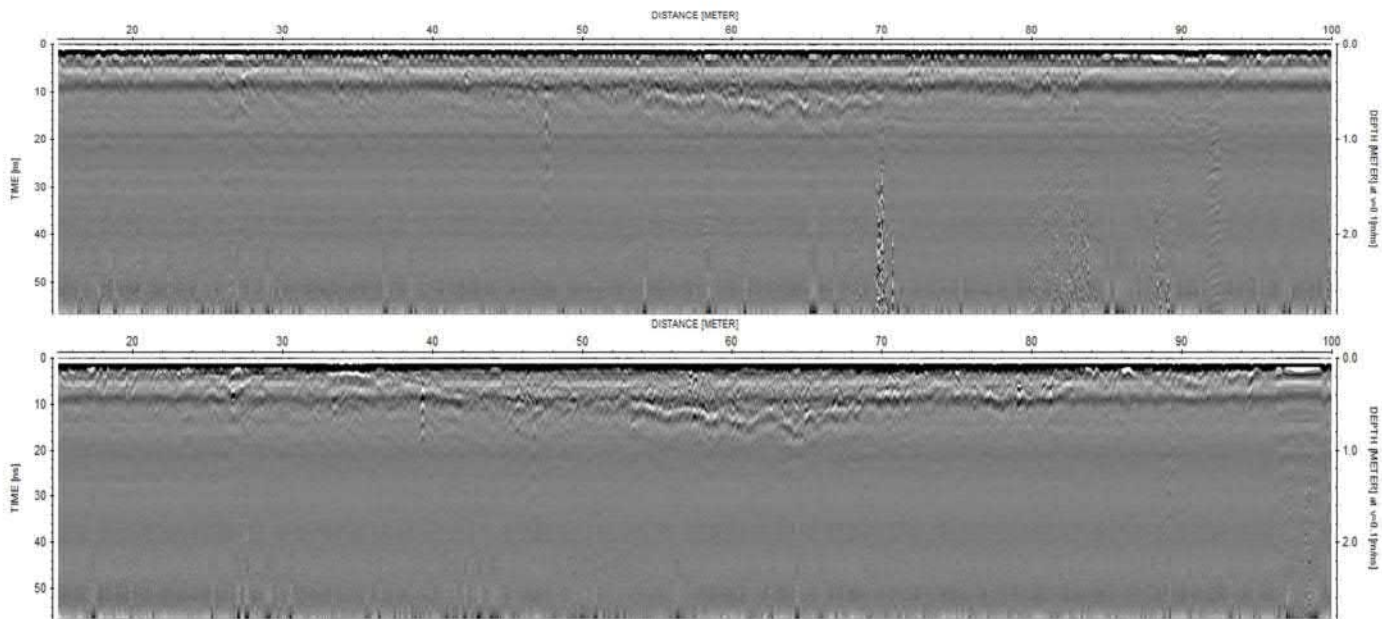
S2 - 200 MHz



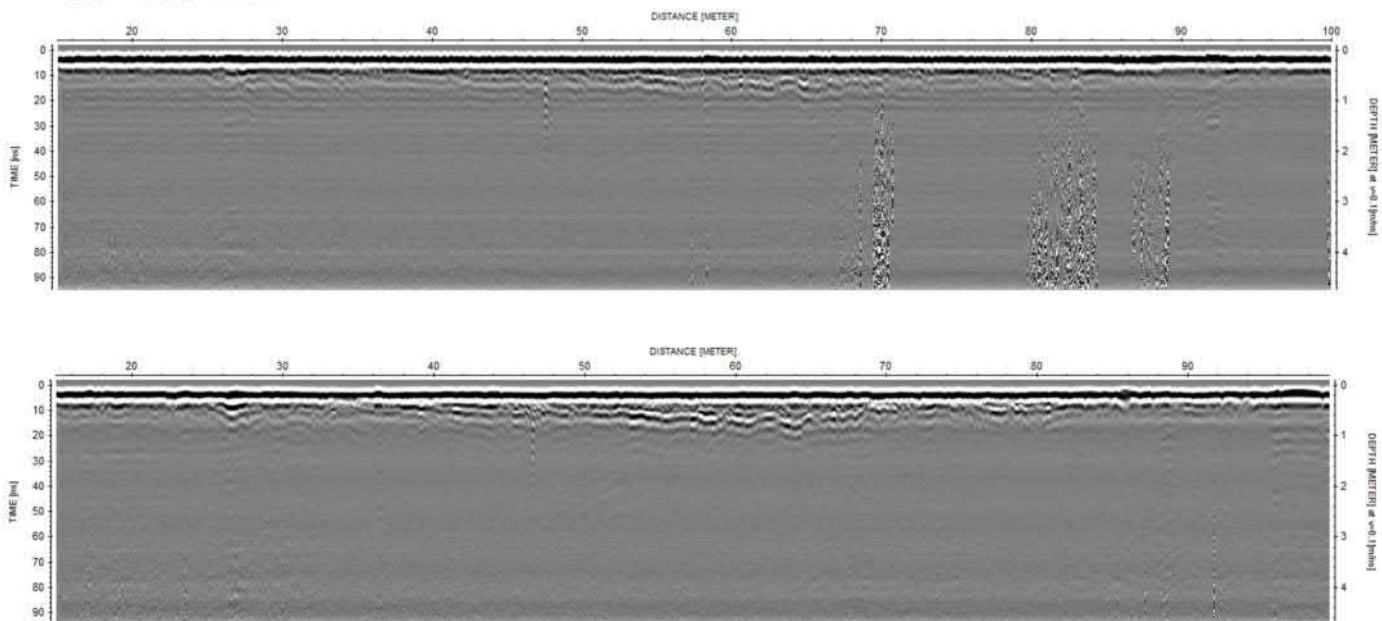
Anlage 4d – Radargramme für Profil S3, 600 und 200 MHz



S3 - 600 MHz



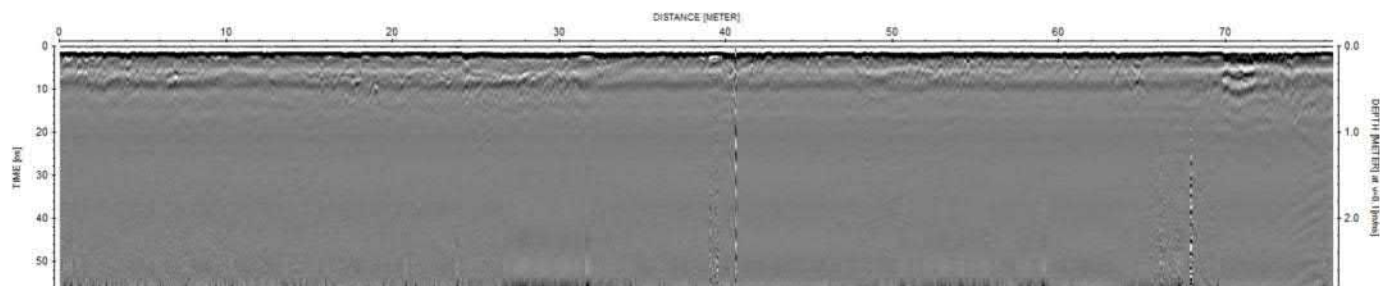
S3 - 200 MHz



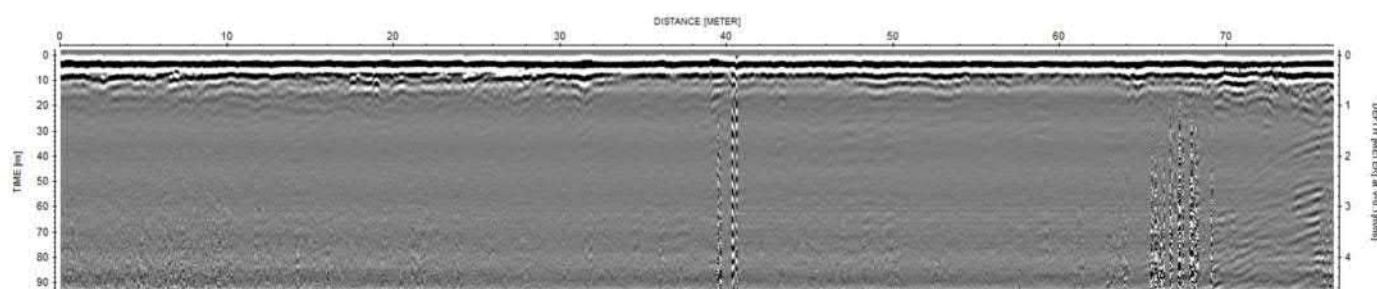
Anlage 4e – Radargramme für Profil S4, 600 und 200 MHz



S4 - 600 MHz



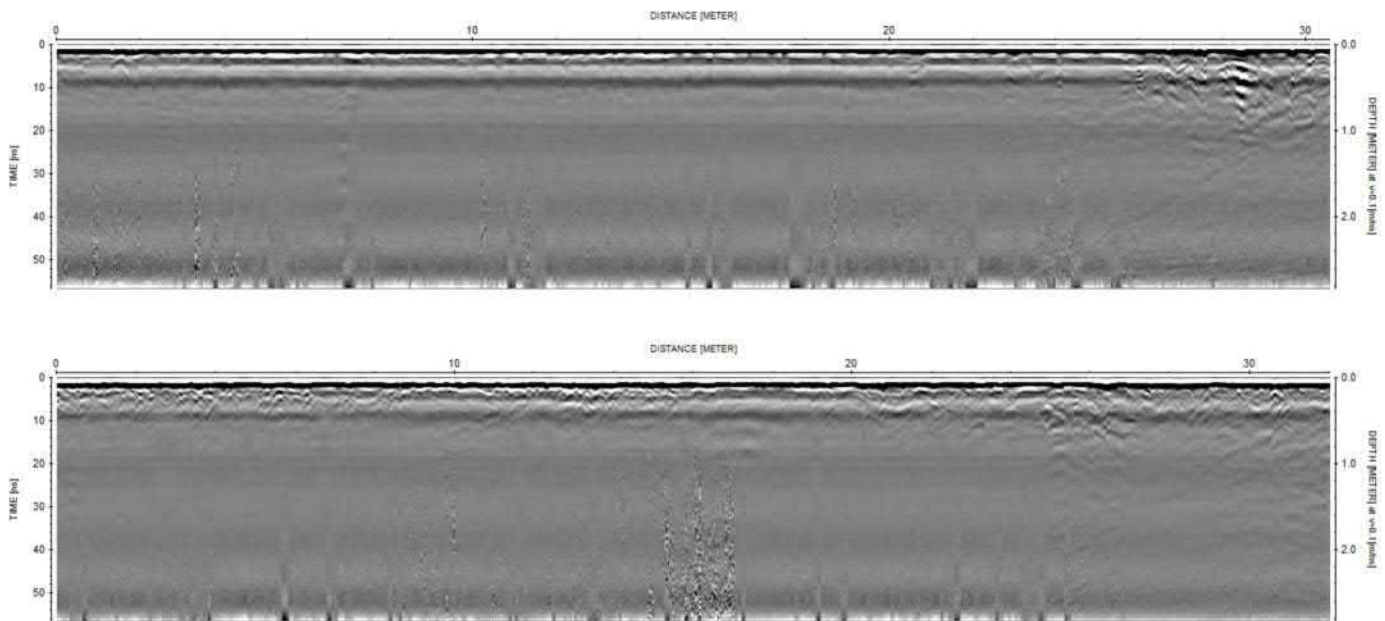
S4 - 200 MHz



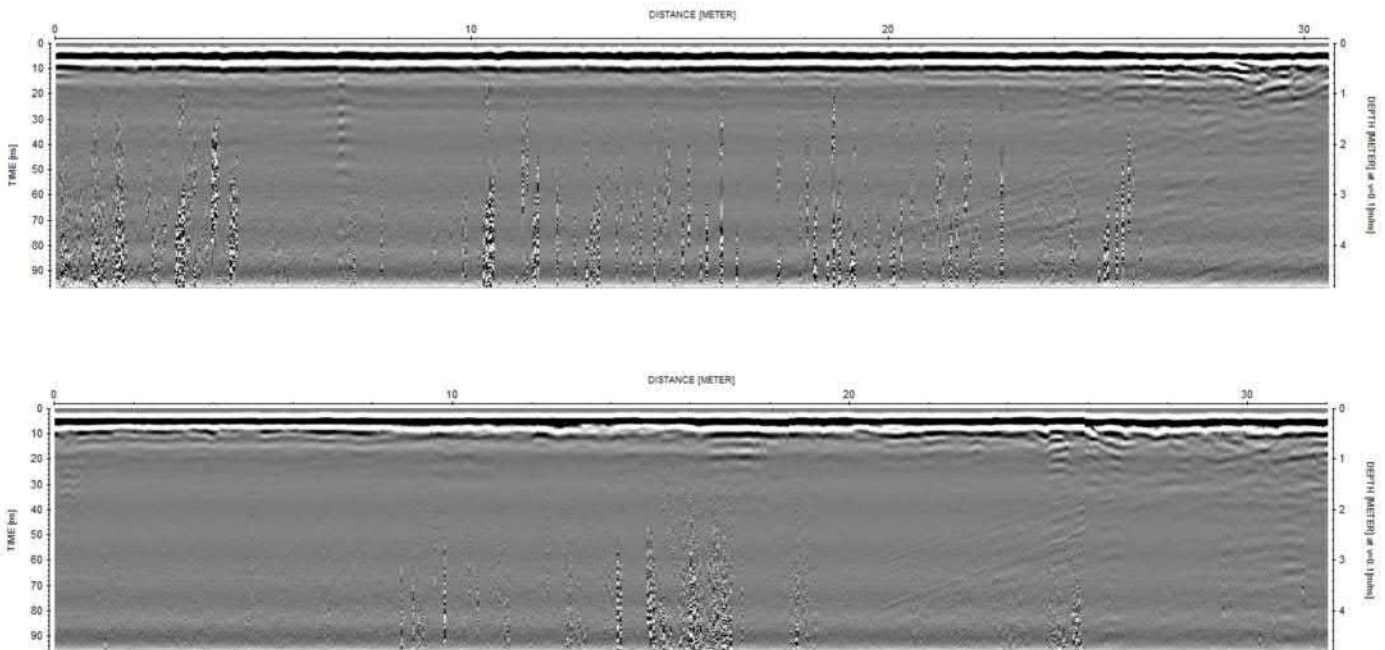
Anlage 4f – Radargramme für Profil S5, 600 und 200 MHz



S5 - 600 MHz



S5 - 200 MHz



Geoelektrik

Die Gleichstromgeoelektrik nutzt die physikalische Eigenschaft der Gesteine, in Abhängigkeit von Lithologie und Elektrolytgehalt des Porenwassers, den elektrischen Strom zu leiten.

Gleichstrom oder niederfrequenter Wechselstrom wird in den Boden über zwei Elektroden eingespeist und an anderer Stelle wird über zwei weitere Elektroden die Spannung gemessen. Aus diesen Messwerten lässt sich der Elektrische Widerstand bestimmen. Das Prinzip folgt somit dem aus der Physik bekannten **Ohmschen Gesetz**.

In der Geoelektrik stehen verschiedene Messanordnungen der Elektroden und Sonden zur Auswahl. Gebräuchliche Anordnungen sind z. B. das Schlumberger- und das Dipol-Dipol-Verfahren.

Um die ‚wahre‘ **Verteilung des Widerstandes im Untergrund** zu modellieren, werden die erhaltenen Messwerte schließlich über ein mathematisches Optimierungsverfahren (Inversion) auf ein Modell zurückgeführt, dass die Widerstandsverteilung im Untergrund widerspiegelt.

Messaufbau

Spieße werden entlang einer geraden Linie in den Boden gesteckt und mit Elektroden bestückt, die über ein Kabel verbunden sind (Abb.1). Die Abstände der Elektroden und deren Auslagenlänge werden dabei vom Untersuchungsziel bestimmt. Kleinere



Elektrodenabstände bieten eine höhere Auflösung und längere Auslagen eine größere Erkundungstiefe. Über ein Steuergerät werden die Strom- bzw. Spannungselektroden in unterschiedlichen Konfigurationen geschaltet.

Je nach Leitfähigkeit des Untergrunds und Auswahl der Messkonfiguration kann so eine Aussagetiefe von 10% bis 30% der Auslagenlänge erzielt werden.

Abb. 1: zeigt eine 2D-Geoelektrik-Messlinie mit Spießen und Elektroden.

EXOM 2D-Geoelektrik Messapparatur

Apparatur:	Multielektroden-Apparatur LGM 4 Point light
Profillänge:	Einzelauslagen bis 500 m
Erkundungstiefen	bis 100 m unter GOK

Die **2D-Geoelektrik** mit Hilfe sogenannter Multi-Elektroden-Anordnungen ermöglicht eine detaillierte lithologische Gliederung des Untergrundes entlang der gemessenen Profillinien. Als **Beispiel** für ein Messergebnis dient **Abb. 2**. Ziel dieser Untersuchung war eine Hohlräumerkundung in einem Karstgebiet. Da Luft einen sehr hohen spezifischen elektrischen Widerstand besitzt, grenzen sich Hohlräume geoelektrisch vom Umgebungsmaterial ab.

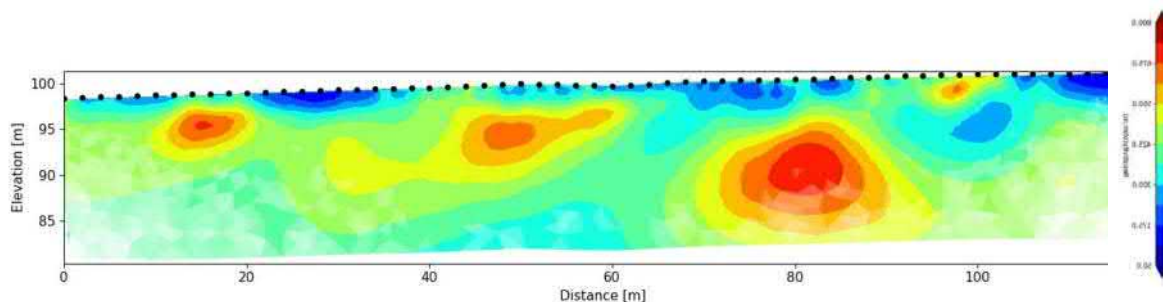


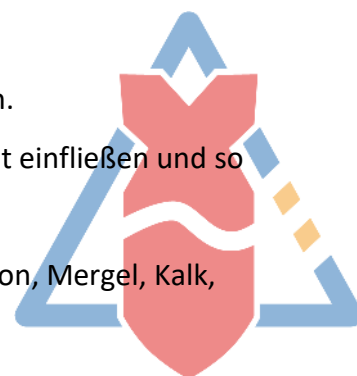
Abb. 2: 2D-Tiefenschnitt-Beispiel für eine 2D-Geoelektrikmessung in einem Karstgebiet zur Hohlräumersuche. Gezeigt wird der logarithmische spezifische Widerstand in Ωm . Der Elektrodenabstand betrug 2 m. Hochohmige rote Gebiete zeigen mögliche Hohlräume.

Voraussetzung

- Spieße müssen in den Boden eingebracht werden, so dass im Untergrund ein Strom fließen kann.
- Das Untersuchungsziel muss einen Leitfähigkeitskontrast zum Umgebungsmaterial bilden

Merkmale für Sondierungen mittels Geoelektrik

- Bestimmung von geologischen **Schichtverläufen** und deren Mächtigkeiten.
- Gibt es **Materialwechsel** im Untergrund?
- Erkennen und **Lokalisieren von Hohlräumen**.
- Abschätzung der **Volumina** von Einlagerungen bei **3D**-Sondierungen.
- Vorinformationen aus z.B. Bohrungen können in die Auswertung mit einfließen und so die Ergebnisse optimieren.
- Welche Sedimente bzw. **Gesteine bilden den Untergrund?** (Sand, Ton, Mergel, Kalk, Festgestein, Bauschutt, Torflagen, etc.).



Georadar

Bei einer Georadarmessung (auch GPR - „Ground Penetrating Radar“) werden elektromagnetische Wellen des Radarspektrums gerichtet in den Boden abgestrahlt. An Leitfähigkeitsunterschieden im Untergrund wird das Signal reflektiert oder gestreut.

Metallische Störkörper, **Leitungen**, Bauschutt, Hohlräume oder **Kampfmittel** zeichnen sich so von der Umgebung ab und können sicher geortet werden. Selbst geringe Untergrundvariationen wie **Materialwechsel** bei Grabenauffüllungen oder **Durchfeuchtung** von Materialien können so vom GPR sondiert werden. Die reflektierten

und gestreuten Wellen werden von dem Radar empfangen und aufgezeichnet. Hieraus ergibt sich ein sogenanntes Radargramm, das einen Tiefenschnitt entlang der gemessenen Strecke darstellt wie in der gezeigten Abbildung.

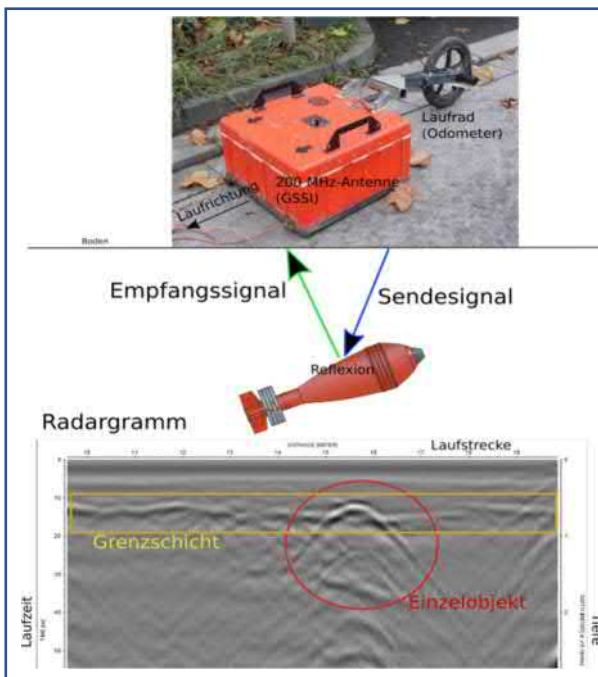


Abb. 1: Bsp. Für eine Kampfmittelsondierung mit dem GPR. Die Radarantenne wird über den Boden gezogen wobei der zurückgelegte Weg vom Odometer aufgezeichnet wird (*oben*). Befindet sich ein Störkörper (*mitte*) unterhalb der Antenne wird er von der Empfangsantenne detektiert. Im Radargramm (*unten*) zeigt sich ein typisches Reflexionsmuster das hier sowohl den Störkörper als auch einen Bodenwechsel bei 0,5 m u. GOK zeigt.

Merkmale des Georadar

- Hochauflösende Sondierung für den nahen Untergrund.
- **Genaue Tiefenangaben** nach Kalibrierung der Wellenlaufzeiten sind möglich.
- Sowohl **Hohlräume** als auch Materialwechsel, Leitungen, Fundamente, Grabenstrukturen etc. können je nach Bodenbeschaffenheit bis zu 5 m Tiefe geortet werden

EXOM Messapparaturen

Apparatur:	Verschiedene GPR-Systeme von GSSI und IDS
Frequenz	200 MHz bis GHz Antennen
Erkundungstiefen	0,5 - 5 m u. GOK



Dokumentation 3:
Protokolle der Schurfbegehungen und Feldaufnahmen
(85 Seiten)

Aktenvermerk Ortstermin Schurf 1

Betreff: Ortstermin **Schurf 1**, Bau Messstelle B6
Datum: 14.04.2021; 10.00 bis 15.00
Anwesend: Herr Eckert, Herr Wellmann, Herr Wallentowitsch (Fa. Nottenkämper)
Herr Prof. Dr. Uterman, Herr Schroers (MULNV)
Frau Wiele-Dixkens, Herr Stellmacher (Bezirksregierung Düsseldorf)
Herr Czichy, Herr Brandtstaeter, Herr Latta, Frau Stredike (Kreis Wesel)
Herr Dr. Kerth, Herr Prahl (Gutachter des Kreises Wesel)
Herr Bruns (Consulaqua) Frau Günther (IFUA), Herr Lieser, Herr Meßling (ahu GmbH) (Gutachter/in der Firma Nottenkämper)
Frau Gabrisch (LIMES, Fremdprüfer Tondichtung)
Herr Hödel (GeoLab, Eigenprüfer Tondichtung)
Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)
Erstellt durch: Herr Lieser (ahu GmbH)

1 FRAGESTELLUNGEN

Folgende Fragestellungen waren zu klären:

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?
- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?
- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung?
- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung auf der sich das Sickerwassers staut?
- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

2 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Am 13.04.2021 wurde zur Vorbereitung des Ortstermins am 14.04.2021 die Oberflächenabdichtung entfernt und die Verfüllung freigelegt. Die Lage des Schurfes ist in Abb. 1 und Anlage 1 zu erkennen.

Der Schurf (Schurf 1) wurde verfüllungsseitig bis zu dem Tonkeil und knapp in ihn hinein angelegt. In Abb. 2 (s. Kap. 3) ist die Drainagematte, die Oberflächenabdichtung (0,5 m mächtig), unterlagert von einer Schicht aus Stahlwerksschlacken / Hochofenschlacken auf einer asphaltierten Schicht (0,3 m ehemalige Zufahrt) zu erkennen.

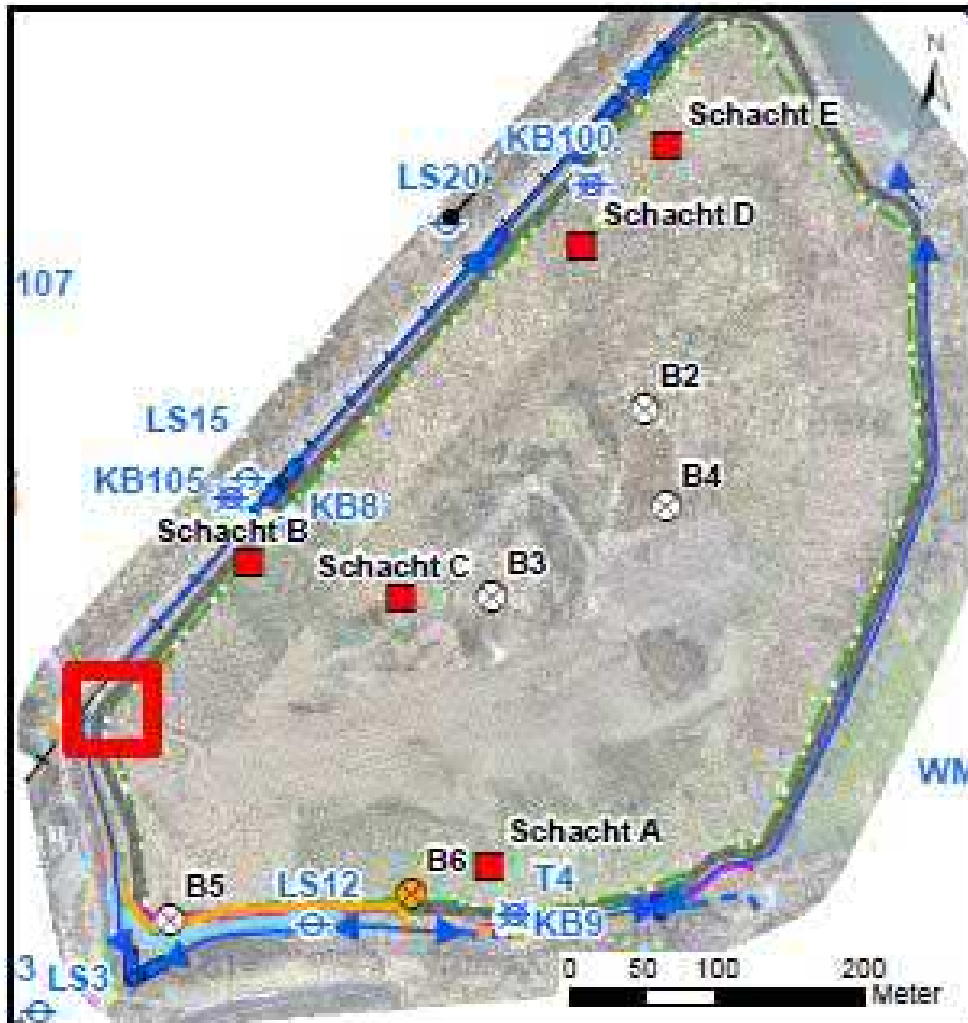


Abb. 1: Lage des Schurfs S1 (Übersicht)

Die Asphaltdecke liegt über einer ca. 0,5 m mächtigen Schicht aus Stahlwerksschlacken / Hochofenschlacken, die unterlagert ist von eine Flugaschenlage unterschiedlicher Mächtigkeit. Unter der Flugasche folgt Geschiebelehm (gelbliche Schicht im Vordergrund, s. Abb. 2), der oberflächennah schluffig bis sandig ausgebildet ist. Im Vordergrund ist der Anschnitt des Tonkeils sichtbar.

In der Flugascheschicht und über dem Geschiebelehm trat Wasser aus. Über Nacht sammelten sich nach Angaben der Fa. Nottenkämper etwa 0,3 m³ Wasser mit einer Leitfähigkeit von 2.500 µS/cm und einem pH-Wert von 12.

3 ERGEBNIS DES ORTSTERMINS



Abb. 2: Schurf 1 am 14.04.2021 morgens vor der Vertiefung, Blick nach Osten

Am 14.04. wurde in Anwesenheit der o.g. Personen der Schurf 1 vertieft und verbreitert.

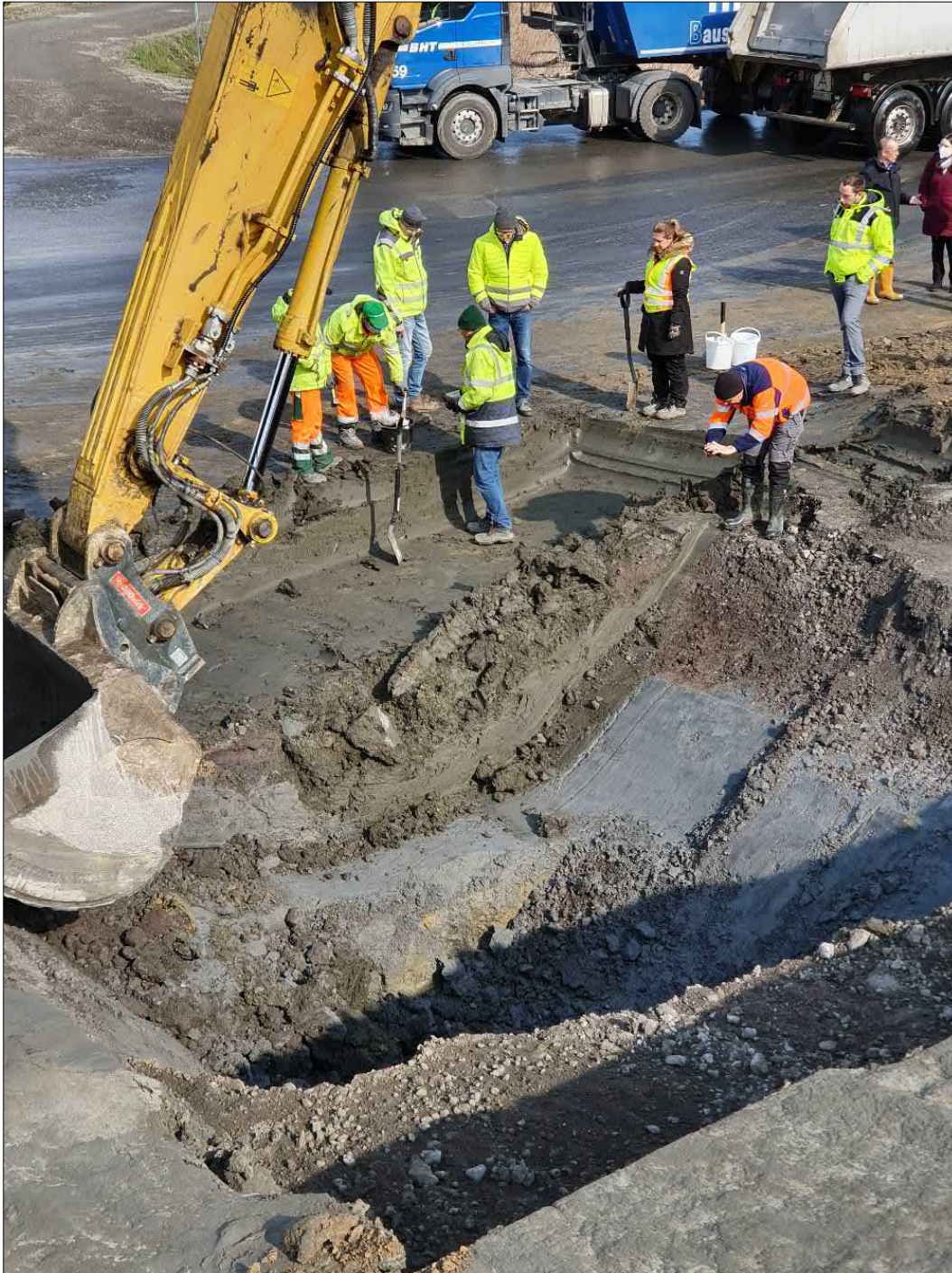


Abb. 3: Schurf 1, Blick nach Westen: Tonkeil mit Anbindung an die Oberflächenabdichtung

Durch den frischen Anschnitt des Baggers sind der Tonkeil und seine nahtlose Anbindung an die Oberflächenabdichtung sichtbar (vgl. Abb. 3, rechte Seite Mitte).

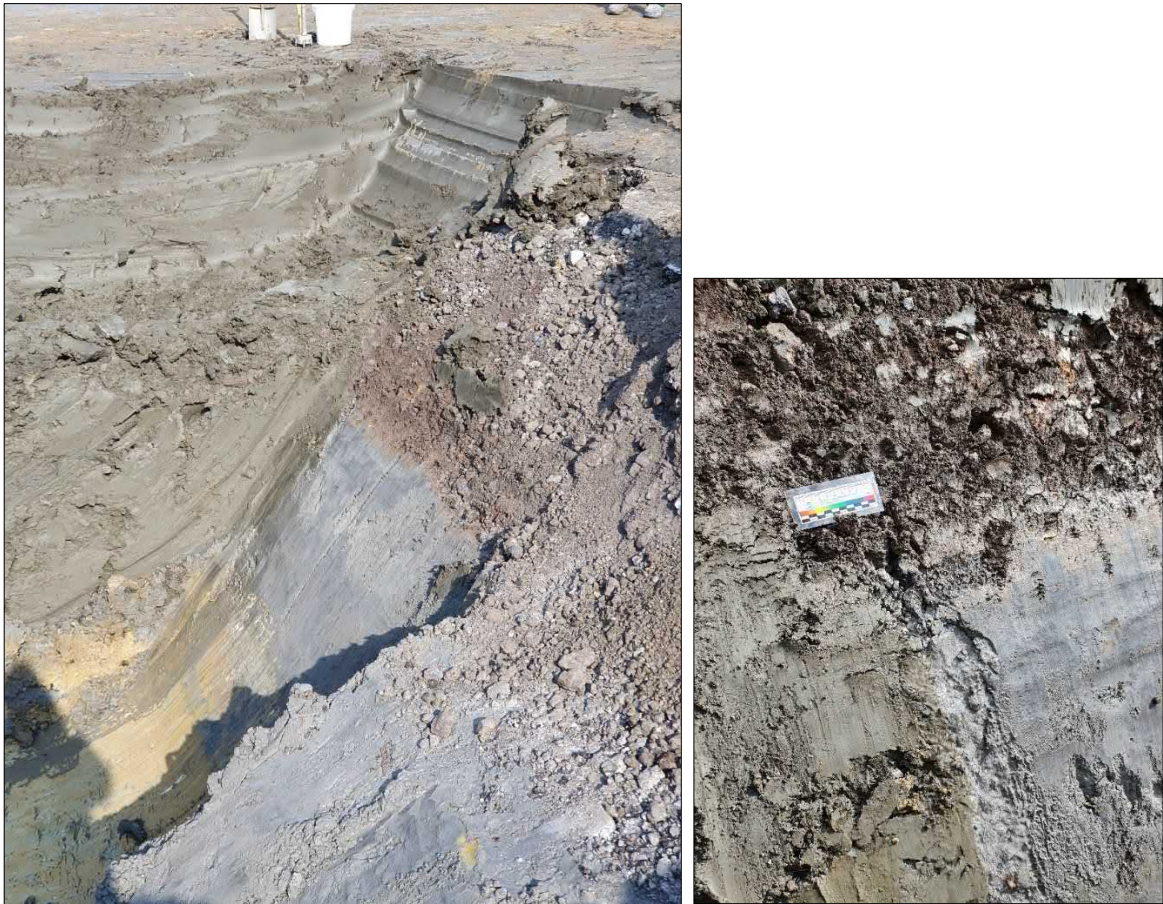


Abb. 4: Detail: Tragschicht (grau-rötlich) über Flugasche (grau) über Geschiebelehm (gelb);
rechtes Foto markiert: lokaler Wasseraustritt in der Tragschicht
linkes Foto: Tonkeil grau-olive

Abb. 4 zeigt die Abfolge der eingebauten Schichten unter der Asphalttschicht: ca. 0,5 m Tragschicht, grobes Material, ca. 0,5 m Flugasche, darunter Flugsand und Geschiebelehm (wahrscheinlich teilweise anstehend). Im Hintergrund ist der Tonkeil erkennbar.

Verfüllungsseitig vor dem Tonkeil tritt lokal begrenzt Sickerwasser an zwei Punkten (ca. 0,2 m unter der OK Flugasche und an der Oberfläche des Geschiebelehms (vgl. Abb. 5) aus. Das wird unsererseits so interpretiert, dass sich das Wasser in besser durchlässigen Bereichen der Flugaschen und in den sandigen Partien über dem Geschiebelehm sammelt und durch den Tonkeil gestaut wird. Bei dem Wasser handelt es sich u.E. um Sickerwasser, das wahrscheinlich über Niederschlag vor Aufbringen der Oberflächenabdichtung in die Verfüllung eingedrungen ist und dort in einzelnen Lagen eingeschlossen oder kommunizierend vorliegt.

Auch an der Ostseite des Schurfs (vgl. Abb. 5) sind kleinere Sickerwasseraustritte zu beobachten, die milchig weiße Trübungen aufwiesen.

Die max. Austrittsmenge lag bei geschätzt ca. 0,01 l/s. Nach ca. 2 Std. kam die Wasserführung zum Erliegen.



Abb. 5: Weitere Wasseraustritte in den Flugaschen (Ostseite des Schurfs 1)



Abb. 6: Feuchte Bereiche innerhalb des Tonkeils

Der Tonkeil wurde verfüllungsseitig nach außen abgeschält. Dabei wurde darauf geachtet, den Tonkeil nicht in seiner gesamten Mächtigkeit abzutragen, um hier noch Schutzwirkung nach außen zu haben.

Auch innerhalb des Tonkeils selbst wurden feuchte Stellen beobachtet (vgl. Abb. 6). Das wird von uns so interpretiert, dass beim Einbau des Tons Wasser eingeschlossen wurde, das jetzt sichtbar ist.



Abb. 7: Innenseite, Tonkeil und Anschluss an den Geschiebelehm / Lintforther Schichten

Beim Tiefergraben des Schurfs zeigte sich, dass der Tonkeil (links Tonkeil, rechts Geschiebelehm) oben breiter ist als in einer Tiefe von ca. 4,5 m (dargestellte Schurftiefe). Nach unten nimmt der Geschiebelehm eine dunklere Farbe an. Hier wird der Übergang zu den Lintforther Schichten angesetzt.



Abb. 8: Geschiebelehm, links wahrscheinlich anstehend, überlagert von Flugasche, rechts umgelagert mit einem Bereich von wassergesättigter Flugasche (Blick nach Norden)

Im östlichen Bereich des Schurfs wurde unter einer wahrscheinlich umgelagerten Lage aus Geschiebelehm in einer Tiefe von 3,5 m unter der Asphaltsschicht eine wassergesättigte Flugaschelage einer Breite von ca. 0,5 m angetroffen. Das interpretieren wir so, dass an dieser Stelle der eigentliche Tongrubenrand beginnt.

4 VERMESSUNGEN UND PROFIL

Es wurden 19 Punkte höhenmäßig eingemessen und ein Profil am nördlichen Rand entlang des Schurfs 1 konstruiert (vgl. Anl. 2 und Dok. 1).

5 BESTIMMUNG DER DURCHLÄSSIGKEITEN DES TONKEILS

Es wurden 6 Stechzylinderproben zur Untersuchung der Durchlässigkeit des Tonkeils entnommen. Die Ergebnisse liegen noch nicht vor.

6 BEWERTUNG

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?

Der Lage des Dichtwandkeils entspricht den Angaben der Fa. Nottenkämper. Die Endteufe des Keils wurde nicht eindeutig erreicht. Der Keil verläuft konisch nach unten. Die Breite des Tonkeils oben beträgt > 1,0 m.

- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?

Nach der Inaugenscheinnahme ist der Tonkeil im durch den Schurf sichtbaren Bereich in den Untergrund (mindestens bis zum Übergang zu den Lintforter Schichten) korrekt eingebunden.

- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung?

Die Oberflächenabdichtung ist im Bereich des Schurfs nahtlos an den Tonkeil angeschlossen. Eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung wurde nicht beobachtet.

- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung, auf der sich das Sickerwassers staut?

Eine alte Oberflächenabdichtung existiert an dieser Stelle nicht. Dies kann mit der speziellen Situation an der alten Zufahrt zur Verfüllung zusammenhängen. Die Asphaltdecke der ehemaligen Zufahrt ist noch vorhanden. Auf der Asphaltdecke steht kein Wasser. Darüber lagert Schlacke.

Östlich des Tonkeils an der Innenseite existiert noch ein Rest des wahrscheinlich anstehenden Geschiebelehms mit einer Flugsandauflage. Der höchste Wasseraustritt verfüllungsseitig wurde mit ca. 49,10 m NN (Schlacke) ermittelt. Darunter existiert bei ca. 47,10 m ein zweiter Sickerwasseraustritt an der östlichen Kante des Tonkeils in dem Geschiebelehm. Darüber hinaus flossen aus der Flugasche (östliche Seite des Schurfs) und aus einem wassergesättigten Flugascherest innerhalb des Geschiebelehms geringe Mengen an Sickerwasser aus. Die Wasseraustrittsmengen sind zusammen anfangs mit etwa 0,01 l/s

anzugeben. Die Gesamtmenge liegt unter 100 l im Zeitraum zwischen 11:00 h und 14:00 h am Tag des Anlegens des Schurfs. Ob sich ein höherer Sickerwasserspiegel als an den im Schurf angetroffenen Austrittsstellen einstellt und ob auf Dauer relevante Mengen an Sickerwasser austreten, ist unbekannt, aber unwahrscheinlich, da der Nachlauf von Wasser nach ca. 2 Std. zum Erliegen kam.

- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

Ein Austritt von Sickerwasser in den Randgraben bzw. in das oberflächennahe Grundwasser ist nur dann möglich, wenn das Sickerwasser sich einstaut und die Sickerwasserhöhe in der geplanten Messstelle B6 über den oberflächennahen Grundwasserstand außerhalb des Dichtwandkeils und über die Grabensohle (hier ca. 48,62 mNN) steigt.

Dass sich ein Sickerwasserspiegel von über 48,62 mNN in der Messstelle B6 einstellt, ist theoretisch möglich, aber unwahrscheinlich, da die festgestellten Sickerwasseraustritte in dem Schurf nur sehr lokal sind und der Nachlauf gering ist.

Die Sickerwasserstände innerhalb der nächstgelegenen Schächte in der Verfüllung des Taggebautiefsten liegen bei 41,01 mNN. (Schacht C am 08.04.2021) und 47,43 (Schacht B am 08.04.2021). Sie übersteigen nicht die Grabensohle von 48,62 mNN.

7 MAßNAHMEN

Es wurde, um den Sickerwasserspiegel und ggf. die Sickerwasserrate zu messen sowie ggf. Sickerwasser entnehmen zu können, abgestimmt, in dem Bereich des Schurfs eine Sickerwassermessstelle B6 auszubauen. Dabei wurden folgende Angaben zum Ausbau des Schurfs besprochen:

- Einbau von Ton von der Endteufe bis in eine Höhe von 45,5 mNN, um auch die Zutritte aus der Flugasche im Geschiebelehm erfassen zu können.
- Verfüllung des Schurfs mit Sand/Kies und Verfilterung der Messstelle B6 bis 1 m unter die Oberflächenabdichtung.
- Ein getrennter Ausbau verschiedener Horizonte wird von allen Beteiligten als technisch nicht machbar eingeschätzt.
- Der Tonkeil und die Oberflächenabdichtung sind fachgerecht wiederherzustellen.

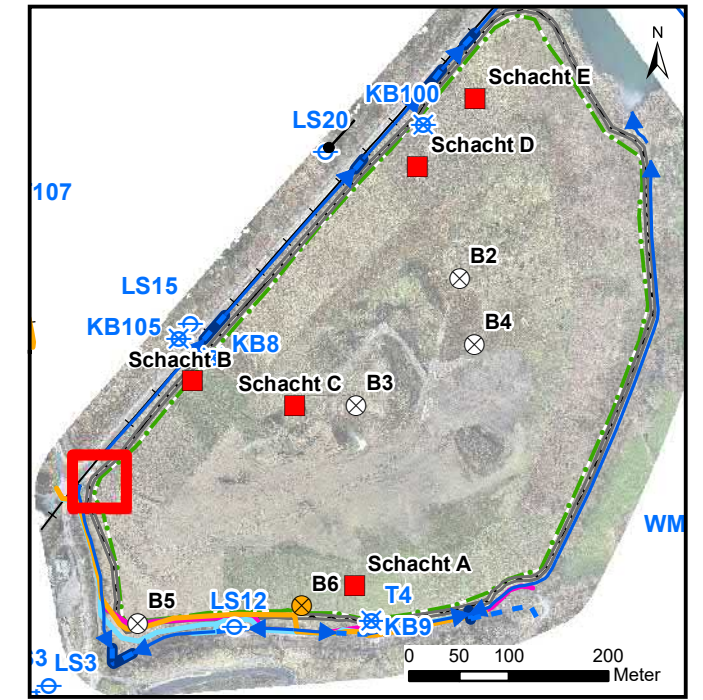
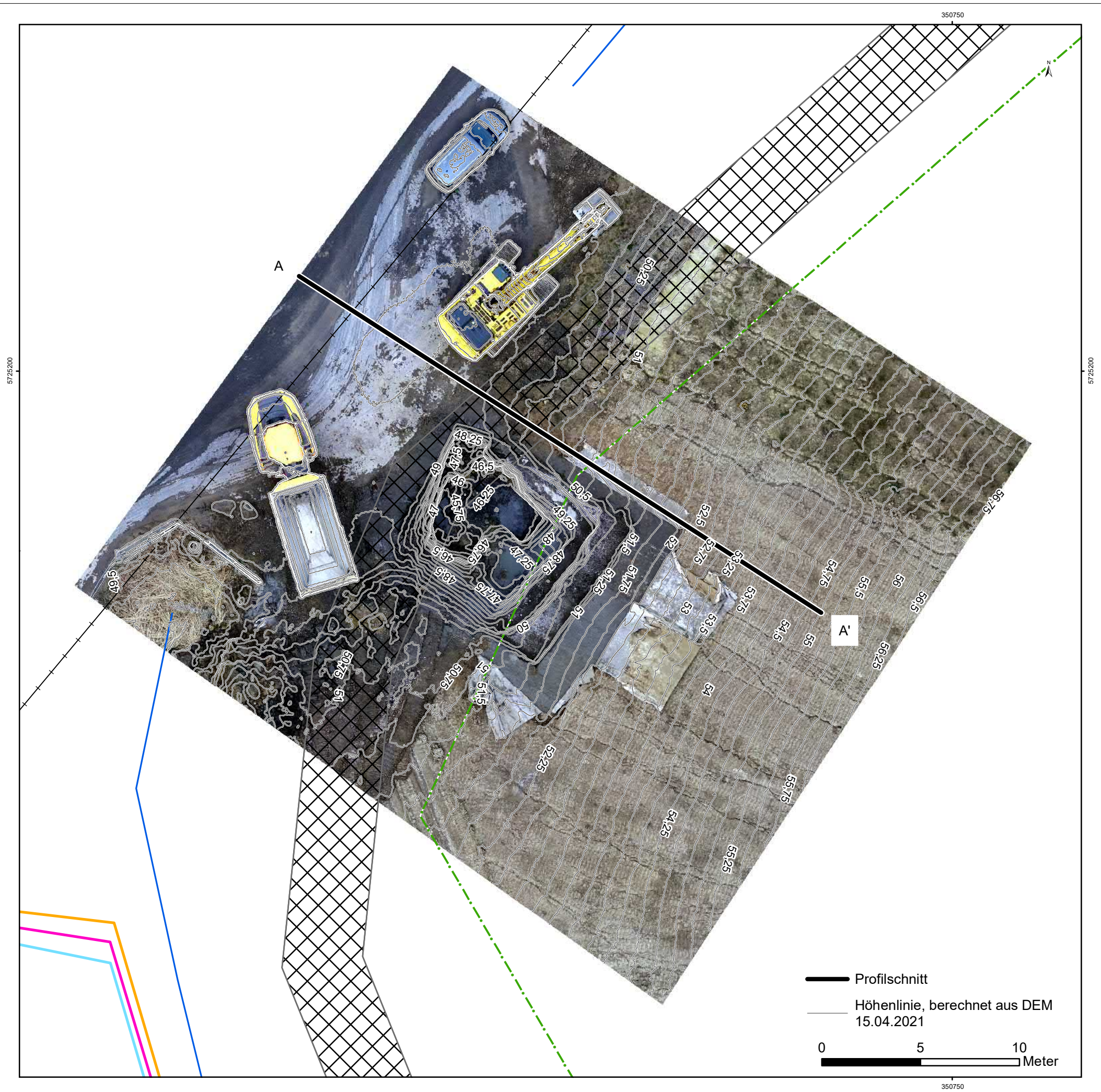
gez. U. Lieser (ö.b.u.v.S.)

Anlagen / Dokumentation:

Anl. 1: Lageplan_SchurfS1 (M 1:200)

Anl. 2: Profil

Dok. 1: Vermessungsdaten, Messdaten



- Grundwassermessstelle, rückgebaut
 - Grundwassermessstelle, neu
 - Lemberg-Box
 - Sickerwasserschacht
 - Sickerwassermessstelle
 - Sickerwassermessstelle, geplant
 - Wasserzählschacht
 - Durchlass
- Abflussverhältnisse Randgraben**
- offen
- Leitungen**
- Strom (vermutetes Trassenband 10 kV)
 - Telekom (Kupfer), Lage vermutet
 - Telekom (LWL)
 - Trinkwasser (Lage vermutet)
 - Tonkeil, nach Angaben der Firma Nottenkämper
 - Tagebaugrenze

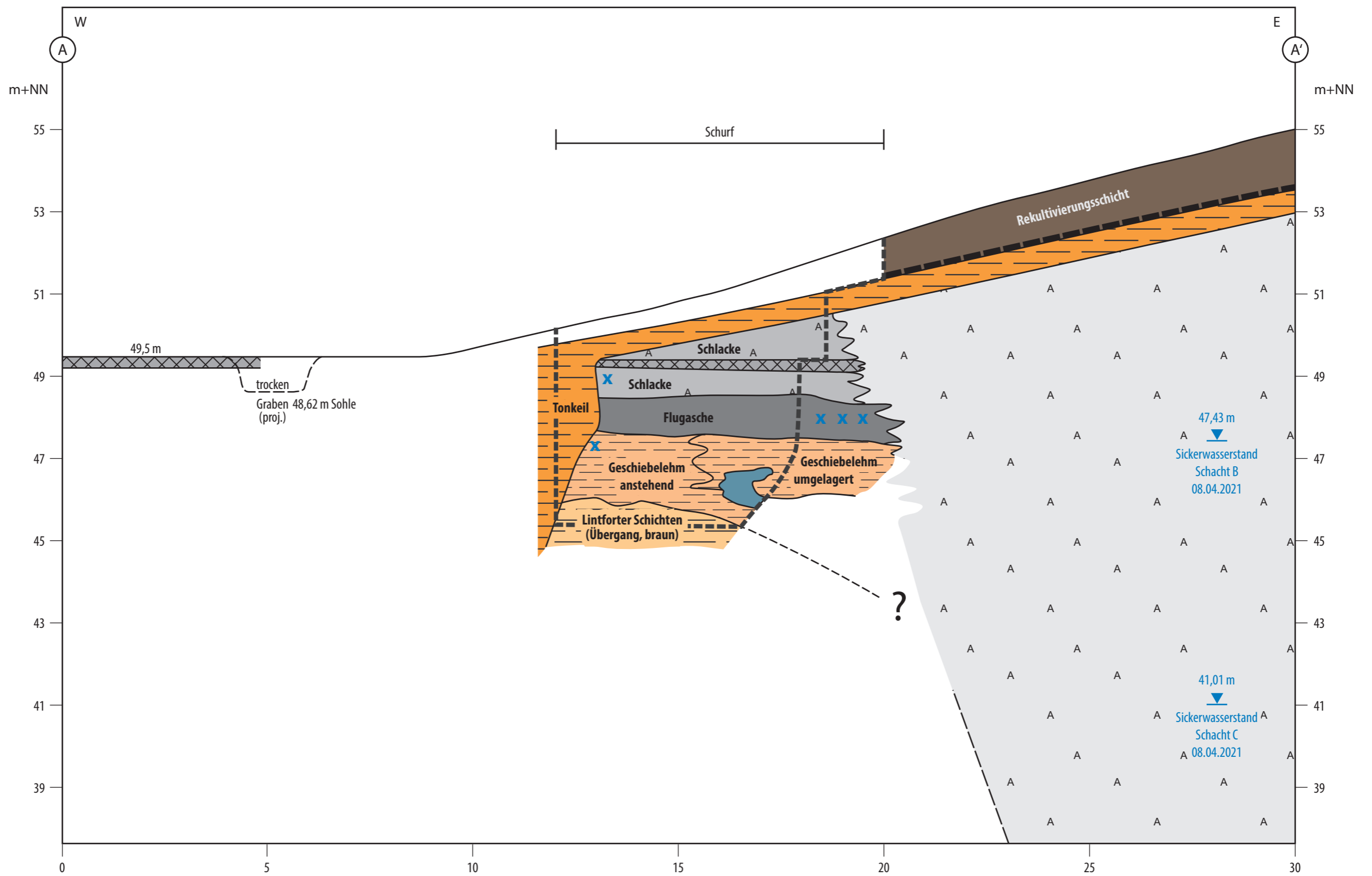
NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Lageplan Schurf S1 Anlage 1

entworfen : LS	Datum: Mai 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:200	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet : WA				
geprüft :				

Wasser Boden Geomatik

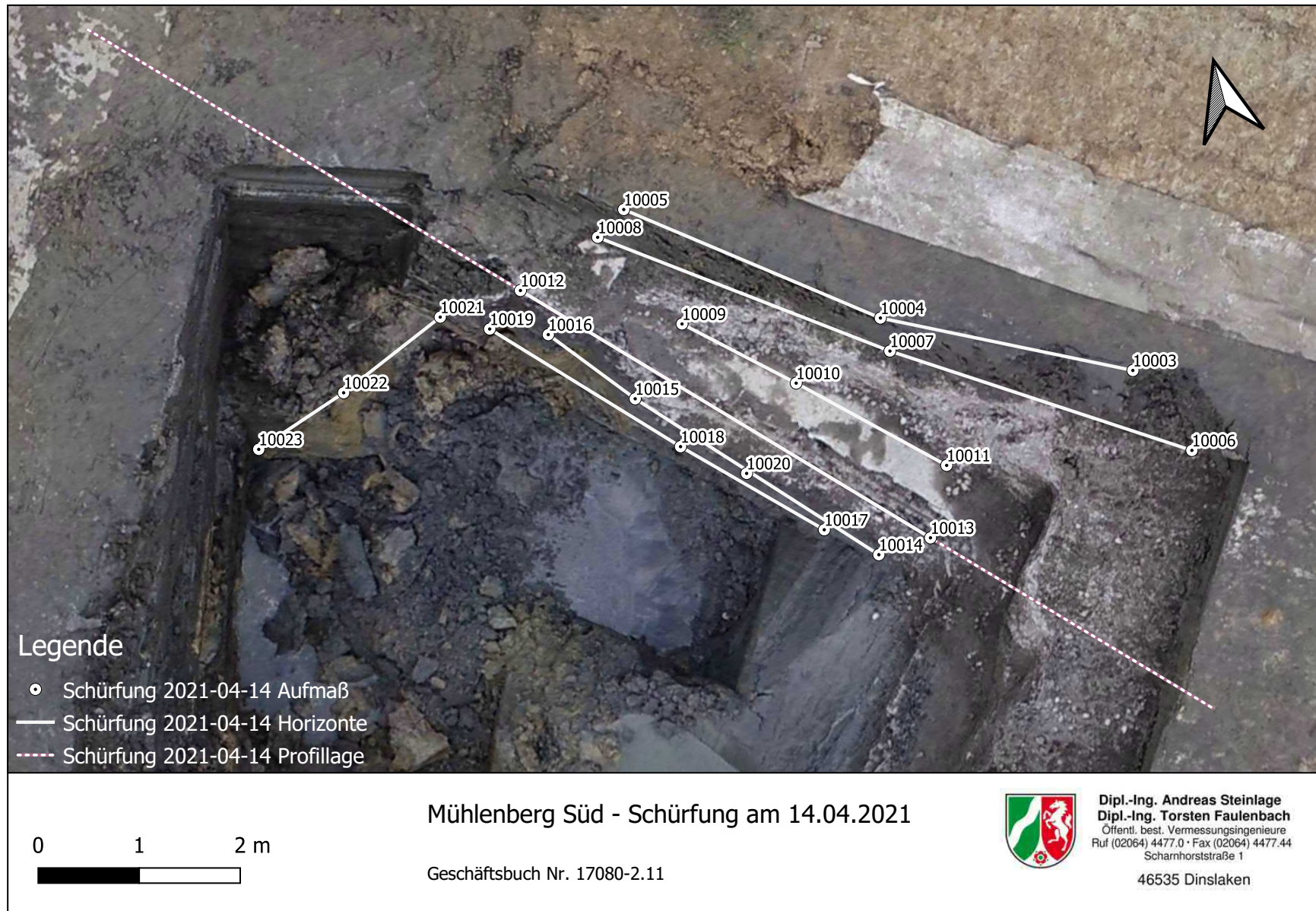


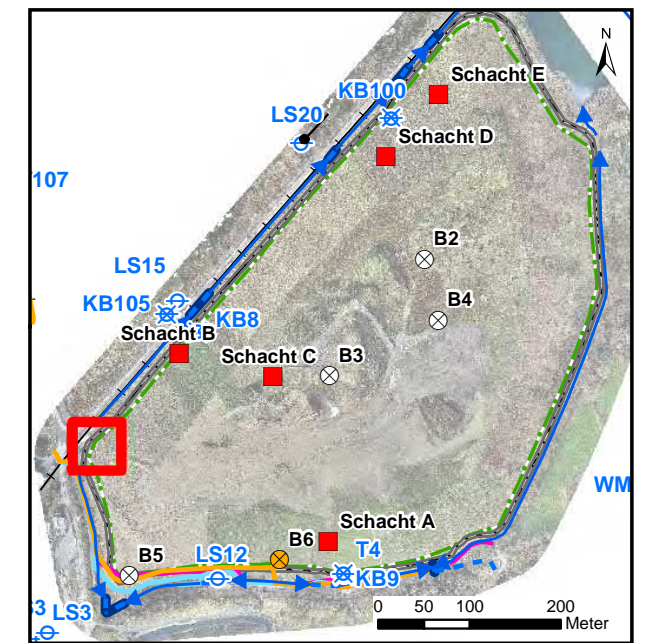
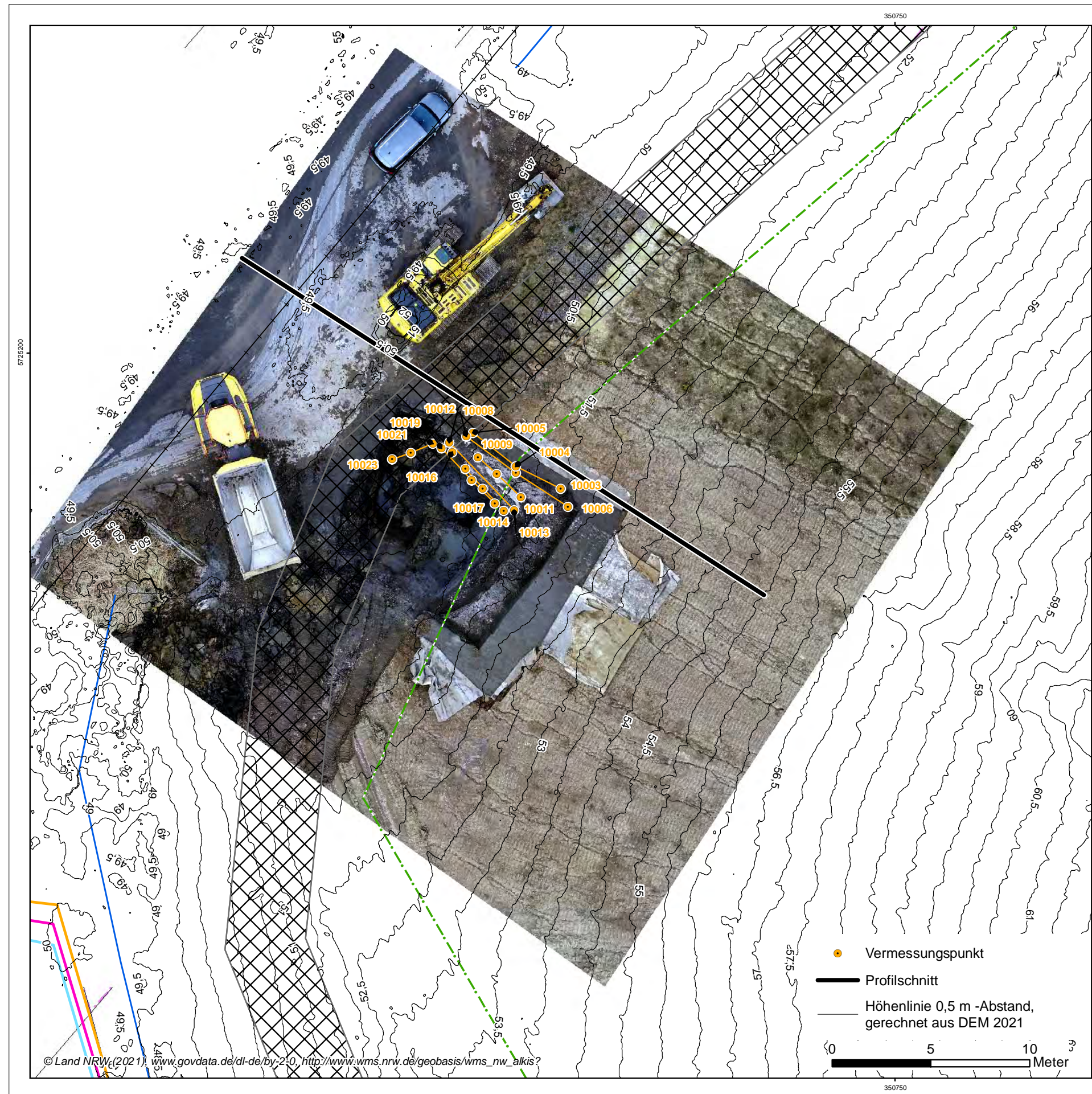
- Rekultivierungsschicht
- Tonkeil, Oberflächenabdichtung
- Stahlwerk-/Hochfenschlacke
- Flugasche
- Flugasche wassergesättigt
- Geschiebelehm
- Lintforter Schichten
- Verfüllung
- Asphalt
- Baggerschurf (proj.)
- Tagebau
- Drainagevlies
- X Wasseraustritte
- ▼ Wasserstände

Fa. Hermann Nottenkämper NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG				
Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg				
Schnitt durch den Schurf 1 Erstellung 14.04.2021				
				Anlage 2
entworfen : LS gezeichnet : HO geprüft :	Datum: Mai 2021	Änderungen:	Maßstab:	Projektzeichen: NOTT5
Wasser Boden Geomatik				

zum ahu-Gutachten NOTT5, S. 14

Maßstab d. L.: 1 : 50
Maßstab d. H.: 1 : 50





- ✳ Grundwassermessstelle, rückgebaut
- ⊕ Grundwassermessstelle, neu
- ⊕ Lemberg-Box
- Sickerwasserschacht
- ⊗ Sickerwassermessstelle
- ⊙ Sickerwassermessstelle, geplant
- ⬆ Hochpunkt
- ⬆ Tiefpunkt
- ⊠ Wasserzählschacht
- Durchlass
- Abflussverhältnisse Randgraben**
- ➔ offen
- Leitungen**
- Strom (vermutetes Trassenband 10 kV)
- Telekom (Kupfer), Lage vermutet
- Telekom (LWL)
- Trinkwasser (Lage vermutet)
- ⊠ Tonkeil
- ⊠ Tagebaugrenze

NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Lageplan Schurf S1 Anlage 1

entworfen : LS	Datum: April 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:200	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet: WA				
geprüft :				

Wasser
 Boden
 Geomatik

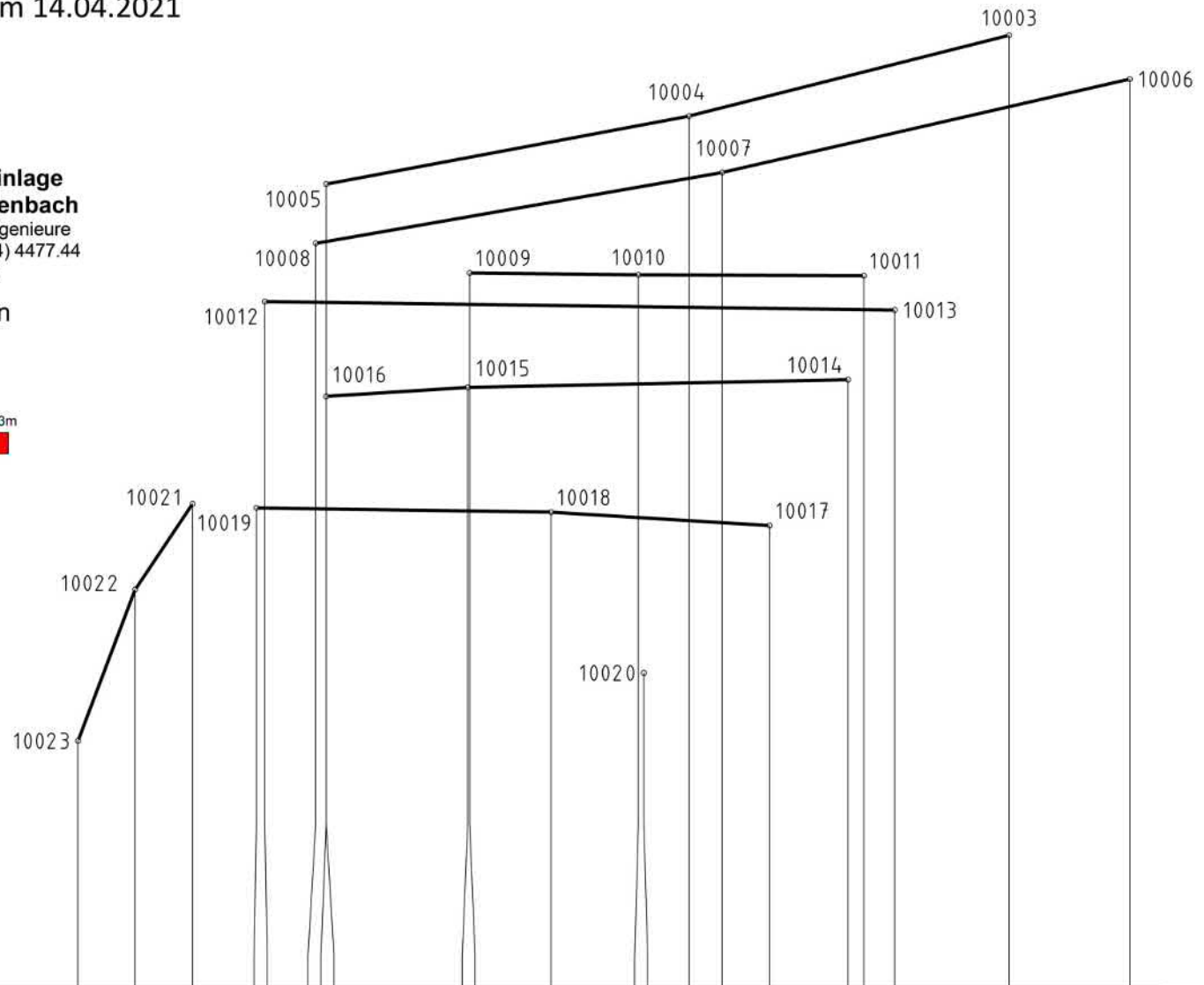
Mühlenberg Süd - Schürfung am 14.04.2021

Geschäftsbuch Nr. 17080-2.11
gemessen am 14.04.2021



Dipl.-Ing. Andreas Steinlage
Dipl.-Ing. Torsten Faulenbach
Öffentl. best. Vermessungsingenieure
Ruf (02064) 4477.0 · Fax (02064) 4477.44
Scharnhorststraße 1

46535 Dinslaken



44.00m
▽

Höhe ü. NHN	45.88	47.02	47.66	47.63	49.18	49.62	48.47	50.07	48.54	49.40	47.60	49.39	46.39	50.58	50.16	47.50	48.60	49.38	49.12	51.19	50.86
Station	3.59	4.02	4.46	4.94	5.00	5.38	5.46	5.46	6.53	6.54	7.16	7.81	7.85	8.19	8.44	8.80	9.39	9.51	9.74	10.60	11.51

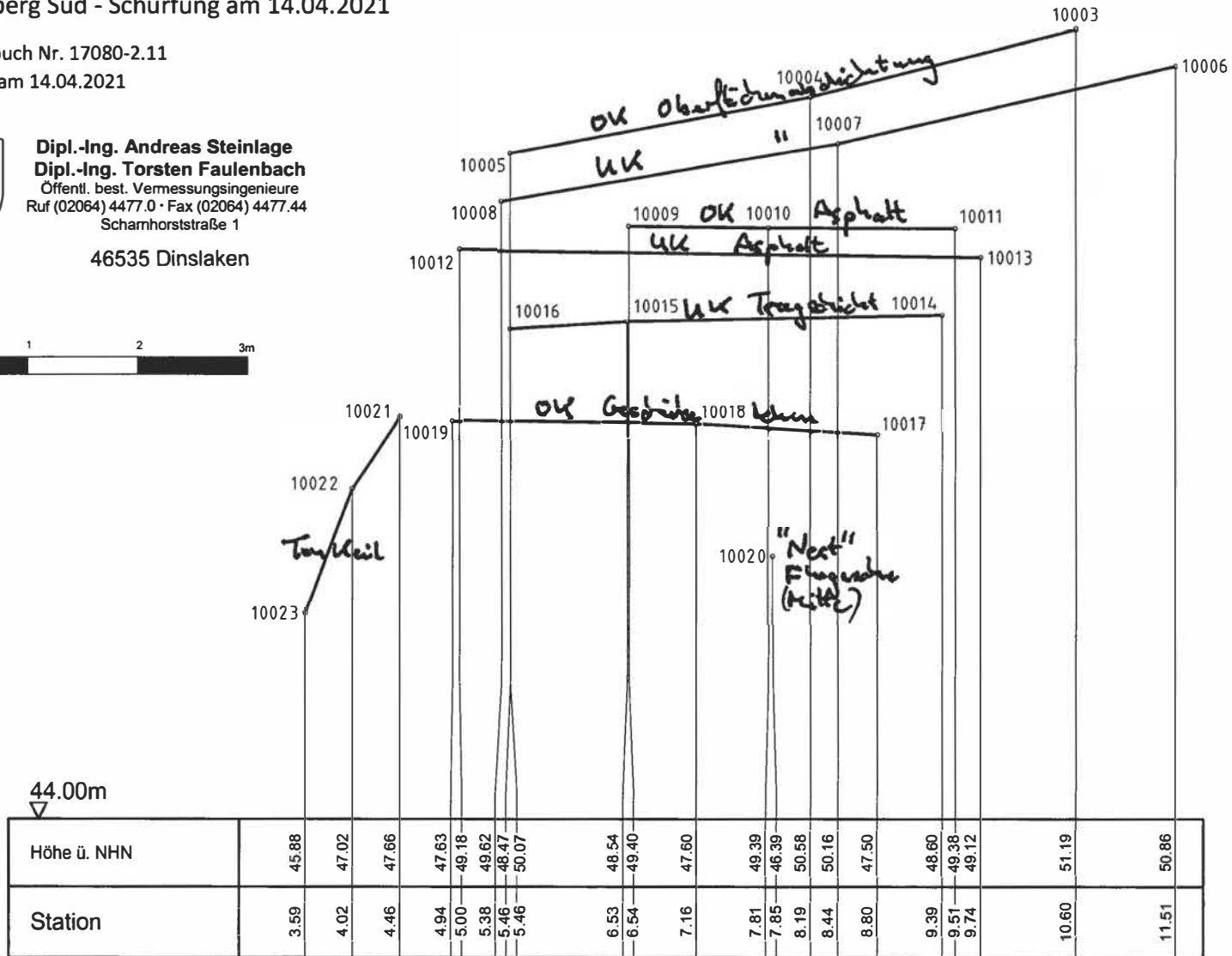
Mühlenberg Süd - Schürfung am 14.04.2021

Geschäftsbuch Nr. 17080-2.11
gemessen am 14.04.2021



Dipl.-Ing. Andreas Steinlage
Dipl.-Ing. Torsten Faulenbach
Öffentl. best. Vermessungsingenieure
Ruf (02064) 4477.0 · Fax (02064) 4477.44
Scharnhorststraße 1

46535 Dinslaken



Bez	Abstich (m)	MPH (m NN)	GWStand (m NN)	Datum
Schacht A	31,5	65,59	34,09	20.04.2021
Schacht B	8,22	55,46	47,24	08.04.2021
Schacht C	36,23	77,24	41,01	08.04.2021
Schacht D	21,79	63,3	41,51	08.04.2021
Schacht E	16,82	58,1	41,28	08.04.2021
B2	35,37	77,82	42,45	11.03.2021
B3	30,51	77,94	47,43	11.03.2021
B4	34,92	77,327	42,407	27.04.2021
LS3	11,47			11.03.2021
LS4	18,22			11.03.2021
LS12	11,78			11.03.2021
LS15	11,97			11.03.2021
LS20	10,03			11.03.2021

Aktenvermerk Ortstermin Schurf 2

Betreff: Ortstermin **Schurf 2**, Bau Messstelle B7
Datum: 23.04.2021; 10.00 h bis 12.00 h
Anwesend: Herr Eckert, Herr Wellmann, Herr Wallentowitsch (Fa. Nottenkämper)
Herr Prof. Dr. Uterman, Herr Schroers (MULNV)
Herr Brandstaeter (Kreis Wesel)
Herr Dr. Kerth, Herr Prahl (Gutachter des Kreises Wesel)
Herr Lieser, Herr Meßling (ahu GmbH) (Gutachter/in der Firma Nottenkämper)
Herr Stachowitz (LIMES, Fremdprüfer Tondichtung)
Herr Peerenboom (Forstverwaltung v. Nagell)
Herr Hüdel (GeoLab, Eigenprüfer Tondichtung)
Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)
Erstellt durch: Herr Lieser (ahu GmbH)

1 FRAGESTELLUNGEN

Folgende Fragestellungen waren zu klären:

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?
- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?
- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung?
- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung, auf der sich das Sickerwassers staut?
- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

2 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Am 22.04.2021 wurde zur Vorbereitung des Ortstermins am 23.04.2021 die Oberflächenabdichtung entfernt und ein Schurf (Schurf Ost) 12 m östlich des Tonkeils in die Verfüllung hinein und bis in eine Tiefe von ca. 45,00 m NN an seiner tiefsten Stelle abgeteuft. Die Lage des Schurfes ist in Abb. 1 und Anlage 1 zu erkennen. Der Schurf (Schurf Ost) beginnt an dem Tonkeil und setzt sich in die Verfüllung hinein fort.

Der Schurf Ost wurde in Beisein der o.g. anwesenden Personen am Tonkeil vertieft und ein zweiter Schurf (Schurf West) wurde außerhalb der Verfüllung bis in eine Tiefe von 5 m angelegt, um die Einbindung des Tonkeils zu prüfen. Dabei wurde die Westseite des Tonkeils angeschnitten (Schurf West).



Abb. 1: Lage des Schurfs S2: rotes Quadrat (Übersicht)

3 ERGEBNIS DES ORTSTERMINS

Schurf östlich des Tonkeils

In Abb. 2 sind die Drainagematte und die Oberflächenabdichtung (0,8 m mächtig), unterlagert von einer relativ homogenen Schicht aus Schlacken und Hausmüllaschen zu erkennen.

Die Schlacken/Hausmüllaschen lagern über dem Geschiebelehm. (gelbliche Schicht auf der Sohle des Schurfs, s. Abb. 2). Im Vordergrund ist der Anschnitt des Tonkeils sichtbar (vgl. Abb. 2 rechts).



Abb. 2: Schurf 2 östlich des Tonkeils (Schurf Ost)

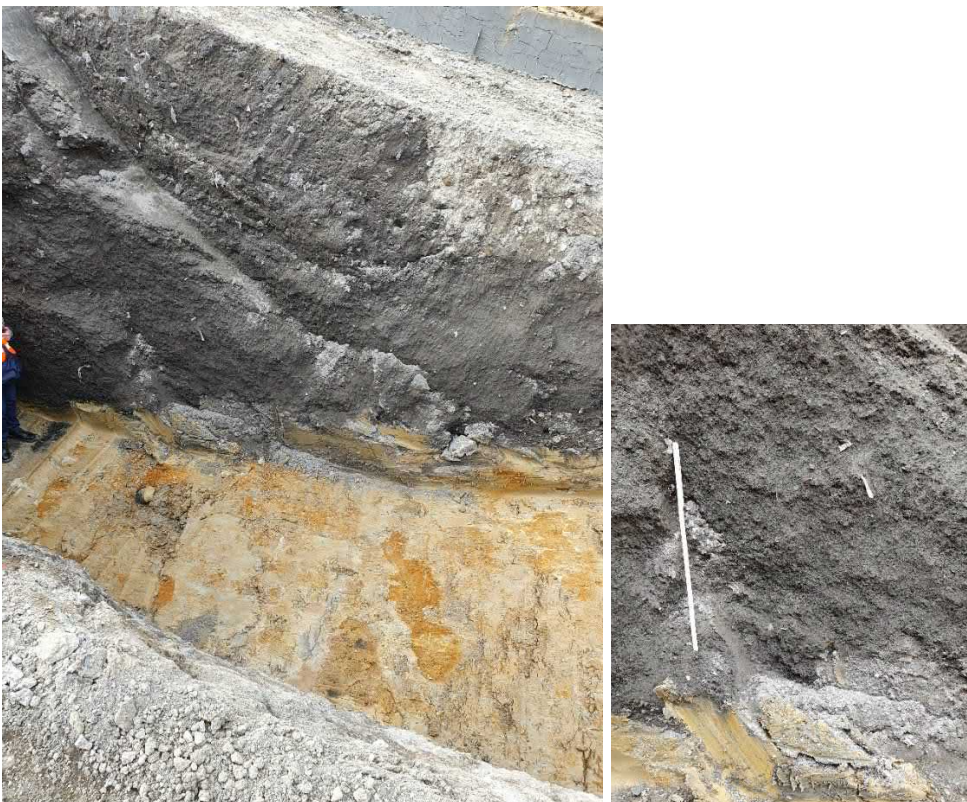


Abb. 3: Hausmüllverbrennungsaschen über Geschiebelehm (Schurf Ost)



Abb. 4: Schurf 2, Blick nach Osten, Sickerwasser, darüber Hausmüllaschen und Schlacken

Abb. 2 und 4 zeigen die Abfolge der eingebauten Schichten:

- ca. 1,5 m Reku-Schicht zum Böschungsfuß hin abnehmend,
- Drainmatte,
- 0,8 m Oberflächenabdichtung aus plastischem, grauem Ton,
- ca. 1,2 m Schlacke, Hausmüllverbrennungasche, grau verfestigt (sehr hart),

- bis ET (ca. 45,00 mNN) Hausmüllverbrennungsasche, grau, Glas- und Keramikreste, Aschekonkretionen (relativ homogen).

Der Geschieblehm endet an der Ostseite des Schurfs Ost an einer steil nach Osten abfallenden Kante. An dieser Stelle beginnt u. E. der frühere Tongrubenrand.

Im Schurf tritt aus der Verfüllung lokal Sickerwasser im unteren Bereich der Hausmüllverbrennungsaschen in den Schurf aus (mündl. Mitteilung Fa. Nottenkämper).

Es bildet sich eine Wasseroberfläche auf einer Höhe von ca. 45,50 m NN. aus. Das Sickerwasser in der Verfüllung steht also ca. 2,8 m unter dem Straßenniveau und ca. 0,6 m unter dem Wasserspiegel im Randgraben. Es wurden kein Zulauf oder Abfallen des Sickerwassers während des Ortstermins beobachtet.

Schurfvertiefung östlich des Tonkeils (Tonkeil und Anstehendes)

Der Tonkeil ist homogen aus plastischem Ton aufgebaut. Seine Einbindetiefe ist größer als 5 m. Der Tonkeil hat eine Breite von ca. 3,2 m an der Oberfläche. Der Tonkeil ist nahtlos an die Oberflächenabdichtung angebunden. Der Tonkeil verjüngt sich nach unten (vgl. Abb. 5).



Abb. 5: rechtes Bild: Schurf Ost, Blick nach Westen, Tonkeil nach unten sich verjüngend.
linkes Bild: Linse im Geschieblehm, mit Wasser gefüllt (Aufnahme Dr. Kerth)

Nach unten hin wird ab ca. 3,2 m der Übergang zu den Lintforter Schichten (braun-grauer Ton) beobachtet.

Beide Schichtglieder (Geschiebelehm und Lintforter Schichten) sind erdfeucht. Es tritt in Schurf Ost an einer Stelle eine kleine Menge Wasser aus (vermutlich eine mit Wasser gefüllte Linse).



Abb. 6: Schurf westl. des Tonkeils, Blick nach Osten auf den Tonkeil

Im Schurf West (vgl. Abb. 7 und 8) ist der gelbe Geschiebelehm zu erkennen, der ab 3,2 m in einen braunen bis grauen Ton übergeht. Dieser braun-graue Ton wird den Lintforter Schichten zugeordnet, in die der Tonkeil einbindet. Sowohl die Lintforter Schichten als auch der Geschiebelehm sind erdfeucht. Ein Zutritt von Grund- oder Sickerwasser aus Geschiebelehm oder Lintforter Schichten ist nicht zu beobachten.



Abb. 7: Tonkeil, Blick nach Süden, nach unten nimmt die Breite ab



Abb. 8: Schurf westlich des Tonkeils Blick nach Westen; Geschiebelehm (gelb-orange) darunter Lintforter Schichten (Ton braun-grau)

4 VERMESSUNGEN UND PROFIL

Es wurden 8 Punkte höhenmäßig eingemessen und ein Profil durch den Schurf 2 konstruiert (vgl. Anl. 1; Anl. 2 und Dok. 1). Die örtlichen Verhältnisse sind dort im Profilschnitt zu erkennen. Das Orthofoto (Drohnenaufnahme durch den Vermesser sowie die eigenen Vermessungsdaten) ist in Dok. 1 abgelegt. Während der Aufnahme, die am späteren Nachmittag aufgenommen wurde, ist nur noch der östliche Teil des Schurfs Ost offen. Die beiden Löcher neben dem Tonkeil wurden aufgrund der Verkehrssicherungspflicht direkt mit Ton verfüllt.

5 BESTIMMUNG DER DURCHLÄSSIGKEITEN DES TONKEILS

Es wurden 6 Stechzylinderproben zur Untersuchung der Durchlässigkeit des Tonkeils entnommen. Die Ergebnisse liegen noch nicht vor.

6 BEWERTUNG

Der Sickerwasserstand von ca. 45,50 mNN wird unsererseits so interpretiert, dass sich lokal auftretendes Sickerwasser in der verfüllten Tongrube an dem anstehenden Geschiebelehm bzw. an den Lintforter Schichten staut. Ob sich eine zusammenhängende Wasseroberfläche einstellt, ist aus den Schurfbeobachtungen nicht zu beantworten, ist aber nach den bisherigen Ergebnissen der Sickerwasserstände nicht zu erwarten. Eine weitere Beobachtung des Sickerwasserstandes halten wir für sinnvoll. Im Zuge der weiteren Beobachtung können die Sickerwasserhöhen/-bewegungen und zeitliche Veränderungen genauer bestimmt werden.

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?

Der Lage des Dichtwandkeils entspricht den Angaben der Fa. Nottenkämper. Die Endteufe des Keils wurde nicht eindeutig erreicht. Der Keil verjüngt sich nach unten. Die Breite des Tonkeils oben beträgt 3,2 m.

- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?

Nach der Inaugenscheinnahme ist der Tonkeil korrekt in den Untergrund (mindestens bis zum Übergang zu den Lintforter Schichten) eingebunden.

- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung?

Die Oberflächenabdichtung ist im Bereich des Schurfs nahtlos an den Tonkeil angeschlossen. Eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung wurde nicht erkannt.

- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung, auf der sich das Sickerwassers staut?

Eine alte Oberflächenabdichtung existiert an dieser Stelle nicht.

- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

Ein Austritt von Sickerwasser in den Randgraben bzw. in das oberflächennahe Grundwasser ist aufgrund der gemessenen Höhen der Wasserspiegel in dem Graben (46,18 mNN) und der Sickerwasserhöhe (ca. 45,50 mNN) an dieser Stelle hydraulisch nicht möglich.

7 MAßNAHMEN

Es wurde, um den Sickerwasserspiegel und ggf. die Sickerwasserrate zu bestimmen sowie ggf. Sickerwasser entnehmen zu können, abgestimmt, in dem Bereich des Schurfs eine Sickerwassermessstelle B7 auszubauen. Dabei wurden folgende Angaben zum Ausbau des Schurfs besprochen:

- Einbau eines 2 m-Filterrohrs ab der Endteufe
- Verfüllung des Schurfs mit Sand/Kies bis 1 m über die Filterstrecke
- Der Tonkeil und die Oberflächenabdichtung sind fachgerecht wiederherzustellen.

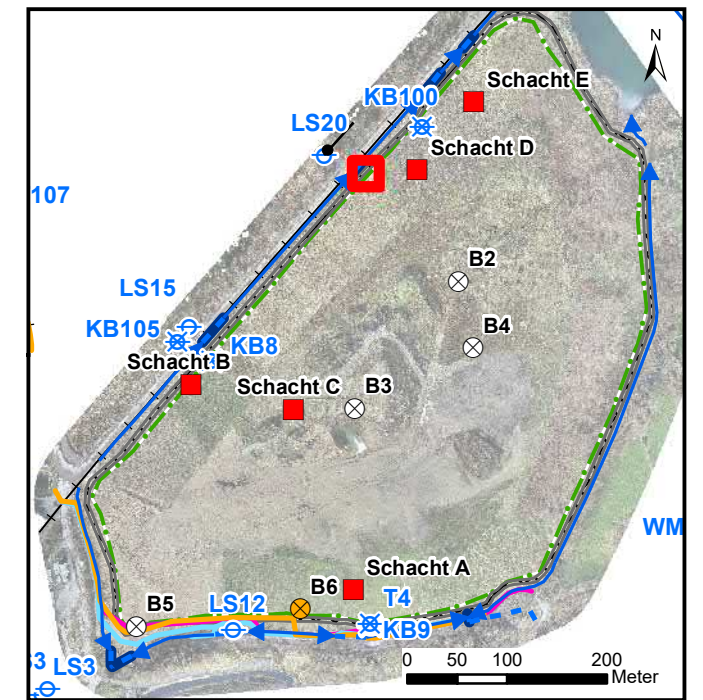
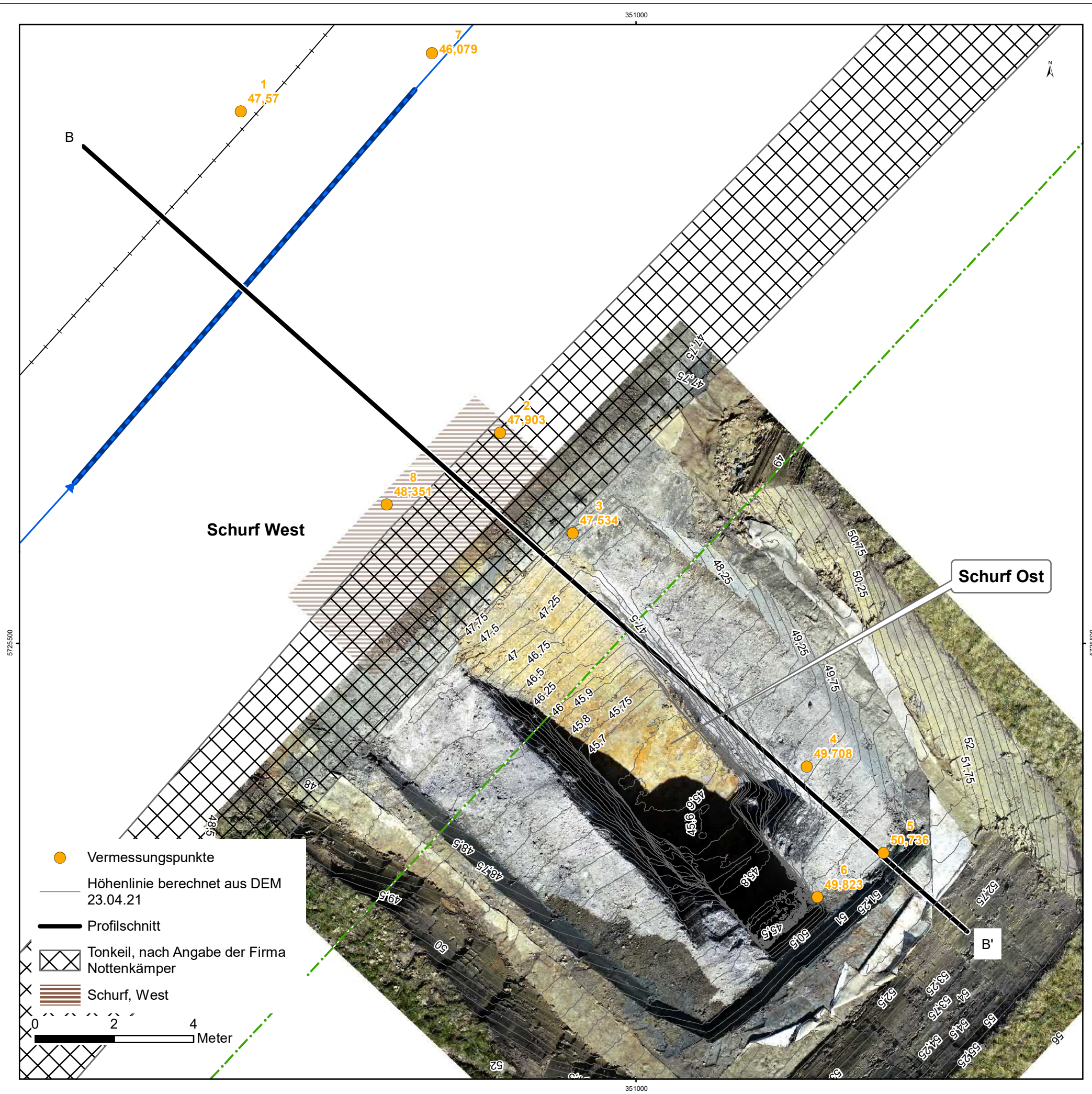
gez. U. Lieser (ö.b.u.v.S.)

Anlagen / Dokumentation:

Anl. 1: Lageplan_Schurf 2 (M 1:200)

Anl. 2: Profil Schurf 2

Dok. 1: Vermessungsdaten und Orthofoto



- Grundwassermessstelle, rückgebaut
 - Grundwassermessstelle, neu
 - Lemberg-Box
 - Sickerwasserschacht
 - Sickerwassermessstelle
 - Sickerwassermessstelle, geplant
 - Wasserzählschacht
 - Durchlass
- Abflussverhältnisse Randgraben**
- offen
 - verrohrt
- Leitungen**
- Strom (vermutetes Trassenband 10 kV)
 - Telekom (Kupfer), Lage vermutet
 - Telekom (LWL)
 - Trinkwasser (Lage vermutet)
 - Tagebaugrenze

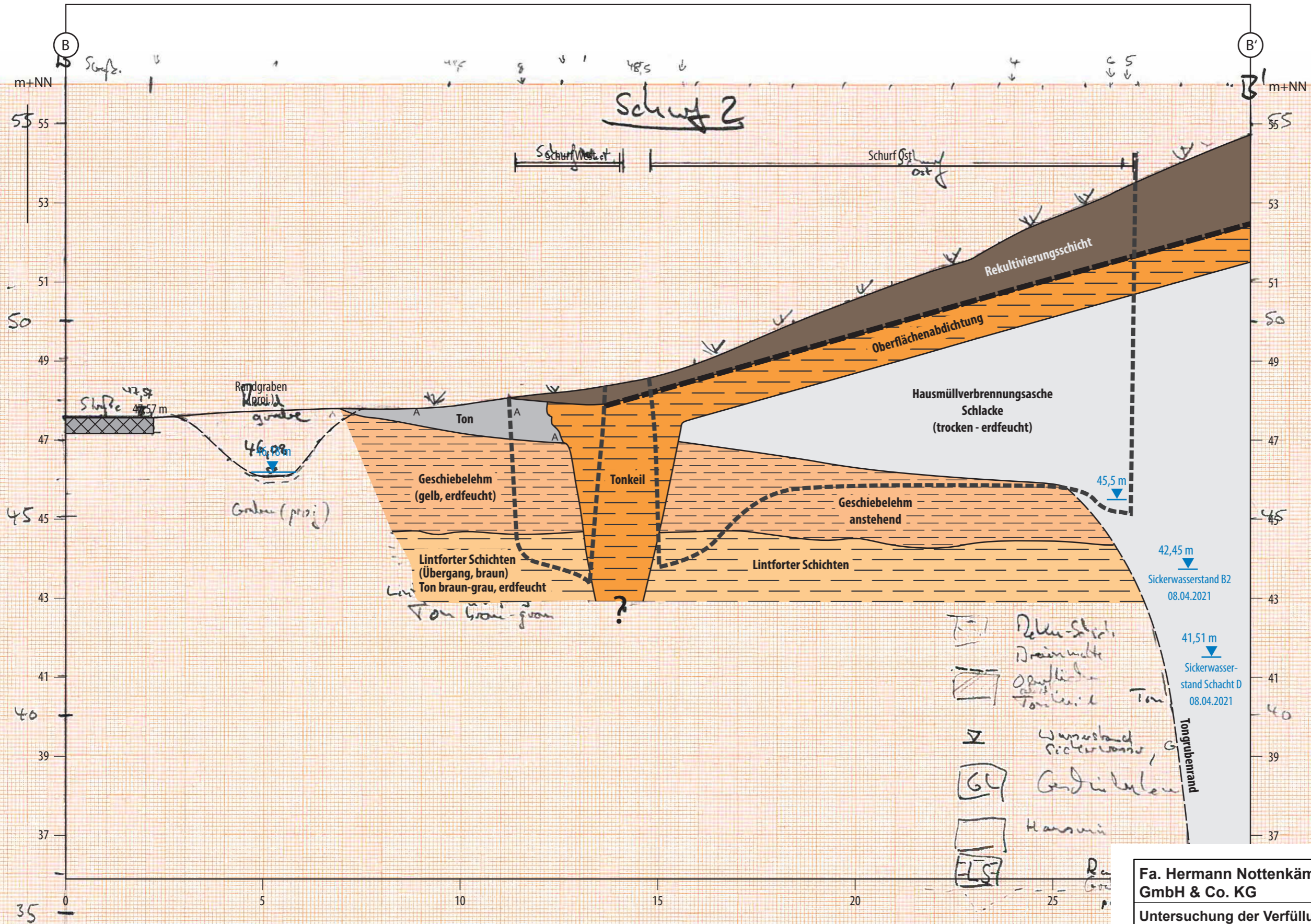
NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Lageplan Schurf S2 Anlage 1

entworfen : LS	Datum: Mai 2021	Änderungen:	Maßstab: 1:100	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet : WA				
geprüft :				

Wasser Boden Geomatik



Maßstab d. L.: 1 : 50
 Maßstab d. H.: 1 : 50

- Asphalt
- Auffüllung (Ton)
- Rekultivierungsschicht
- Geschiebelehm
- Lintforter Schichten
- Baggerstich (proj.)
- Tonkeil, Oberflächenabdichtung
- Wasserstände
- Tagebau
- Hausmüllverbrennungsschle, Schlacke
- Drainagevlies

Handwritten notes:
 - 42,45 m Sickerwasserstand B2 08.04.2021
 - 41,51 m Sickerwasserstand Schacht D 08.04.2021
 - Ton
 - Tonkeil
 - Lintforter Schichten
 - Geschiebelehm
 - Hausmüll
 - Baggerstich
 - Drainagevlies
 - Tonkeil
 - Lintforter Schichten
 - Geschiebelehm
 - Hausmüll
 - Baggerstich
 - Drainagevlies

Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG **NOTTENKÄMPER**

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Schnitt durch den Schurf 2
 Erstellung 23.04.2021

Anlage 2

entworfen : LS	Datum: Mai 2021	Änderungen:	Maßstab:	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet : HO	geprüft :			

ahu Wasser Berlin Geomatik

Übersicht Wasserstände 08.04.2021

Bez	Abstich (m)	MPH (m NN)	GWStand (m NN)	Datum
Schacht A	31,5	65,59	34,09	20.04.2021
Schacht B	8,22	55,46	47,24	08.04.2021
Schacht C	36,23	77,24	41,01	08.04.2021
Schacht D	21,79	63,3	41,51	08.04.2021
Schacht E	16,82	58,1	41,28	08.04.2021
B2	35,37	77,82	42,45	11.03.2021
B3	30,51	77,94	47,43	11.03.2021
B4	34,92	77,327	42,407	27.04.2021
LS3	11,47			11.03.2021
LS4	18,22			11.03.2021
LS12	11,78			11.03.2021
LS15	11,97			11.03.2021
LS20	10,03			11.03.2021

Vermessung Schurf 2

1,GOK,350990.011,5725513.441,47.570,SCHURF-2,
2,GOK,350996.566,5725505.321,47.903,SCHURF-2,
3,GOK,350998.402,5725502.785,47.534,SCHURF-2,
4,GOK,351004.318,5725496.899,49.708,SCHURF-2,
5,GOK,351006.259,5725494.709,50.736,SCHURF-2,
6,GOK,351004.594,5725493.592,49.823,SCHURF-2,
7,GRABENSOHLE,350994.848,5725514.915,46.079,SCHURF-2,
8,OKLATTE,350993.708,5725503.509,48.351,SCHURF-
2,



Aktenvermerk Ortstermin Schurf 3

Betreff: Ortstermin **Schurf 3**
Datum: 26.08.2021; 12.00 bis 15.00
Anwesend: Herr Eckert, Herr Wallentowitsch (Fa. Nottenkämper)
Frau Frick, Herr Schroers (MULNV)
Herr Latta, Herr Dr. Plegge (Kreis Wesel)
Herr Dr. Kerth, Herr Prahl (Gutachter des Kreises Wesel)
Herr Lieser (ahu GmbH) (Gutachter der Firma Nottenkämper)
Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)
Erstellt durch: Herr Lieser, Herr Meßling (ahu GmbH)

1 FRAGESTELLUNGEN

Folgende Fragestellungen waren zu klären:

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?
- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?
- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der mineralischen Dichtung (Oberflächenabdichtung)?
- Existiert eine alte Zwischenabdichtung, auf der sich das Sickerwasser staut?
- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

2 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Vom 23.08.2021 bis 25.08.2021 wurde zur Vorbereitung des Ortstermins am 26.08.2021 die Oberflächenabdichtung entfernt, und der Tonkeil auf einer Länge von 50 m freigelegt. An zwei Stellen wurde die Verfüllung in Schurf S3 aufgedrabbt (a und b) Die Lage und Ausbildung des Schurfes ist in Abb. 1 und Anlage 1 zu erkennen.

Die Aufgrabungen Schurf 3 (a und b) wurden verfüllungsseitig bis zu dem Tonkeil und knapp in ihn hinein angelegt. In Abb. 2 (s. Kap. 3) ist die Drainagematte, die mineralische Dichtung (Oberflächenabdichtung), 0,5 m mächtig, unterlagert von einer Schicht aus Stahlwerksschlacken / Hochofenschlacken zu erkennen. Auf der Ostseite außerhalb der Tongrube stehen Auffüllungen überwiegend aus Boden und Ziegelschutt, vereinzelt Schlacken, Gleisunterlage der ehem. Tonbahn Idunahall) an.

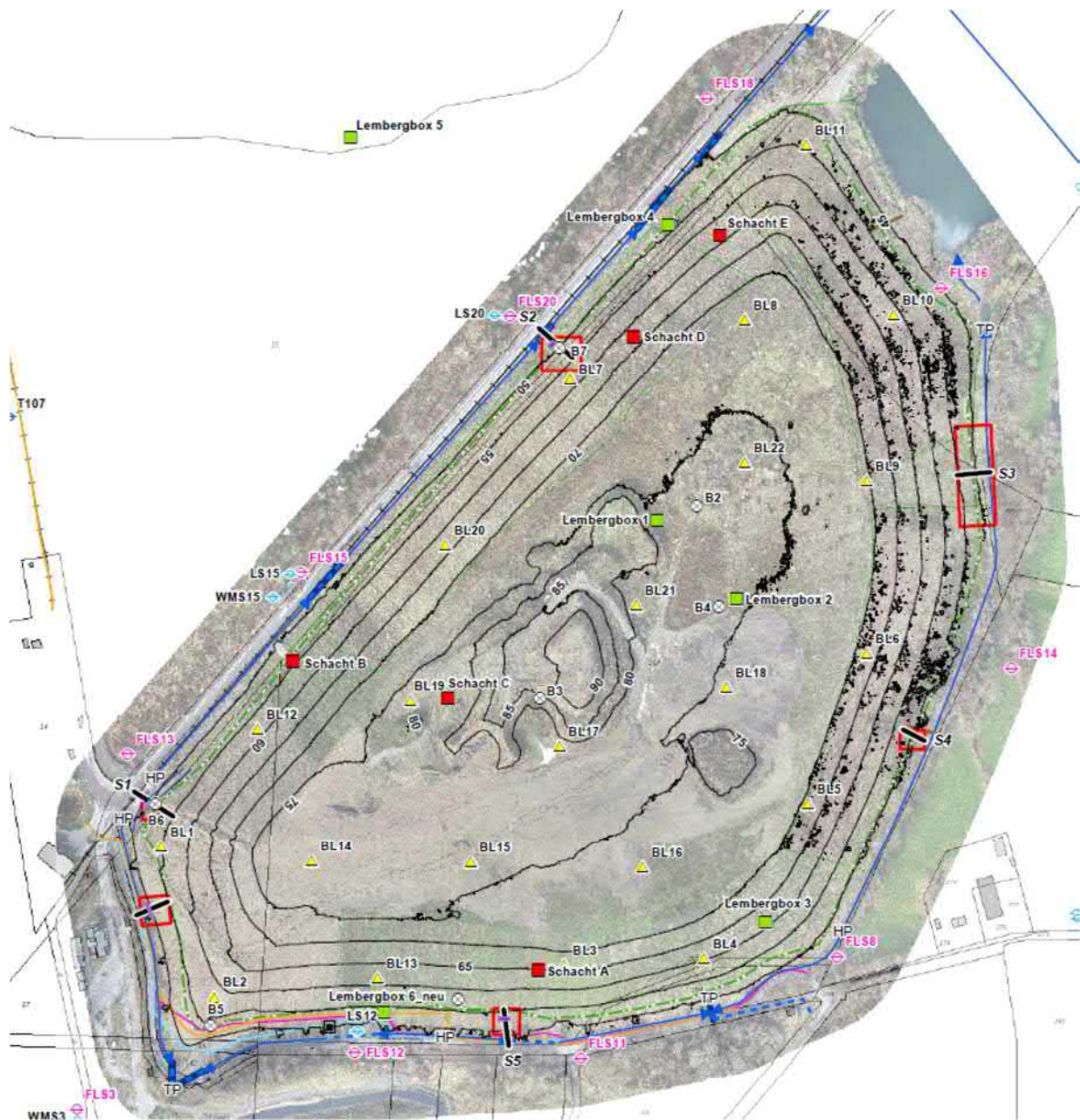


Abb. 1: Lage des Schurfs S3 (Übersicht)

3 ERGEBNIS DES ORTSTERMINS

An den frischen Anschnitten ist der Tonkeil und seine korrekte Anbindung an die mineralische Dichtung (Oberflächenabdichtung) sichtbar (vgl. Abb. 2).



Abb. 2: Aufnahme Gesamtschurf; rechts Anbindung der mineralischen Dichtung (Oberflächenabdichtung) an den Tonkeil (südl. Ende des Schurfs)

Bei der Anlage des Schurfes am 25.08.2021 ist der Übergang des gelb-braunen Geschiebelehms, der hier schluffig, sandig kiesig ausgebildet ist in einer Tiefe von 2,2 Metern unter der Oberfläche zu erkennen (vgl. Abb. 3). Auf dem Ortstermin am 26.08. war der unterste Teil des Schurfes 3a verstürzt, sodass der Übergang während der Begehung nicht erkennbar war.

Die Breite des Tonkeils beträgt ca. 1,0 Meter.

Der Randgraben ist nicht mehr vorhanden (zusedimentiert bzw. durch Wildschweine zerstört). Die Höhenlage liegt in etwa bei 44,5 mNN.



Abb. 3: Schurf 3a, Tonkeil mit Einbindung in den Gesschiebelehm und in die Lintforter Schichten (Foto: Fa. Nottenkämper, 25.08.2021)



Abb. 4: Schurf 3a Aufgraben des Tonkeils (26.08.2021) außerhalb der Verfüllung: Auffüllung (i.W. Ziegelbruch) im Bereich der Tonbahn Idunahall, darunter Geschiebelehm, rechts Tonkeil grau



Abb. 5: Detail Schurf 3a (verfüllungsseitig); Asche über Geschiebelehm, schluffig, kiesig



Abb. 6 zeigt in der Draufsicht die Abfolge der eingebauten Schichten in dem Querschlag Schurf 3b:

- 0,2 Oberboden, humos, Krautbewuchs, vereinzelt Kiefern (ca. 2,5 hoch)
- 0,8 bis 1,6 m Rekultivierungsschicht gelb-braun
- Drainmatte mit Gitter
- 0,5 m Ton, fett, mineralische Dichtung (Oberflächenabdichtung) z.T. mit Wurzeleinwuchs, grau (s. Abb. 7)
- 0,2 bis 1,2 m HMVA, Schlacke, Hochofenschlacke
- 0,4 bis 1,1 m Lehm, Ziegel, Einlagerung von Holz
- darunter Asche, fein grau

Darunter folgt ca. 2 m Geschiebelehm (Lehm gelb braun, kiesig) (vgl. Abb. 4: Schurf 3a) über Lintforter Schichten. Sickerwasser wurde nicht angetroffen.



Abb. 7: Details

links: Wurzeleinwuchs in die Oberflächenabdichtung und Trockenrisse (nicht primär);
rechts: Holz, eingelagert in der Verfüllung (Lehmlage)

4 VERMESSUNGEN UND PROFIL

Am 01.09.2021 wurde eine Drohnenbefliegung durchgeführt. Anhand der Daten wurde ein Profil durch Schurf 3a/3b konstruiert (vgl. Anl. 1 und Anl. 2).

5 BESTIMMUNG DER DURCHLÄSSIGKEITEN DES TONKEILS

Es wurden 6 Stechzylinderproben zur Untersuchung der Durchlässigkeit des Tonkeils entnommen. Die Ergebnisse liegen vor und werden separat berichtet.

6 BEWERTUNG

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?

Der Lage des Dichtwandkeils entspricht den Angaben der Fa. Nottenkämper. Die Endtiefe des Keils wurde erreicht. Die Breite des Tonkeils beträgt ca. 1,0 m.

- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?

Nach Abb. 3 ist der Tonkeil bis in den Übergang zu den Lintforter Schichten eingebunden.

- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der mineralischen Dichtung (Oberflächenabdichtung)?

Die mineralische Dichtung (Oberflächenabdichtung) ist im Bereich des Schurfs nahtlos an den Tonkeil angeschlossen. Eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der mineralischen Dichtung (Oberflächenabdichtung) wurde nicht beobachtet.

- Existiert eine alte Zwischenabdichtung, auf der sich das Sickerwassers staut?

Eine alte Oberflächenabdichtung existiert an dieser Stelle nicht.

- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

Es wurden keine Sickerwasseraustritte beobachtet. Die Schlacken und Aschen waren trocken bis leicht feucht, der Geschiebelehm und die Lintforter Schichten erdfeucht.

Ein potenzieller Austritt von Sickerwasser aus der Verfüllung in die Umgebung bzw. in den ehem. Randgraben ist an dieser Stelle nicht möglich. Die mineralische Dichtung ist nahtlos angeschlossen an den Tonkeil, eine ggf. stauend wirkende Zwischenabdichtung wurde nicht festgestellt und es wurde an dieser Stelle kein Sickerwasser angetroffen, dessen Austrittshöhe mit der Sohle des Randgrabens verglichen werden könnte.

7 **MAßNAHMEN**

- Der Tonkeil und die mineralische Dichtung sowie der Randgraben sind fachgerecht wiederherzustellen.

gez. U. Lieser

gez. Axel Meßling

Anlagen

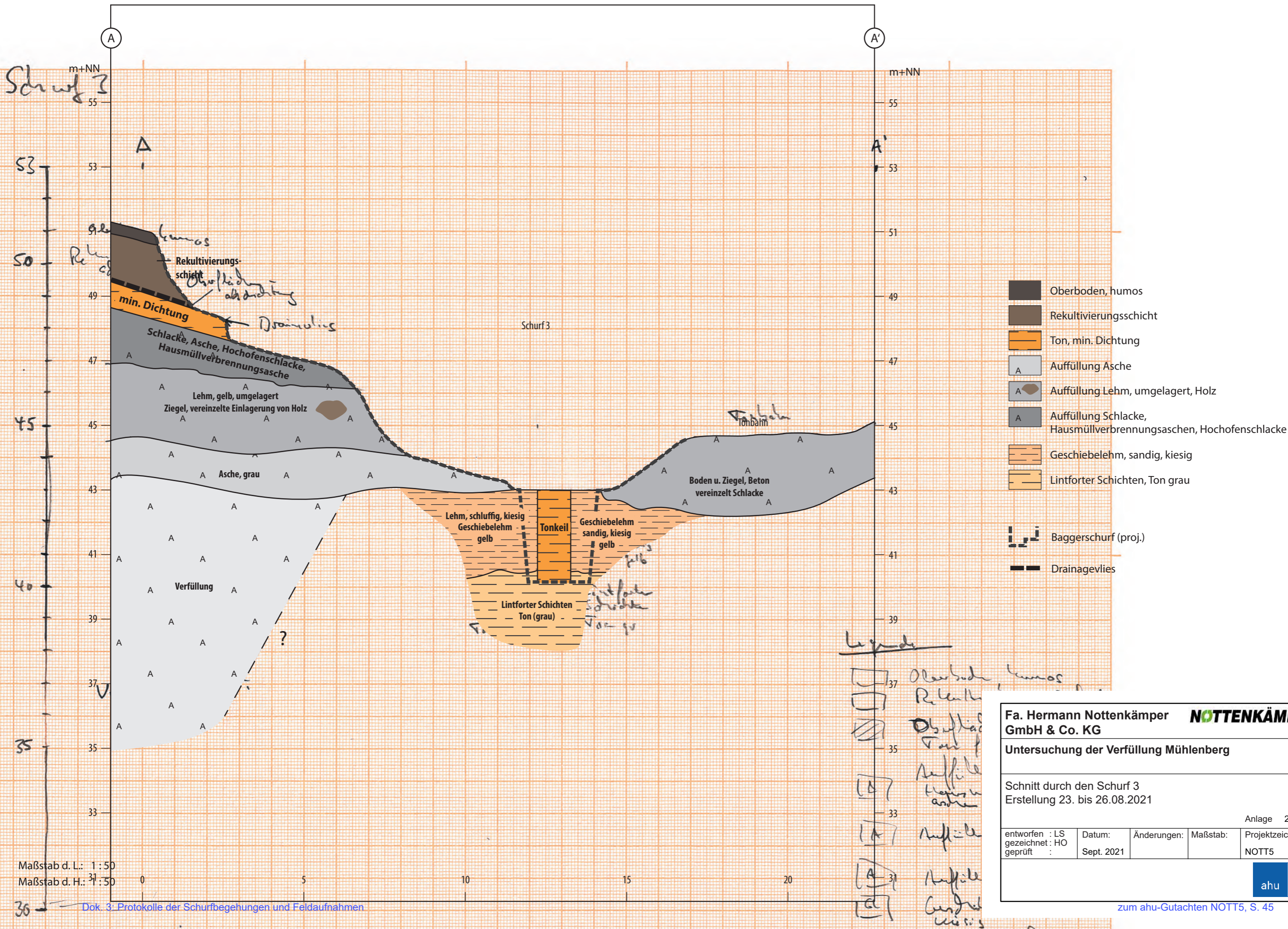
Anl. 1: Lageplan_SchurfS3 (M 1:200)

Anl. 2: Profil



- Höhenlinie, berechnet aus DEM 31.08.2021
- Profilschnitt Schurf, durchgeführt
- Tonkeil, angetroffen
- Abflussverhältnisse Randgraben**
- offen
- ⋯ Tagesbaugrenze nach Angaben Fa. Nottenkämper

NOTTENKÄMPER				
Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg				
Lageplan Schurf 3a und Schurf 3b				Anlage 1
entworfen : LS	Datum: Sept. 2021	Änderungen:	Maßstab 1:200	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet: WA				
geprüft :				
				<small>Wieser Boden Geoteknik</small>



Fa. Hermann Nottenkämper GmbH & Co. KG **NOTTENKÄMPER**

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Schnitt durch den Schurf 3
 Erstellung 23. bis 26.08.2021

Anlage 2

entworfen : LS	Datum: Sept. 2021	Änderungen:	Maßstab:	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet : HO				
geprüft :				

ahu Wasser Berlin Geomatik

Aktenvermerk Ortstermin Schurf 4

Betreff: Ortstermin **Schurf 4**
Datum: 26.08.2021; 12.00 bis 15.00
Anwesend: Herr Eckert, Herr Wallentowitsch (Fa. Nottenkämper)
Frau Frick, Herr Schroers (MULNV)
Herr Latta, Herr Dr. Plegge (Kreis Wesel)
Herr Dr. Kerth, Herr Prahl (Gutachter des Kreises Wesel)
Herr Lieser (ahu GmbH) (Gutachter der Firma Nottenkämper)
Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)
Erstellt durch: Herr Lieser, Herr Meßling (ahu GmbH)

1 FRAGESTELLUNGEN

Folgende Fragestellungen waren zu klären:

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?
- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?
- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung?
- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung auf der sich das Sickerwassers staut?
- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

2 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Vom 23.08.2021 bis 25.08.2021 wurde zur Vorbereitung des Ortstermins am 26.08.2021 die Oberflächenabdichtung entfernt, ein Querschlag in die Verfüllung abgeteuft und der Tonkeil an der Oberfläche freigelegt. Die Lage des Schurfes ist in Abb. 1 und Anlage 1 zu erkennen. Ein Tiefergraben war aufgrund der beengten Örtlichkeit und der Gefahr eines Zusammenstürzens des Schurfes nicht möglich.

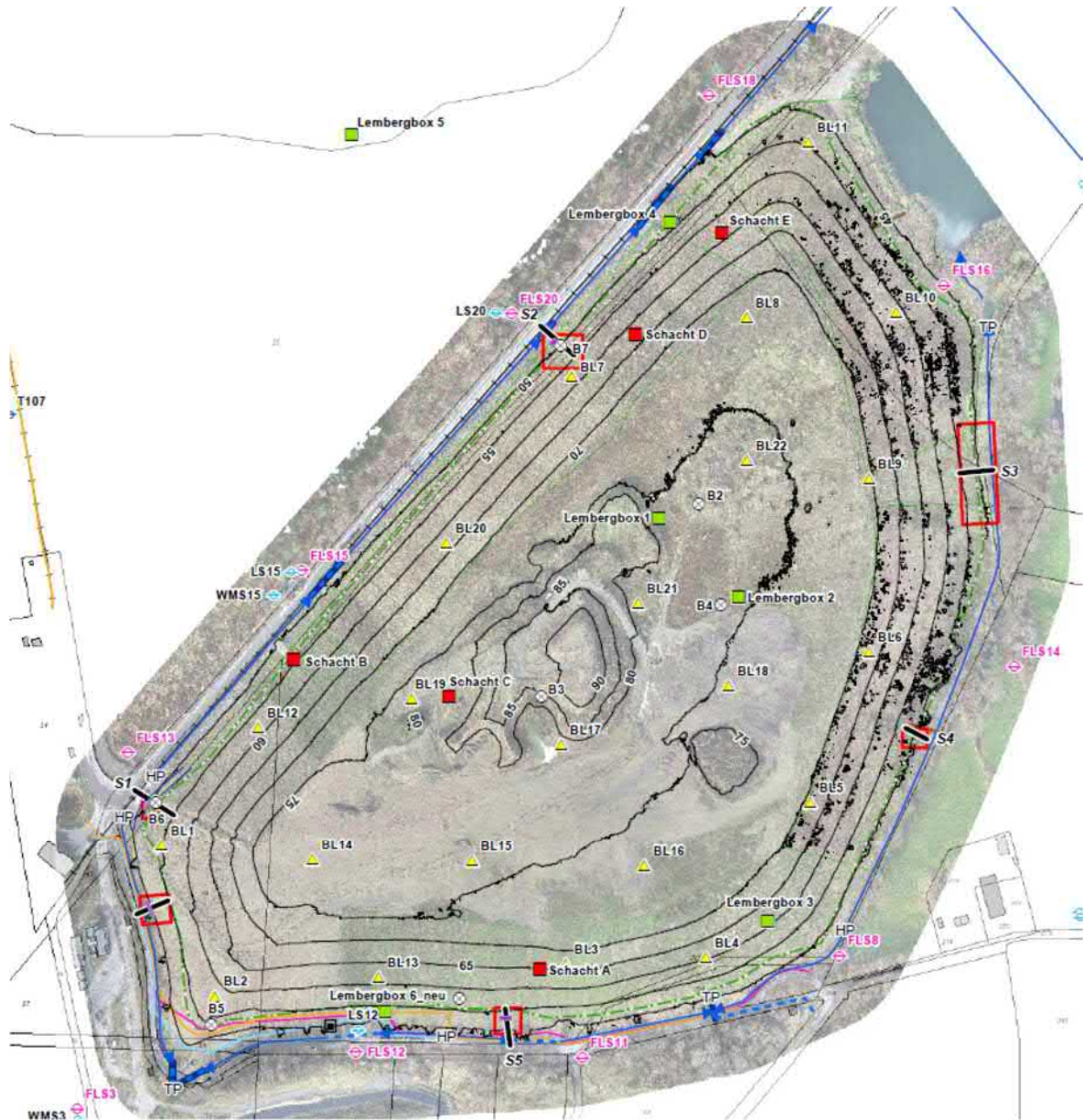


Abb. 1: Lage des Schurfs S4 (Übersicht)

3 ERGEBNIS DES ORTSTERMINS

In Abb. 2 ist die Abfolge der eingebauten Materialien in der Verfüllung zu erkennen.

- 0,2 Oberboden, humos, Krautbewuchs, vereinzelt Kiefern (ca. 2,5 hoch)
- 2,0 m Rekultivierungsschicht gelb-braun
- Drainmatte (Wirrgelege)
- 0,8 m Ton, fett, mineralische Dichtung bzw. mineralische Dichtungsschicht, grau
- Keil aus 0,2 bis 1,2 m HMVA, Schlacke, Flugaschen

- 0,0 bis 0,6 m Lehmlage, grau-braun an der Oberfläche dieser Schicht Austritt geringer Sickerwassermengen,
- darunter Ton- mit Schlackeeinlagerungen dkl.-grau.

In Abb. 4 ist an der Südseite des Schurfs die Anbindung der Oberflächenabdichtung an den Tonkeil zu erkennen. Auf der Nordseite des Schurf 4 hingegen nimmt die Breite des Tonkeils ab. Außerdem wurden in dem Tonkeil an einer Stelle ein „Schlackennest (wahrscheinlich Nachfall beim Einbau) festgestellt (vgl. Abb. 5). ebenfalls in Abb. 5 ist zu erkennen, dass die Oberflächenabdichtung von dem Tonkeil durch Schlacken getrennt ist und nicht nahtlos an den Tonkeil anbindet.

Unter einer Lage aus Hausmüllverbrennungsaschen und Schlacken (vgl. Abb. 2 bis 4) ist eine Lage aus grau-braunen tonigem Lehm eingebaut. Auf dieser Schicht sind kleinere Sickerwasseraustritte (vgl. Abb. 6) zu beobachten, die am 26.08. versiegt waren. Die höhenmäßige Einmessung ergab auf der linken (südlichen) Seite eine Höhe von 46,92 und auf der rechten Seite 46,85 m +N.N. Es handelt sich u.E. wahrscheinlich um das Ausbluten von eingeschlossene Restmengen an altem Niederschlagswasser (Sickerwasserlinsen) (geschätzte Gesamtmenge kleiner 5 Liter). Bei der Lehmlage könnte es sich um eine alte Zwischenabdichtung handeln, die aber nach den vorhandenen Informationen an dieser Stelle nicht vermutet wird). Unter Berücksichtigung der dargestellten Informationslage zur Chronologie (Vermessungsplan A und P aus 2010 mit Außenböschung, Genehmigung Aufhöhung aus 2007 mit ersten Gesprächen hierzu bereits in 2005) ist nicht sicher auszuschließen, dass in diesem Bereich noch eine „Zwischenabdichtung“ ausgeführt worden ist. Aufgrund der geringen ausgelaufenen Sickerwassermengen wurde keine Sickerwassermessstelle in dem Schurf errichtet.



Abb. 2: Schurf 4 Südansicht: Querschlag in die Verfüllung



Abb. 3: Schurf 4 Nordansicht



Abb. 4: Schurf 4 Südansicht: Anbindung der Oberflächenabdichtung an den Tonkeil



Abb. 5: Schurf 4 Nordansicht; Tonkeil links, rechts Geschiebelehm, abnehmende Breite mit Schlackeneinlagerungen zwischen Geschiebelehm und Tonkeil



Abb. 6: Grenze zwischen einer Lehmlage, Austritt geringer wahrscheinlich eingeschlossener Restmengen an Sickerwasser in den Schurf (markiert mit rote Sprühfarbe) zu erkennen

4 VERMESSUNGEN UND PROFIL

Am 01.09.2021 wurde eine Drohnenbefliegung durchgeführt. Anhand der Daten wurde ein Profil durch Schurf 4 konstruiert (vgl. Anl. 1 und Anl. 2).

5 BESTIMMUNG DER DURCHLÄSSIGKEITEN DES TONKEILS

Es wurden 10 Stechzylinderproben zur Untersuchung der Durchlässigkeit des Tonkeils entnommen. Die Ergebnisse liegen vor und werden separat dokumentiert.

6 BEWERTUNG

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämpfer geführt wurde, eingebaut?

Der Tonkeil wurde eingebaut, allerdings im Norden mit abnehmender Breite. Zwischen Tonkeil und Geschiebelehm außen wurde ein Schlackennest angetroffen. Es ist hier ein Fehler beim Einbau des Tonkeils anzunehmen.

- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?

Die Endteufe des Keils wurde nicht erreicht.

- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung?

Die Oberflächenabdichtung ist im nördlichen Bereich des Schurfs 4 nicht korrekt an die Oberflächenabdichtung angebunden.

- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung, auf der sich das Sickerwassers staut?

Ob die Lehmschicht einen Rest einer ehemaligen Oberflächenabdichtung darstellt, ist u.E nicht sicher feststellbar oder ausschließbar (siehe Ausführungen unter Kapitel 3).

- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

Ein Austritt von Sickerwasser in die Umgebung bzw. in das oberflächennahe Grundwasser ist hydraulisch möglich (Sickerwasseraustritt bei 46,85 bis 46,92 mNN). Allerdings ist die Menge an austretendem Sickerwasser zu gering. Es wurde im Rahmen der Arbeiten kein Nachlauf beobachtet.

Die Höhenlage der Lehmschicht mit den Sickerwasseraustritten liegt bei ca. 47,00 m+N.N. die Außenhöhe des Geländes bei 47,50 m+NN. In diesem Bereich fehlt bisher ein Randgraben bzw. ist nicht mehr vorhanden. Die Sohle des wiederherzustellenden Randgrabens wird dann vermutlich in etwa auf Niveau des kurzzeitig auftretenden Sickerwasseraustritts liegen.

7 MAßNAHMEN

- Der Tonkeil, die Anbindung an die Oberflächenabdichtung und die Oberflächenabdichtung sind fachgerecht herzustellen.
- Der Randgraben ist neu anzulegen bzw. wiederherzustellen und die Drainagematten an den Randgraben anzubinden.

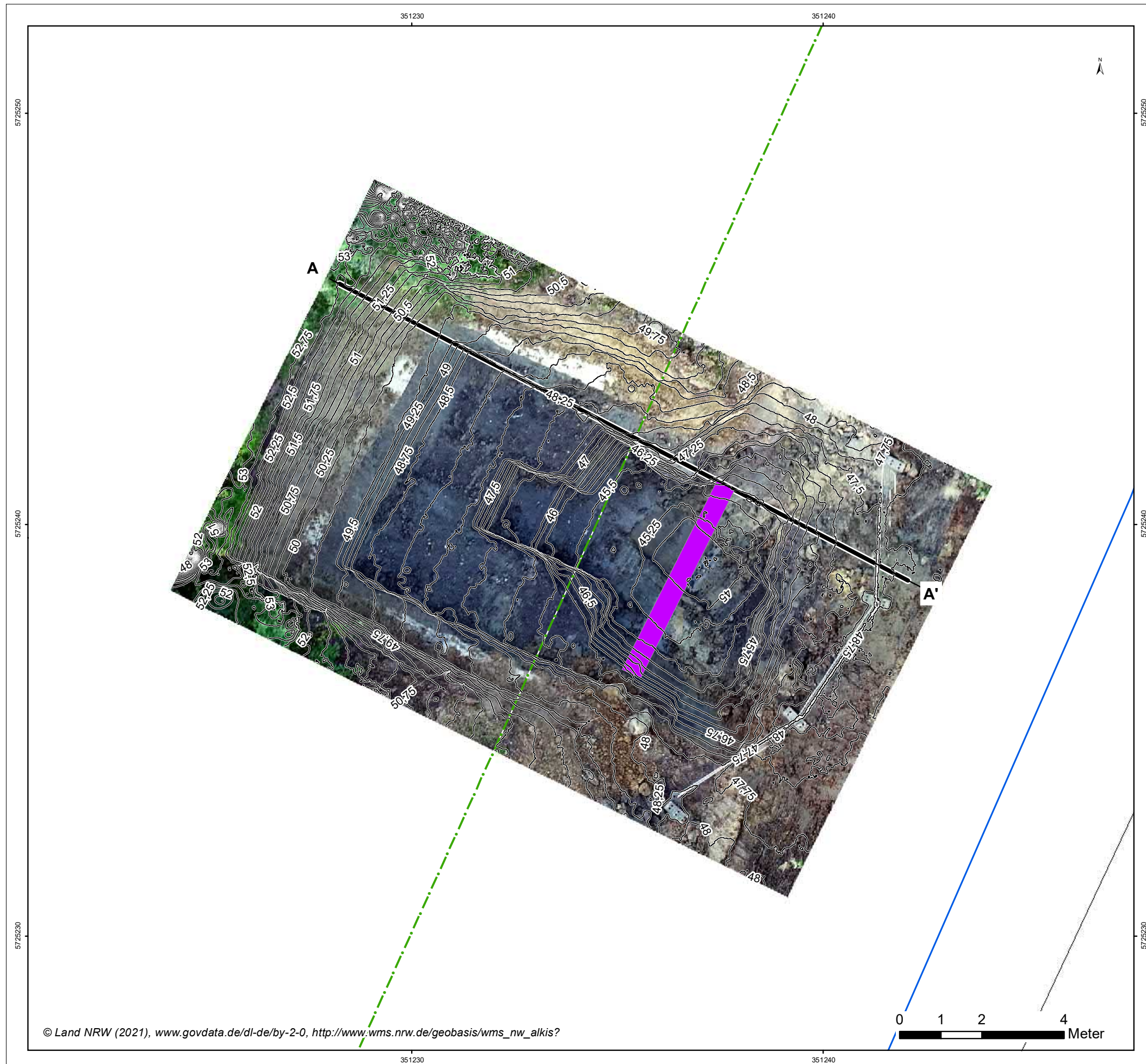
gez. U. Lieser

gez. Axel Meßling

Anlagen / Dokumentation:

Anl. 1: Lageplan_SchurfS4 (M 1:200)

Anl. 2: Profil



- Höhenlinie, berechnet aus DEM 31.08.2021
- Profilschnitt Schürfe, durchgeführt
- Tonkeil, angetroffen
- Abflussverhältnisse Randgraben**
- offen
- ⋯ Tagebaugrenze nach Angaben Fa. Nottenkämper

NOTTENKÄMPER				
Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg				
Lageplan Schurf 4				Anlage 1
entworfen : LS	Datum: Sept. 2021	Änderungen:	Maßstab 1:100	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet: WA				
geprüft :				

© Land NRW (2021), www.govdata.de/dl-de/by-2-0, http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_alkis?

Aktenvermerk Ortstermin Schurf 5

Betreff: Ortstermin **Schurf 5**
Datum: 07.05.2021; 10.00 bis 11.30
Anwesend: Herr Eckerth, Herr Wellmann, Herr Wallentowitsch (Fa. Nottenkämper)
Herr Prof. Dr. Uterman, Herr Schroers (MULNV)
Herr Stellmacher (Bezirksregierung Düsseldorf)
Herr Brandstaeter, Herr Latta, (Kreis Wesel)
Frau Bartels Herr Dr. Kerth, Herr Prah, (Gutachter(in) des Kreises Wesel)
Herr Lieser, Herr Meßling (ahu GmbH), Herr Dr. Asmus (Gutachter der Firma Nottenkämper)
Frau Gabrisch (LIMES, Fremdprüfer Tondichtung)
Herr Hödel (GeoLab, Eigenprüfer Tondichtung)
Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth)
Erstellt durch: Herr Lieser (ahu GmbH)

1 FRAGESTELLUNGEN

Folgende Fragestellungen waren zu klären:

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?
- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?
- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der Oberflächenabdichtung (min. Dichtung)?
- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung, auf der sich das Sickerwassers staut?
- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

2 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Am 06.05.2021 wurde seitens der Fa. Nottenkämper der Schurf 5 zur Vorbereitung des Ortstermins am 07.05.2021 angelegt. Die Lage des Schurfes ist in Abb. 1 und Anlage 1 zu erkennen.

Der Schurf (Schurf 5) wurde verfüllungsseitig bis hinter den Tonkeil angelegt.

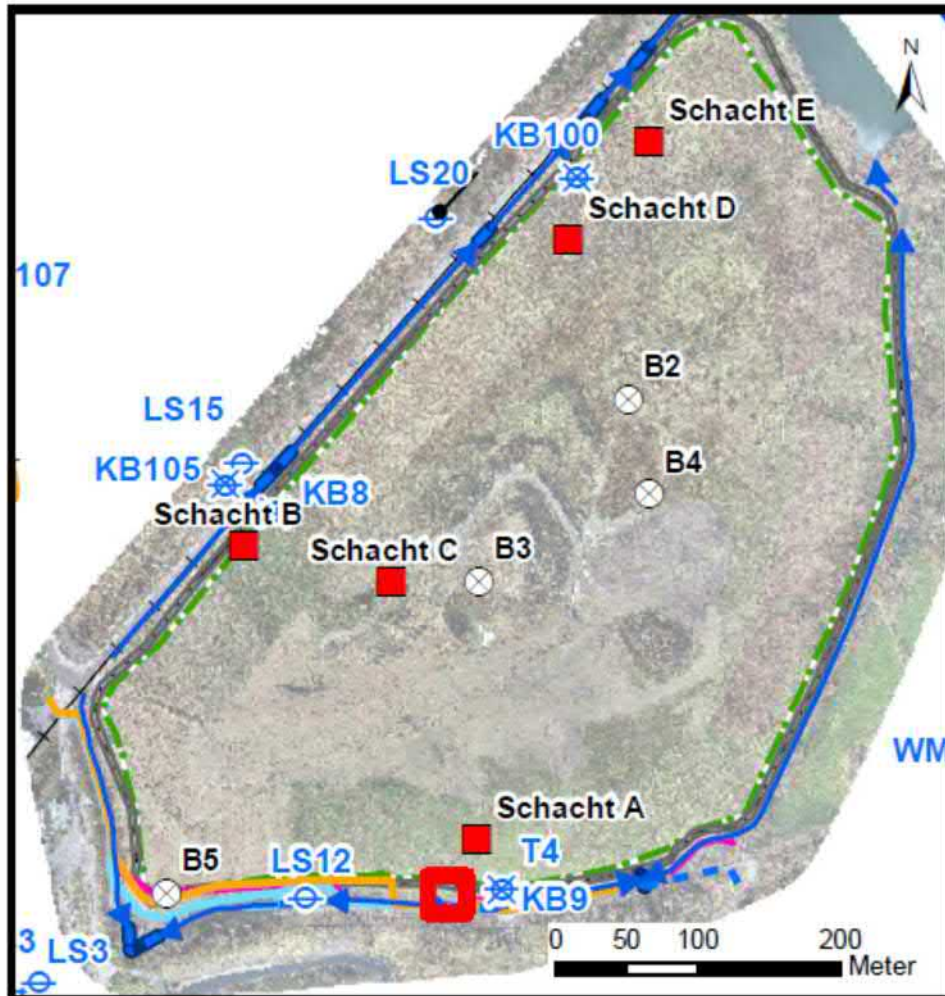


Abb. 1: Lage des Schurfs 5 (Übersicht)

3 ERGEBNIS DES ORTSTERMINS VOM 07.05.2021

Am 07.05.2021 wurde in Anwesenheit der o.g. Personen der Schurf 5 begutachtet.

In Abb. 2 ist die Rekultivierungsschicht, die Drainagematte, die min. Dichtung unterlagert von einer grau-bräunlichen Trag- bzw. Ausgleichsschicht aus Bauschutt-/Stahlwerksschlacken / Hochofenschlacken auf einer ca. 1,2 m mächtigen Schicht aus sehr festen Hausmüllverbrennungsaschen mit bunten Komponenten zu erkennen.

Diese Schicht ist ca. 2 m über den Tonkeil hinaus in Richtung Randgraben gebaut und endet in dem Geschiebelehm. (gelbliche Schicht im Vordergrund, s. Abb. 2), der oberflächennah schluffig bis sandig ausgebildet ist. Im Vordergrund ist der Anschnitt des Tonkeils sichtbar.

Zum Graben hin, außerhalb der Verfüllung, wurden humose Schichten und Wurzelreste beobachtet. Der Randgraben war trocken.

Aufgrund der nassen Witterung und der damit verbundenen Gefahr eines Abrutschens auf den Tonlagen konnte der Schurf nicht betreten werden. Es wurde auch davon abgesehen den Schurf zu vertiefen, da die wesentliche Frage – ob eine durchgehende Abdichtung zwischen Tonkeil und Oberflächenabdichtung vorhanden ist durch den Schurf beantwortet werden kann.



Abb. 2: Schurf 5 (Blick nach Norden) am 07.05.2021 morgens nach starken Regenfällen; das Niederschlagswasser staut sich in dem Schurf innerhalb des Geschiebelehms



Abb. 3: Schurf 5, Blick nach Norden: Tonkeil überlagert von Hausmüllverbrennungssasche



Abb. 4: Oberflächenabdichtung (min. Dichtung) über Trag- bzw. Ausgleichsschicht (braun-grau), darüber Drainmatte und Reku-Schicht

Abb. 4 zeigt die Abfolge der oberen, eingebauten Schichten unter der Oberfläche. Unter der 1,8 m mächtigen Rekultivierungsschicht aus braunem Lehm, sandig, tonig mit einer wenig humosen Auflage folgt die Drainagematte. Ab ca. 0,30 cm unter der Geländeoberkante war die Rekultivierungsschicht trocken. Die Durchwurzelungstiefe an dieser Stelle beträgt ca. 0,30 m.

Aus der Drainagematte waren punktuell Wasseraustritte zu erkennen (geschätzt $<0,005$ l/s). Unter der Drainagematte befindet sich eine ca. 0,7 m mächtige mineralische Dichtung als Oberflächenabdichtung aus homogen aufgebauten, fettem, grauen Ton.

Die Ausgleichs- bzw. Tragschicht unter der mineralischen Dichtung (Oberflächenabdichtung) liegt +/- horizontal auf einer Lage aus Hausmüllverbrennungssasche auf, die nach Aussagen der Fa Nottenkämper zum Zeitpunkt der aktiven Verfüllung einen kleinen Damm zu dem Verfüllkörper hin bildete. Die Ausgleichs-/Tragschicht besteht aus Stahlwerksschlacken, Hochofenschlacken und Schotter mit geringen Bauschuttanteilen.

Die Hausmüllverbrennungssasche enthält die typischen bunten Metall, Glas- und Keramikbestandteile und weist eine sehr hohe Festigkeit auf. Der Übergang nach Süden zu dem Geschiebelehm ist nicht eindeutig. Auf der Westseite des Schurfes läuft die Ascheschicht keilförmig aus, über dem Geschiebelehm besteht der Übergang zur Oberflächenabdichtung aus einer tonig-schluffigen Lage.



Abb. 5: Auskeilen der Hausmüllverbrennungssasche und Übergang in den Geschiebelehm sowie zur Oberflächenabdichtung (Westseite des Schurfs 5); links die angetroffene und abgerissenen Telefonleitung



Abb. 6: Detail Übergangsbereich Geschiebelehm / Oberflächenabdichtung mit der ausgebessertem Telefonleitung

Der Tonkeil hat eine Breite von mehr als 2 Metern (vgl. Abb. 7). Die Einbindetiefe des Tonkeils wurde nicht erkundet.

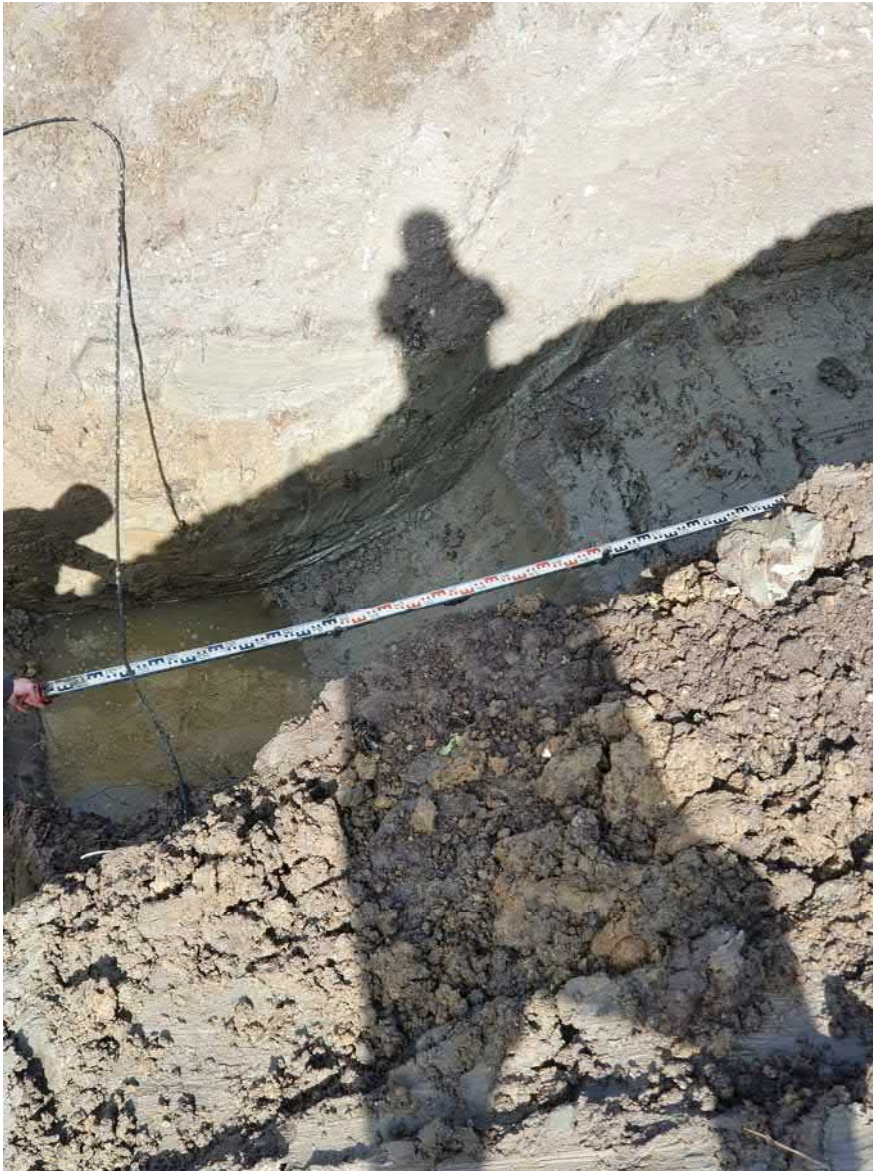


Abb. 7: südlicher Rand des Tonkeil (oliv-graue Wölbung rechts im Bild) überlagert von Hausmüllverbrennungsasche



Abb. 8: Geschiebelehm (Detail), orange-gelb-grau marmoriert;

Zum Randgraben hin wurden organische Auflagen, humose Partien bis zu torfigen Sedimenten Wurzelreste und Baumstubben festgestellt. *Anmerkung: U.E. könnten diese für die augenscheinlichen Rotverfärbungen und Eisenhäutchen im Randgraben sowie die erhöhten Eisen und DOC-Gehalte verantwortlich sein.*

4 VERMESSUNGEN UND PROFIL

Es wurden 9 Punkte lage- und höhenmäßig eingemessen und ein Profil am nördlichen Rand entlang des Schurfs 5 konstruiert (vgl. Anl. 2 und Dok. 1).

Darüber hinaus wurde die Geometrie des Schurfs über eine Drohnenbefliegung mit DGM dokumentiert.

5 BESTIMMUNG DER DURCHLÄSSIGKEITEN DES TONKEILS

Es wurden zwischen den Beteiligten abgestimmt, keine Proben der Durchlässigkeiten des Tonkeils zu entnehmen, da die Lage der Hausmüllverbrennungsgaschen über dem Tonkeil die Funktion – nämlich die vertikale Abdichtung zwischen der Verfüllung und dem Geschiebelehm bzw. den Lintforter Schichten – hier aufgrund der Position nicht gewährleistet.

6 BEWERTUNG

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?

Der Lage des Dichtwandkeils entspricht den Angaben der Fa. Nottenkämper. Auf die Erkundung der Endteufe und die Einbindung des Keils wurde verzichtet. Durch den Tonkeil wird keine vertikale Abdichtung zwischen der Verfüllung und dem Geschiebelehm erreicht. Sollte Grundwasser (außerhalb) bzw. Sickerwasser (aus der Verfüllung) innerhalb der Höhe des Geschieblehms auftreten, besteht die Möglichkeit einer Wegsamkeit nach außen oder nach innen, bevorzugt über die sandigen Lagen im Geschiebelehm (Flugsande) und über die Hausmüllverbrennungsgaschen.

Anmerkung: In dem Schurf wurde weder verfüllungsseitig Sickerwasser noch wurde außerhalb Grundwasser angetroffen. Daher besteht gegenwärtig keine Gefahr eines Sickerwasseraustrittes.

- Ist der eingebaute Tonkeil in den Untergrund eingebunden?

Die Einbindung wurde nicht erkundet.

- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der mineralischen Dichtung (Oberflächenabdichtung)?

Die min. Dichtung (Oberflächenabdichtung) ist nicht ordnungsgemäß an den Tonkeil angeschlossen. Hier sind Maßnahmen erforderlich (vgl. Kap. 7).

- Existiert eine alte Oberflächenabdichtung, auf der sich das Sickerwassers staut?

Eine alte Oberflächenabdichtung existiert an dieser Stelle nicht.

- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

Ein Austritt von Sickerwasser in den Randgraben bzw. in das oberflächennahe Grundwasser wäre nur dann möglich, wenn sich das Sickerwasser innerhalb der Verfüllung auf die Höhe des Randgrabens einstaut und die oberflächennahen Grundwasserstände innerhalb des Geschiebelehms niedriger liegen als die Sickerwasserstände innerhalb der Verfüllung. Messstellen für Grundwasserstandsmessungen in dem Geschiebelehm oder innerhalb der oberen Lintforter schichten liegen nicht vor.

Die Sickerwasserstände innerhalb des nächstgelegenen Schachtes A (zum Zeitpunkt der Messung in Betrieb) in der Verfüllung des Tagebautiefsten liegen bei 34,09 mNN. (Schacht A am 08.04.2021). Sie liegen weit unter der Randgrabensohle von 48,55 mNN. Allerdings wurden in der ca. 200m westlich gelegenen Sickerwassermessstelle B5 Sickerwasserstände zum Zeitpunkt der Schurferstellung von 48,57 m gemessen. Nach unserer Interpretation der Sickerwasserverhältnisse in der Verfüllung fällt Sickerwasser wahrscheinlich lokal und schwebend in der Verfüllung an. Es könnte sein, dass eine solches Sickerwasser auf einen nicht ordnungsgemäßen Anschluss der Oberflächenabdichtung an den Tonkeil trifft. In einer solchen Situation wären Sickerwasseraustritte in den Randgraben hydraulisch möglich. Dies wurden aktuell jedoch nicht festgestellt.

7 MAßNAHMEN

Zur weiteren Erkundung schlagen wir zunächst einen zusätzlichen Schurf zwischen LS12 und dem Schurf 5 vor.

Falls ein Sickerwasseraustritt für möglich erachtet wird, sind u.E. Sanierungsmaßnahmen erforderlich. Als Sanierungsmaßnahmen in Frage kommt die Verlegung des Tonkeils nach außen an den Randgraben und die Einbindung in den Lintforter Schichten. Folgende Aspekte sind, falls eine Sanierung erforderlich ist, zu beachten:

- Über welche Strecke die Anbindung des Tonkeils saniert werden muss, ist durch geeignete Erkundungsmaßnahmen festzustellen. In Frage kommen
 - Weitere Schürfe (Vorteil relativ einfach durch Eigenmaßnahmen durchführbar, Nachteil: Leitungsverläufe Telekom, 10 KV-Starkstrom, Wasser u.a.)
 - Weitergraben in westliche und östliche Richtung
- Die Drainagematte muss an den Randgraben angebunden werden. Hierzu sind die erforderlichen Gefälle zu realisieren.
- Die Schlacken (z.B. auch Hochofenschlacken mit wasserwirtschaftlicher Zulassung), die zum Zwecke des Wegebbaus oder zur Schaffung von Rohrbettungen, Ausgleichsschichten etc. zwischen Randgraben und Verfüllung eingebaut wurden, sollten entfernt werden.
- Die Ertüchtigung des Randgrabens erfolgt nach der Anbindung der min. Dichtung an den Tonkeil
- Kurzfristig ist der Schurf zu sichern. Die min. Dichtung und die Drainage-schicht sind fachgerecht provisorisch wiederherzustellen.

Die hierzu erforderlichen Maßnahmen sollten in Gänze zeitlich und ingenieurtechnisch geplant und abgestimmt werden.

Weiterhin zu bedenken ist:

- Der Zeitpunkt der Ausführung sollte genau überlegt werden, da nach Aussagen des Ministeriums und der Gutachter des Ministeriums/ des Kreises Wesel möglicherweise Maßnahmen erforderlich sind, die einen weiteren Eingriff in die Verfüllung erfordern.
- Die Lage der geplanten oberflächennahen Grundwassermessstellen in den Lintforter Schichten sind im Sanierungsbereich außerhalb des neu zu errichtenden Tonkeils anzuordnen (z.B. südlich des Mühlenbergweges).

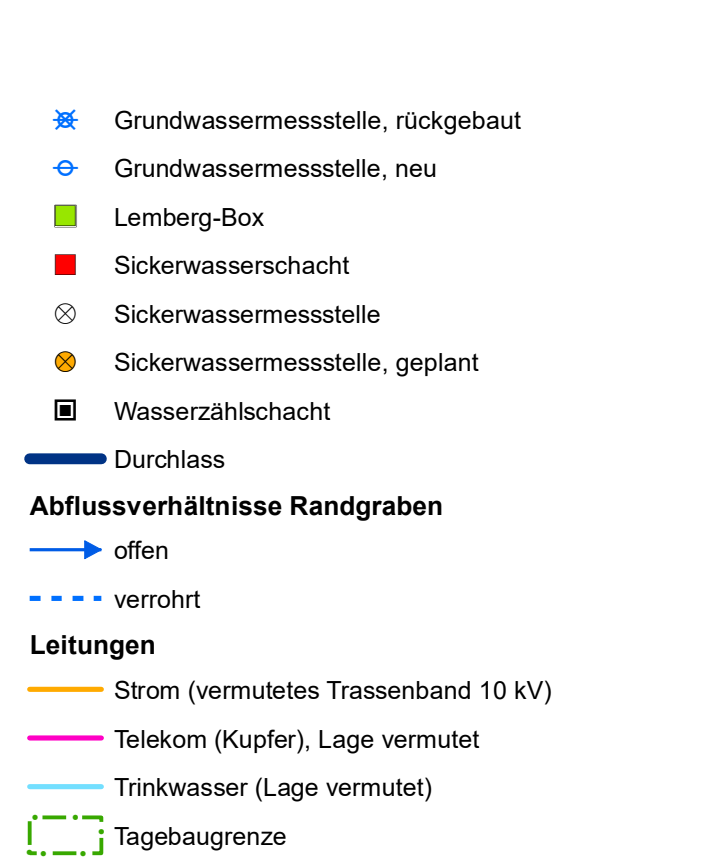
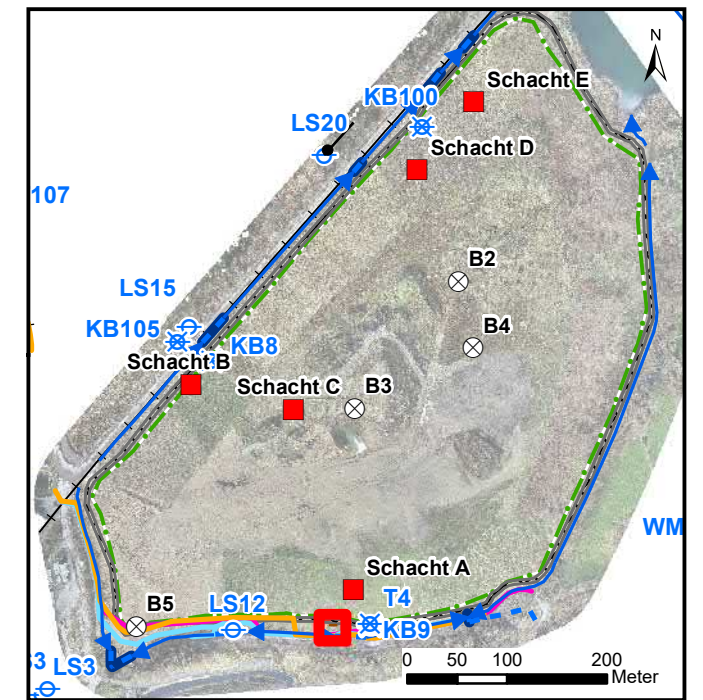
gez. U. Lieser

Anlagen / Dokumentation:

Anl. 1: Lageplan_SchurfS5 (M 1:200)

Anl. 2: Profil

Dok. 1: Vermessungspunkte



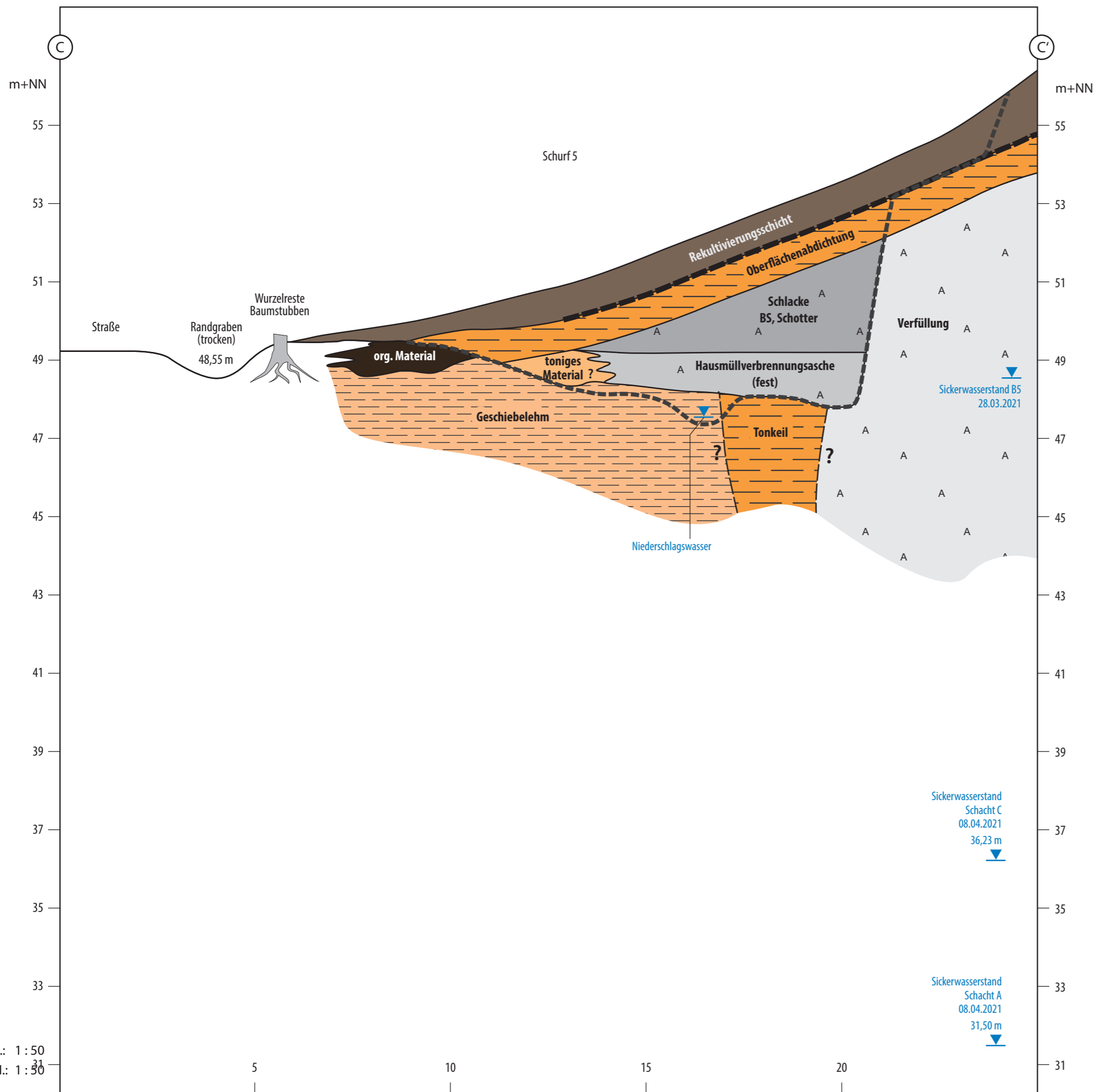
NOTTENKÄMPER

Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg

Lageplan Schurf S5 Anlage 1

entworfen : LS	Datum: Mai 2021	Änderungen:	Maßstab 1:100	Projektzeichen: NOTT5
gezeichnet : WA				
geprüft :				

ahu Wasser Boden Geomatik



- Rekultivierungsschicht
- Ton, Oberflächenabdichtung (min. Dichtung)
- Schlacke, braun-grau, Bauschutt, Schotter
- Hausmüllverbrennungssasche, grau
- Verfüllung, Schlacke/Asche
- tonig schluffiges Material (kein Geschiebelehm)
- Geschiebelehm, schluffig, tonig, z.T. sandig, gelb-braun
- organisches Material
- Baggerschurf (proj.)
- Drainagematte
- Wasserstände

Fa. Hermann Nottenkämper NOTTENKÄMPER GmbH & Co. KG				
Untersuchung der Verfüllung Mühlenberg				
Schnitt durch den Schurf 5 Erstellung 07.05.2021				
Anlage 2				
entworfen : LS	Datum:	Änderungen:	Maßstab:	Projektzeichen:
gezeichnet : HO	Mai 2021			NOTT5
geprüft :				
				<small>Wasser Berlin Geomatik</small>

Maßstab d. L.: 1 : 50
 Maßstab d. H.: 1 : 50

Markierte Aufnahmepunkte, 07.05.2021

Nr	Beschreibung	E	N	NHN	SCHURF
1	Straßenmitte	350966167	5725034939	49,227	SCHURF-5
2	Grabensohle/Durlass	350966383	5725038665	48,553	SCHURF-5
3	GOK	350966010	5725042380	49,533	SCHURF-5
4	UK Ton	350964868	5725046792	48,457	SCHURF-5
5	Kabel	350965899	5725049426	48,281	SCHURF-5
6	Kabel	350962830	5725049316	48,171	SCHURF-5
7	OK Dränagematte	350967522	5725047769	49,894	SCHURF-5
8	OK Reku	350969181	5725047669	50,705	SCHURF-5
9	OK Reku	350968791	5725056248	54,062	SCHURF-5
10	OK Reku	350968755	5725058403	54,827	SCHURF-5

Aktenvermerk

Betreff: **Schurf 6** – zusätzlicher Schurf zur Erkundung des Tonkeils
Fragestellung: Nachweis Tonkeil, Zwischenabdichtung,
Anlass: Selbstnachweis Fa. Nottenkämper
Verteiler: Fa. Nottenkämper (Herr Eckerth);
Erstellt durch: Herr Lieser,
Anwesend: Herr Lieser (ahu GmbH), Herr Eckerth

1 FRAGESTELLUNGEN

Folgende Fragestellungen waren zu klären:

- Wurde ein Tonkeil, der die Verfüllung gegen den Geschiebelehm absperrt und der um die Verfüllung Nottenkämper geführt wurde, eingebaut?
- Existiert eine Fuge zwischen dem Tonkeil und der mineralischen Dichtung?
- Existiert eine alte Zwischenabdichtung, auf der sich das Sickerwasser staut?
- Kann Sickerwasser in den Randgraben austreten?

2 ANLASS

Am 25.06.2021 wurde im SW der Verfüllung ein Schurf (s. Schurf 6) zur Erkundung des Tonkeils durchgeführt. Die Fa. Nottenkämper will Sicherheit über die Ausbildung des Tonkeils auch auf der Westseite der Verfüllung.

Der Schurf wurden seitens der Fa. Nottenkämper am 24.06.2021 angelegt und von Herrn Lieser am 25.06.2021 zusammen mit Herrn Eckerth und einem Baggerführer der Fa. Nottenkämper begangen. Der Tonkeil wurde am 25.06.2021 nochmals frisch angeschnitten.

Am 08.07.2021 wurde der Tonkeil vertieft.

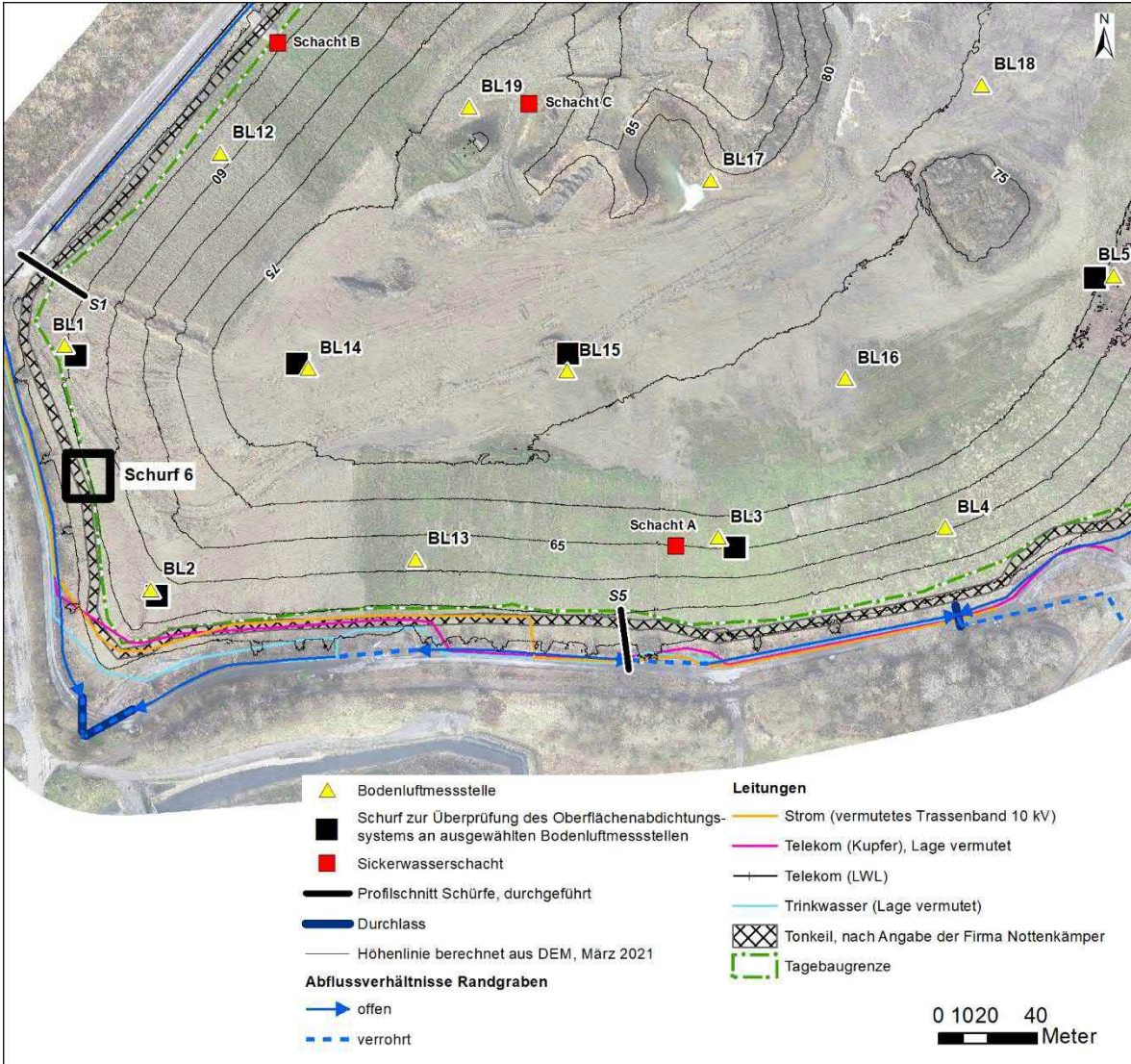


Abb. 1: Lage des Schurfs

3 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN UND ERGEBNISSE

Der Schurf 6 war am 25.06.2021 ca. 6 m östlich der Straße aufgefahren und etwa 1 m unterhalb des Straßenniveaus (Niveau etwa auf Höhe der Grabensohle) waagrecht in den Mühlenberg hineingegraben. Abb. 1 bis 5 zeigen den Zustand am 25.06.2021 (Aufnahmen ahu GmbH).

Vertiefung entlang des Tonkeils

Am 08.07.2021 erfolgte durch die Fa. Nottenkämper eine Vertiefung entlang des Tonkeils um zu prüfen, ob der Tonkeil in die Lintforter Schichten eingebunden ist. Seitens der Fa. Nottenkämper wurden Fotos zum Zustand 08.07. gemacht (vgl. Abb. 6).

Ergebnisse

Die ehem. Tongrube beginnt östlich des Schurfes 6. Der anstehende Geschiebelehm, der durch den Tonabbau nach Osten abgetragen wurde, wurde durch den Schurf angeschnitten (s. Abb. 6). Es handelt sich um sandig bis kiesige Lehme und Tone. Der Geschiebelehm geht in die Lintforter Schichten über. Bei den Übergangsschichten handelt es sich um braune bis graue lehmige Tone. Die Lintforter Schichten bestehen aus grauen schluffigen Tonen.

Innerhalb des durch die mineralische Dichtung und den Tonkeil abgedichteten Bereichs sind umgelagerte bindige Böden (gelbe -gelbbraune Geschiebelehme, s. Abb. 2 und Lintforter Schichten (grauer schluffiger Ton) verfüllt (vgl. Anlage 2).

Schlacken wurden bis auf eine geringmächtige Packlage aus Hochofenschlacke (wahrscheinlich die Tragschicht aus dem ehem. Bereitstellungslager (s. Abb. 1)) unter der Tondichtung verfüllungsseitig nicht angetroffen.

Die min. Dichtung besteht aus einem fetten grauen Ton in einer Mächtigkeit von 0,7 m und bindet an den Tonkeil an.

Der Tonkeil wurde in einer Breite von 1,8m angetroffen. Er besteht aus fettem grauem Ton. Der Tonkeil hat eine Tiefe von mehr als 4,5 m und bindet in die Lintforter Schichten ein.

Verfüllungsseitig wurde kein Sickerwasser angetroffen.

Außerhalb des Tonkeils stehen unter umgelagerten Böden stark humose, dunkelgraue bis schwarze Böden an, die ab ca. 0,3 m stark nass sind, sodass geringe Wasseraustritte zu beobachten sind. Diese Schicht weist z.T. auch torfige Sedimente auf (s. Abb. 5). Bei dem Wasser dürfte es sich um versickerndes Wasser aus der Drainschicht oder aus dem Graben handeln.

In einer Tiefe von 1,5 m beginnt der Geschiebelehm, der wie auch auf der Verfüllungsseite nach einer braunen lehmig-tonigen Übergangsschicht in einer Tiefe von ca. 3,8 m die Lintforter Schichten (grauer Ton) übergeht.

Daten zur Vermessung

Seitens des Vermessers wurde der Schurf am 09.07.2021 beflogen. Die Vermessungsdaten sind in Anl. 1 als Karte hinterlegt.



Abb. 1: Rekultivierungsboden, Vlies, min. Dichtung (Ton grau) und Packlage aus Hochofenschlacken



Abb. 2: Geschiebelehm (umgelagert)



Abb. 3: Tonkeil, Fotoausrichtung: W – E; rechts ehem. Boden (anstehend)



Abb. 4: Anbindung der mineralischen Dichtung an den Tonkeil



Abb. 5: Anstehender Boden westlich des Tonkeils (grabenseitig), Lehm, sandig z.T. stark humos – torfig; mit ausblutendem Wasser



Abb. 6: Schurf 6 (vertieft) Aufnahme des Schurfs am 08.07.2021 Tonkeil; links Verfüllung Grubenrand auf anstehendem Geschiebelehm, rechts Geschiebelehm

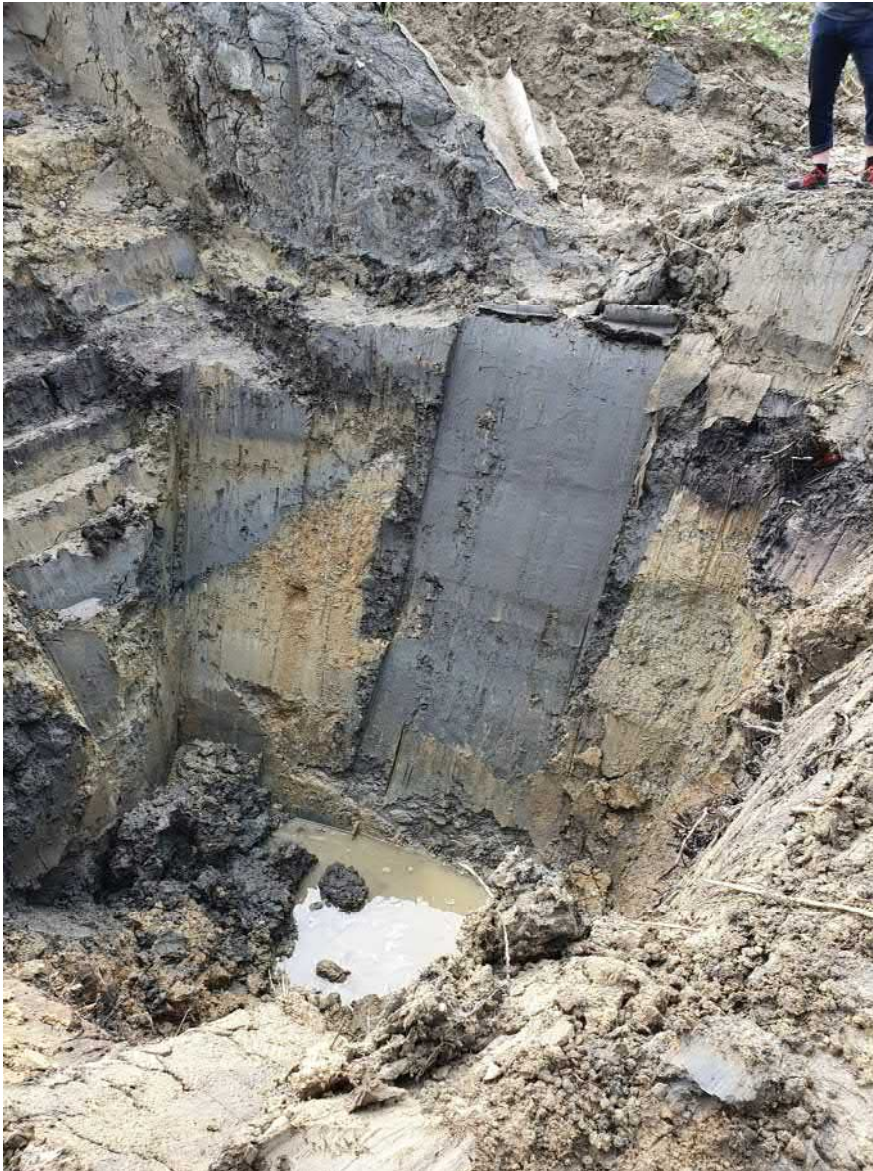


Abb. 7: Schurf 6 (vertieft) aufgenommen am 09.07.2021 (ahu GmbH): Nachfall von der Seite, aufgrund von Niederschlägen hat sich an der Sohle ein Pfütze gebildet.

4 BEWERTUNG

Der Tonkeil wurde in eine Breite von 1,8 m nachgewiesen.

Eine ehemalige Oberflächenabdichtung/ Zwischenabdichtung innerhalb des Mühlenbergs existiert hier nicht. Die mineralische Abdichtung ist vollständig an den Tonkeil angebunden.

Ein Austritt von Sickerwasser in den Randgraben ist nicht möglich. Verfüllungsseitig wurde kein Sickerwasser angetroffen. Der Tonkeil ist vollständig an die mineralische Dichtung angebunden.

5 ANLAGEN / DOKUMENTATION:

- Anl. 1: Lageplan_Schurfs6 (M 1:100)
- Anl. 2: Profil

gez. U. Lieser

Dokumentation 4.1:
Schreiben Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH
zu Möglichkeiten geochemischer Modellierung
(2 Seiten)



Dr. Kerth + Lampe



Dipl.-Geol. Dr. Michael Kerth

Von der IHK Lippe zu Detmold ö.b.u.v. Sachverständiger und nach § 18 BBodSchG zugelassener und anerkannter Sachverständiger für Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiet 2: Gefährdungsabschätzung Wirkungspfad Boden-Gewässer und Sachgebiet 5: Sanierung

DR. KERTH + LAMPE GEO-INFOMETRIC GMBH - WALTER-BRÖKER-RING 17 - D-32756 DETMOLD

Kreis Wesel
Vorstandsbereich V, Fachdienst Umwelt
Herrn Dr. Volker Plegge
Reeser Landstraße 31

46483 Wesel

Dr. Kerth + Lampe
Geo-Infometric GmbH
Walter-Bröker-Ring 17
32756 Detmold

Telefon (0 52 31) 3 08 21 - 11
Telefax (0 52 31) 3 08 21 - 66

E-Mail m.kerth@dr-kerth-lampe.de
Internet www.dr-kerth-lampe.de

Datum 21. September 2021

Ihr Zeichen

Unser Zeichen 21-Ke-006

Tongrube und Verfüllung Mühlenberg; hier: Arbeits- und Zeitplan zur ergänzenden Gefährdungsabschätzung Mühlenberg, Stand 19.08.2021 Punkt 8.1 „Hydrogeochemische Modellierung auf Grundlage der aktuellen Sickerwasserzusammensetzung“

Sehr geehrter Herr Dr. Plegge,

beim letzten (virtuellen) Treffen der Koordinierungsgruppe am 10.09. d. J. hatte ich über die Ergebnisse von Kontaktaufnahmen mit verschiedenen Forschungsinstitutionen im Hinblick auf die Möglichkeiten einer hydrogeochemischen Modellierung der in der Verfüllung Mühlenberg ablaufenden geochemischen Prozesse berichtet. Wie gewünscht, möchte ich hiermit dies noch einmal schriftlich zusammenfassen. Ich verweise diesbezüglich auch auf meine an den bekannten Verteilerkreis versendete E-Mail vom 23.06. d. J., in der ich die Ergebnisse bereits zusammengefasst hatte.

Nach dem Treffen der Koordinierungsgruppe am 17.05. d. J. habe ich mich mit verschiedenen Institutionen (Dr. Thomas Merkel, Fehs Duisburg, Prof. Dr. Jörg Matschullat, TU Bergakademie Freiberg und Prof. Grathwohl, Universität Tübingen) über die Möglichkeiten einer hydrogeochemischen Modellierung der in der Verfüllung Mühlenberg ablaufenden Prozesse per E-Mail bzw. telefonisch ausgetauscht.

Dr. Merkel vom Fehs Duisburg und Prof. Matschullat von der TU Bergakademie Freiberg sehen hier keine Möglichkeit bzw. keine "verhältnismäßige" Möglichkeit, durch eine Modellierung Ergebnisse zu generieren, die einen Mehrwert gegenüber einer nicht Modell-gestützten Betrachtung bieten. Prof. Grathwohl von der Universität Tübingen dagegen sieht grundsätzlich die Möglichkeit einer Modellierung, erwartet aber einen sehr hohen Aufwand (er sprach davon, dass ggf. mehrere Doktorarbeiten notwendig seien) und weist auch direkt darauf hin, dass er davon ausgeht, dass insbesondere Prozesse wie die Karbonatisierung oder auch die Oxidation in einer so mächtigen Verfüllung mehr als 1.000 Jahre benötigen, da hierfür die Diffusionsrate von Luft in den Verfüllkörper bestimmend sei.

Geschäftsführer:
Dr. Michael Kerth
Andreas Lampe

Gerichtsstand Detmold
HRB 4609 AG Lemgo
USt-IdNr.: DE204070539

VerbundVolksbank OWL eG
BLZ 472 601 21
Kto.-Nr. 2 100 954 900

IBAN: DE94 4726 0121 2100 9549 00
BIC: DGPBDE 3MXXX

Diese Annahme für die Nachlieferung von Kohlendioxid zur Karbonatisierung ist im vorliegenden Fall ggf. zwar nicht ganz zutreffend, weil ja auch von einem Vorhandensein organischer Substanz und damit von einer gewissen Bildung von "Deponiegas" ausgegangen werden muss¹, aber diesbezüglich wäre dann zusätzlich noch eine entsprechende aufwändige und ggf. nur überschlägig mögliche Abschätzung des "Deponiegasbildungspotentials" notwendig. Vermutlich ergeben sich aber auch unter Berücksichtigung dieser zusätzlich Kohlendioxid-Quelle für eine weitgehende Karbonatisierung der Aschen und Schlacken Zeiträume von mindestens Jahrzehnten. Zusätzlich bliebe zusätzlich abzuwarten, ob bzw. welchen "reaktionshemmenden" Einfluss ggf. die Verminderung der Sickerwassermenge durch die zwischenzeitlich erfolgte Herstellung der mineralischen Dichtungsschicht hat.

Zusammenfassend erscheint nach der durchgeführten "Kommunikation" eine vertiefte hydrogeochemische Betrachtung zwar (wissenschaftlich) sehr interessant, aber insbesondere eine Modellierung würde vermutlich nicht mit "verhältnismäßigem" Aufwand in einem überschaubaren Zeitraum (von 1 - 2 Jahren) zu Ergebnissen führen, die im vorliegenden Fall ein vertieftes Verständnis für die tatsächlich ablaufenden Prozesse ermöglichen würden und vor allem für die Praxis der Sickerwasserbehandlung von Bedeutung wären.

Aus meiner Sicht sind weitere Aktivitäten bezüglich des Punkt 8.1 des o. g. Arbeits- und Zeitplans daher nicht sinnvoll bzw. nicht zielführend. Dementsprechend kann dieser Punkt im Arbeits- und Zeitplan m. E. als erledigt eingestuft werden.

Freundliche Grüße

Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH

Dipl.-Geol. Dr. Michael Kerth

¹ Die bei dem Treffen der Koordinierungsgruppe vorgestellten ersten Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen im Verfüllkörper belegen jetzt ja, dass es ein gewisses Deponiegasbildungspotential im Verfüllkörper gibt bzw. gegeben hat.

Dokumentation 4.2:
Stellungnahme Nuclear control consulting GmbH
zur Prüfung von Sickerwasseranalysen
(12 Seiten)

Stellungnahme

Prüfung von Wasseranalysen

Projekt-Nr.: NW092-01
Kurztitel: Hünxe, Fachberatung

Auftraggeber: IFUA-Projekt-GmbH
Milser Straße 37
33729 Bielefeld

Auftragnehmer: Nuclear Control & Consulting GmbH
Hinter dem Turme 24
38114 Braunschweig

Projektleiter: Dr. Rainer Gellermann
E-Mail: Rainer.gellermann@nuclear-cc.de
Telefon: +49 30 549059 401

Ort, Datum: Braunschweig, den 11.06.2021



Dr. Rainer Gellermann
Projektleiter

Geprüft:	Alexandra Müller am 08.06.2021
Freigegeben:	Dr. Rainer Gellermann am 11.06.2021
Revision	0
Seiten:	12
Anlagen:	1
Verteiler (Elektronisch):	petra.guenther@ifua.de

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	3
2	Grundlagen	3
	2.1 Unterlagen des Auftraggebers.....	3
	2.2 Regionale hydrogeologische Verhältnisse	3
3	Messergebnisse	4
4	Bewertungsgrundlagen.....	5
	4.1 Allgemeine Werte für Radionuklidkonzentrationen im Grundwasser	5
	4.2 Tritium.....	6
	4.3 Bewertungsmaßstab TrinkwV.....	8
5	Bewertungen.....	9
6	Hinweise zur Planung weiterer Untersuchungen	11
7	Literatur.....	12

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Messergebnisse nach U1	4
Tabelle 4-1:	Aktivitätskonzentrationen als Median- und 95. Perzentilwerte mit der Angabe der von/bis-Bereiche von 582 Trinkwässern aus 16 Bundesländern (Aus [2])	6
Tabelle 4-2:	Wertebereiche natürlicher Radionuklide im Grundwasser in sandigen Grundwasserleitern in Niedersachsen. (Daten aus [2]).....	6
Tabelle 3:	Referenzwerte zur Ermittlung der Richtdosis nach TrinkwV für alle relevanten natürlichen Radionuklide	9

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1:	Löslichkeitsverhalten der natürlichen Radionuklide im Grundwasser (Bildquelle:[2]).....	5
Abbildung 4-2:	Tritium im Niederschlag von Messstationen in Deutschland. Messergebnisse Monatsproben DWD [].	7
Abbildung 4-3:	Tritium in Deponiesickerwässern in Deutschland (Aus [4]).....	8

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die IFUA Projekt GmbH (im Weiteren „IFUA“) benötigt strahlenschutzfachliche Beratung hinsichtlich möglicher radioaktiver Kontaminationen, die im Zusammenhang mit Umweltbelastungen der Tongrube Schermbeck-Hünxe untersucht werden. Die Nuclear Control & Consulting GmbH (NCC) wurde beauftragt, hierfür Fachberatungsleistungen auf Anfrage durch die IFUA Projekt GmbH zu erbringen.

Als erste Aufgabenstellung wurden Analysenergebnisse von Grundwasserproben (U1) zur Verfügung gestellt und um eine fachliche Beurteilung der Ergebnisse sowie Hinweise zu weiteren Probenahmen gebeten.

2 Grundlagen

2.1 Unterlagen des Auftraggebers

(U1) Prüfbericht 210106-15, IAF Radioökologie GmbH

2.2 Regionale hydrogeologische Verhältnisse

Nach Angaben des Geologischen Dienstes NRW (<https://www.gd.nrw.de/ggb3/gb170016.htm>) ist das Gebiet der Gemeinden Hünxe und Schwermbeck als Teil des Niederrheinischen Tieflandes von Ablagerungen des Eiszeitalters beherrscht. *Der größte Teil des Niederrheinischen Tieflandes besteht aus Flussablagerungen (Kies und Sand) von Rhein und Maas. Unter den im Durchschnitt 40 m mächtigen Ablagerungen schließen sich Meeressande des Tertiärs an, die bis in Tiefen von 200 - 700 m hinabreichen. Darunter folgen Schichten aus der älteren Erdgeschichte, in erster Linie Meeresablagerungen, die überwiegend aus Sandstein, Tonstein und Kalkstein bestehen. Darin kommen aber auch Erze, Salz und Kohle vor.*

Grundwasser kommt in allen Lockergesteinen des Eiszeitalters in hinreichender Menge vor. Die Problematik der Grundwassergewinnung liegt in erster Linie in der Verunreinigung des Grundwassers durch den Menschen. Die Wässer des tieferen Untergrunds sind aufgrund ihres hohen Salzgehaltes nicht nutzbar.

Für die Tongrube Schermbeck-Hünxe und eine „Verfüllung Mühlenberg“ wird in [1] eine wenige Meter mächtige quartäre Überdeckung aus gering durchlässigem Geschiebelehm beschrieben. *Darunter liegt eine mehr als 30 m mächtige Wechsellagerung aus feinsandigen Schluff- und Tonlagen, die tertiären Lintforter Schichten. Die tertiären Ratinger Schichten bestehen aus ca. 8 bis 10 m mächtigen Tonen und dichten das System nach unten zu den Walsumer Meeressanden ab. Dabei handelt es sich um einen wenig ergiebigen, insgesamt ca. 15 m mächtigen Hauptgrundwasserleiter. Das Grundwasser ist hier gespannt, der Potentialunterschied zwischen Walsumer Sanden und Lintforter Schichten beträgt mehrere Meter.*

3 Messergebnisse

Die zu beurteilenden Messergebnisse sind in Tabelle 3-1 zusammengestellt. Auf die Daten von U-235 wurde verzichtet, da die U-235-Konzentration in einem festen Verhältnis zur Konzentration von U-238 steht.

Die Messungen wurden im Zeitraum Januar, Februar 2021, nur wenige Wochen nach der Probenahme (16.12.2020) ausgeführt. Die vom Labor angegebenen und in Tabelle 3-1 mit aufgeführten Messunsicherheiten U (in %) sind erweiterte statistische Messunsicherheiten von ca. dem Doppelten der messtatistischen Standardabweichung.

Bei den Proben LS4 und LS20 handelt es sich gemäß der Angaben in U1 um Grundwasser, bei den anderen Proben um Sickerwasser.

Tabelle 3-1: Messergebnisse nach U1

		LS4		LS20		Schacht A		Schacht B	
		Grundwasser		Grundwasser		Sickerwasser		Sickerwasser	
		Prüfergebnis	U[%]	Prüfergebnis	U[%]	Prüfergebnis	U[%]	Prüfergebnis	U[%]
U-238	mBq/l	6,3	37	35	15	5,3	33	2,2	67
U-234	mBq/l	8,4	32	43	14	5,2	33	2,9	56
Th-230	mBq/l	3,1	61	< 1	-	4	45	<1	-
Ra-226	mBq/l	<10	-	53	25	<10	-	<10	-
Pb-210	mBq/l	<10	-	<10	-	<10	-	<10	-
Po-210	mBq/l	1,5	74	1,9	47	1,2	56	<1	-
Th-232	mBq/l	2,4	70	<1	-	<1	-	<1	-
Ra-228	mBq/l	<9	-	58	40	<10	-	<10	-
Th-228	mBq/l	2,5	73	2,4	53	1,9	72	2,2	69
Weitere Radionuklide									
H-3	Bq/l	<0,12	-	<0,12	-	7,4	21	2,5	22
H-3	TU	<1	-	<1	-	63	21	21	22
		Schacht C		Schacht D		Schacht E			
		Sickerwasser		Sickerwasser		Sickerwasser			
		Prüfergebnis	U[%]	Prüfergebnis	U[%]	Prüfergebnis	U[%]		
U-238	mBq/l	4,2	47	1,2	69	3	66		
U-234	mBq/l	4,6	44	1,9	54	2,1	79		
Th-230	mBq/l	<1	-	1,1	80	<1	-		
Ra-226	mBq/l	<8	-	<10	-	<8	-		
Pb-210	mBq/l	<10	-	<10	-	<10	-		
Po-210	mBq/l	<1	-	3	36	<1	-		
Th-232	mBq/l	<1	-	<1	-	<1	-		
Ra-228	mBq/l	<8	-	13	80	<8	-		
Th-228	mBq/l	1,1	84	2,2	56	<1	-		
Weitere Radionuklide									
H-3	Bq/l	9,3	21	2,6	22	0,49	30		
H-3	TU	79	21	22	22	4,2	30		

4 Bewertungsgrundlagen

4.1 Allgemeine Werte für Radionuklidkonzentrationen im Grundwasser

Die Untersuchung und Bewertung von (Grund-)Wasserkontaminationen durch Radionuklide im „normalen“, schwach mineralisierten Wasser müssen vor allem Radionuklide berücksichtigt werden, die zumindest als „gelegentlich löslich“ einzuschätzen sind. Unlösliche Radionuklide werden üblicherweise außer Acht gelassen. Nach Angaben in [2] sind das die Radionuklide der Elemente Thorium und Protaktinium (s. Abbildung 4-1).

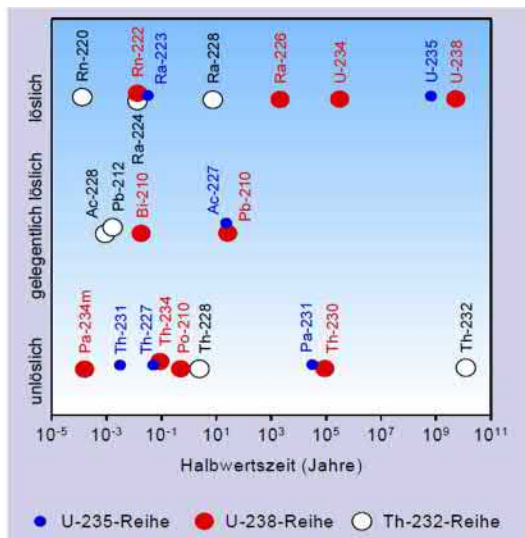


Abbildung 4-1: Löslichkeitsverhalten der natürlichen Radionuklide im Grundwasser (Bildquelle:[2]).

Aus Untersuchungen des BfS an Grund- und Trinkwässern in Deutschland [2] wurden für die wichtigsten natürlichen Radionuklide (außer K-40) die in Tabelle 4-1 aufgeführten Wertebereiche der Konzentrationen ermittelt. Ergänzend dazu zeigen die Daten des BfS, aber auch ältere Untersuchungsergebnisse, dass die Aktivitätskonzentrationen von U-234 als Folge des radioaktiven Rückstoßes in der Regel etwas höher als die von U-238 sind.

Ein in Relation zu anderen Radionukliden der natürlichen Zerfallsreihen in deutlich höheren Aktivitätskonzentrationen vorkommendes Radionuklid ist das Radonisotop Rn-222. Als Edelgas ist es im (kalten) Wasser gut löslich und von dem Rn-222, das im Matrixgestein von Grundwasserleitern durch radioaktiven Zerfall entsteht, werden häufig einige Prozent freigesetzt. Messwerte von Rn-222 werden daher meist in Bq/l angegeben.

Tabelle 4-1: Aktivitätskonzentrationen als Median- und 95. Perzentilwerte mit der Angabe der von/bis-Bereiche von 582 Trinkwässern aus 16 Bundesländern (Aus [2])

Radionuklid	Einheit	Min	Median	95. Perzentil	Max
Ra-226	(mBq/l)	< 0,8	5,6	41	350
Ra-228	(mBq/l)	< 0,7	4,6	26	120
U-238	(mBq/l)	< 0,7	3,2	100	320
Pb-210	(mBq/l)	< 0,6	2,3	24	250
Po-210	(mBq/l)	< 0,2	1,4	10	180
Rn-222	(Bq/l)	< 1,3	7,3	140	1800
Gesamt- α	(mBq/l)	< 13	28	380	970

Um für die überwiegend in pleistozänen Sanden ausgebildeten Grundwasserleiter in Norddeutschland Orientierungswerte der Radionuklid-Konzentrationen abzuschätzen, wurden aus den Angaben in [2] Daten von 20 Wasserwerken aus Niedersachsen¹ ausgewertet. In Tabelle 4-2 sind entsprechende Angaben zusammengestellt. Sie zeigen, dass vor allem beim U-238 und Rn-222 mit noch niedrigeren Konzentrationen gerechnet werden muss als die Medianwerte nach Tabelle 4-1 anzeigen.

Tabelle 4-2: Wertebereiche natürlicher Radionuklide im Grundwasser in sandigen Grundwasserleitern in Niedersachsen. (Daten aus [2])

	Ra-226 [mBq/l]	Ra-228 [mBq/l]	U-238 [mBq/l]	Pb-210 [mBq/l]	Po-210 [mBq/l]	Rn-222 [Bq/l]
Median	3,6	2,85	<1,25	2,05	1,15	4,1
Max	17	8,7	10	6,7	3,9	14

4.2 Tritium

Natürliches Tritium (H-3; T) bildet sich in der Stratosphäre durch Kernreaktionen (hauptsächlich Neutronenreaktionen mit Stickstoff), die durch die kosmische Höhenstrahlung ausgelöst werden. Beim Eintritt in die Atmosphäre bildet sich Tritium-Wasser HTO und auch tritiiertes Wasserstoffperoxid HTO₂ als Reaktionsprodukt mit Ozon (O₃). Als Maßzahlen für die Tritiumkonzentrationen werden neben der Aktivitätskonzentration in Bq/l auch Tritiumeinheiten (Tritium unit TU) verwendet. Eine TU ist definiert als Stoffmengenverhältnis vom H-3/H-1 = 10⁻¹⁸. Es gilt die Umrechnung 1 TU = 0,12 Bq/l.

Die natürliche Verteilung von Tritium wurde durch Kernwaffentests von Wasserstoffbomben vor allem Anfang der 1960er Jahre stark gestört. Es wurden erhebliche Mengen Tritium freigesetzt, die das natürliche Tritiuminventar um ein Vielfaches überstiegen und zu erheblichen Anstiegen der Tritiumkonzentration im

¹ Landkreise Emsland, Gifhorn, Diepholz, Nienburg, Region Hannover, Cuxhaven, Lüchow-Dannenberg, Lüneburg, Peine, Harburg, Vechta, Cloppenburg, Osnabrück, Oldenburg (Oldenburg), Braunschweig

Niederschlag führten. In den Jahren 1963 lag die Tritiumkonzentration im Niederschlagswasser in Deutschland über 200 Bq/l und erreichte Spitzenwerte von über 500 Bq/l.

Inzwischen ist das technologische Tritium der Kernwaffentests aus den frühen 1960er Jahren zu mehr als 90 % zerfallen. Durch Einmischen in die Ozeane ist das Restinventar weitgehend aus dem Wasserkreislauf entfernt, so dass in Deutschland die mittleren Tritiumkonzentrationen im Niederschlag inzwischen auf etwa 0,9 Bq/l und damit fast auf das natürliche Niveau von ca. 0,6 Bq/l (5 TU) abgefallen sind. Durch natürliche Prozesse zeigen die Tritiumkonzentrationen einen typischen Jahresgang mit einer Schwankungsbreite, die derzeit ca. 0,5 Bq/l bis 1,5 Bq/l umfasst (s. Abbildung 4-2).

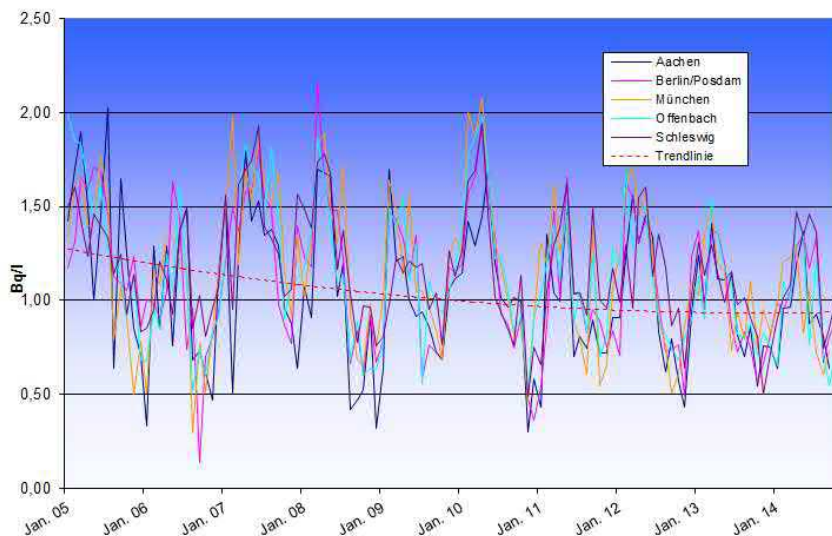


Abbildung 4-2: Tritium im Niederschlag von Messstationen in Deutschland. Messergebnisse Monatsproben DWD [3].

Unabhängig von den durch die Atommasse bedingten thermodynamischen Besonderheiten, die nur in sehr geringem Maße die Verteilung in der Umwelt beeinflussen, verhält sich Tritium im Wassermolekül wie ein Wasser. Für die Verteilung in der Umwelt sind die üblichen Prozesse des Wasserkreislaufs, wie Evaporation, Transpiration (bei Bewuchs), Kondensation, Niederschlag und Abfluss, Grundwasserneubildung wirksam. Außerdem kann es zu den für Wasser üblichen Übergängen in die Atmosphäre (vor allem als Wasserdampf) und in Biomasse kommen.

Eine Anreicherung von Tritium im Wasser, d.h. eine Zunahme des atomaren Verhältnisses T/H, findet durch Prozesse in der Natur nur in einem geringen Maße statt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Verteilung von natürlichen radioaktiven Stoffen in Gewässern und Sedimenten in Deutschland werden in Jahresberichten der Leitstellen des Bundes zur Umweltradioaktivität veröffentlicht. Angaben zu den Tritiumkonzentrationen in Deponiesickerwässern wurden in [4] ausgewertet. Die dabei ermittelten Median, Mittelwert und Maximalwerte sind in Abbildung 4-3 dargestellt. Sie zeigen, dass in Deponiesickerwässern generell mit deutlich über dem natürlichen Konzentrationsniveau liegenden Werten gerechnet werden muss.

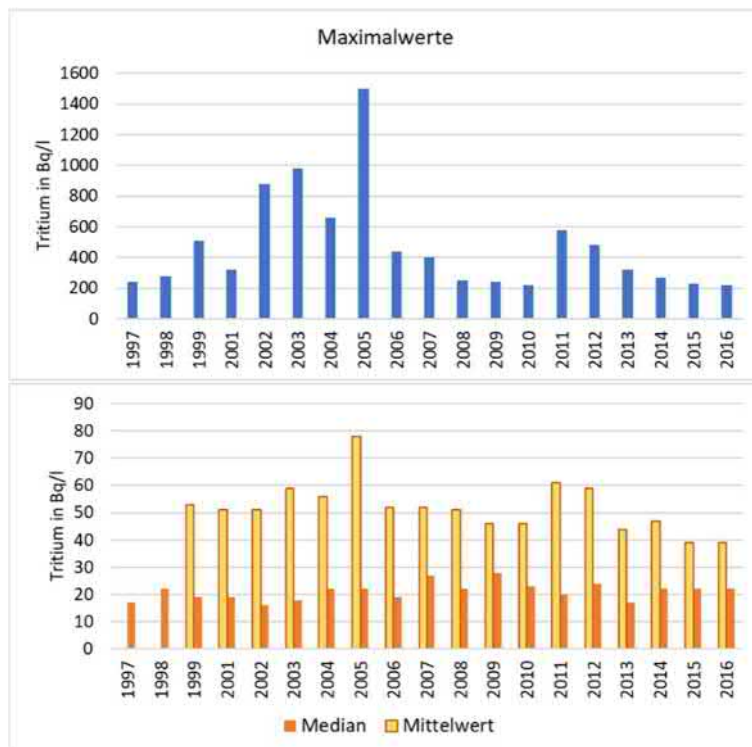


Abbildung 4-3: Tritium in Deponiesickerwässern in Deutschland (Aus [4])

4.3 Bewertungsmaßstab TrinkwV

Die TrinkwV fordert im § 7a, dass Trinkwasser keine Stoffe aufweisen darf, die ein oder mehrere Radionuklide enthalten, deren Aktivität oder Konzentration unter dem Gesichtspunkt des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden kann. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn die in Anlage 3a Teil I festgelegten Parameterwerte für radioaktive Stoffe (Tritium 100 Bq/l; Radon (Rn-222) 100 Bq/l, Richtdosis 0,1 mSv/a) nicht überschritten werden.

Nach § 14a TrinkwV sind Untersuchungen des Trinkwassers im Hinblick auf Radionuklide künstlichen Ursprungs in der Regel nicht erforderlich. Bei einer natürlichen Tritiumkonzentration im Niederschlag von ca. 1 Bq/l kann der Parameterwert für Tritium von 100 Bq/l nur durch technogenes („künstliches“) Tritium erreicht werden. Derartige Konzentrationen können aber in Deponien vorkommen und ein Eintrag von solchem Deponiesickerwasser in das Grundwasser wäre ggf. schädlich für das Schutzgut Grundwasser zu bewerten.

Zur Prüfung, ob der Parameter Richtdosis den Anforderungen genügt, enthält die TrinkwV Referenzwerte (C_{Ref}), die über eine Summenformel als Prüfkriterium verwendet werden können. Die Anforderung ist eingehalten, wenn die Summe $C_{Ref}/C_{Mess} \leq 1$ ist.

Tabelle 3: Referenzwerte zur Ermittlung der Richtdosis nach TrinkwV für alle relevanten natürlichen Radionuklide

	Ra-226	Ra-228	U-238	U-234	Pb-210	Po-210	
C_{Ref} (mBq/l)	500	200	3000	2800	200	100	

5 Bewertungen

Die folgenden Bewertungen erfolgen mit dem Ziel, zu prüfen,

- ob die vorliegenden Daten eine antropogene Beeinflussung des Wasser erkennen lassen und
- ob eine solche Beeinflussung nach Maßstäben des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden kann.

Die durchgeführten Messungen sind hinsichtlich der erfassten Parameter und der erreichten Nachweisgrenzen ausreichend, um Veränderungen in Bezug zu einem natürlichen Hintergrund zu erkennen und Messwerte, die signifikante Beiträge zu den Referenzwerten der Tabelle 3 liefern, erkennen zu können.

Bei folgenden Parametern liegen hinreichend vollständige Messdaten über der Nachweisgrenze vor, um daraus Medianwerte zu ermitteln:

U-238: Median 4,2 mBq/l. Stimmt im Rahmen der natürlichen Variabilität sehr gut mit dem Medianwert nach Tabelle 4-1 von 3,2 mBq/l überein. Im Verhältnis zum Medianwert der sandigen Grundwasserleiter in Niedersachsen (Tabelle 4-2: < 1,25 mBq/l) ist der Wert etwas höher.

U-234: Median 4,6 mBq/l. Im Verhältnis zu U-238 als normal zu bewerten.

Po-210 Median 1,2 mBq/l. Stimmt im Rahmen der natürlichen Variabilität sehr gut mit dem Medianwert nach Tabelle 4-1 von 1,4 mBq/l und dem Medianwert der sandigen Grundwasserleiter in Niedersachsen (Tabelle 4-2: 1,15 mBq/l) überein.

Th-228 Median 2,2 mBq/l. In Anbetracht der relativ geringen Ra-228-Konzentrationen und in Relation zu den Konzentrationen der Uranisotope auffällig hoch. Zur Einordnung s. Ausführungen zu Thorium im Grundwasser weiter unten.

H-3 Median: 2,5 Bq/l. Als Medianwert ein deutlicher Hinweis auf technogenes Tritium.

Hinsichtlich der Frage, ob eine anthropogene Beeinflussung der einzelnen beprobten Wässer erkennbar ist, ist festzustellen:

- Beide untersuchte Grundwasser-Proben sind aufgrund der geringen T-Konzentrationen als „alt“ und daher als antropogen nicht oder nur gering beeinflusst einzuschätzen.
- Die Grundwasserprobe LS20 weist bei den Uranisotopen deutliche Abweichungen vom Medianwert (mehr als das 3-fache) auf. In diesem Wasser sind auch die Radiumisotope Ra-226, Ra-228 messbar und damit höher als bei den sonstigen untersuchten Wässern. Als Ursache des

Messbefundes ist eine im Vergleich zu Probe LS4 höhere, geogene Mineralisation des Wassers zu vermuten.

- Die untersuchten Sickerwasser weisen hinsichtlich der Radionuklide U-238, U-234 geringere Konzentrationen als die beiden Grundwasserproben auf. Auch bei den anderen untersuchten Radionukliden außer beim Tritium sind Hinweise auf antropogene Kontaminationen nicht erkennbar. Die Messwerte der Thoriumisotope werden weiter unten noch genauer diskutiert.
- Die T-Konzentrationen der Sickerwässer (mit Ausnahme der von Probe Schacht E) sind teilweise sehr deutlich (Schacht A, Schacht C) teilweise geringer durch anthropogenes Tritium geprägt.

Hinsichtlich der Frage, wie die antropogene Beeinflussung der untersuchten Wässer nach Maßstäben des Strahlenschutzes zu bewerten ist, kann festgestellt werden:

- Alle Untersuchungsbefunde halten die Anforderungen der TrinkwV an Radiaktivität deutlich ein. Die festgestellte Radioaktivität kann nach Maßstäben des Strahlenschutzes außer Acht gelassen werden.

Ergänzend zu diesen Bewertungen ist festzustellen:

- Da Stofftransportprozesse im Grund- und Sickerwasser langsam ablaufen, kann gestützt auf eine einzelne Messung keine Aussage über zukünftige Entwicklungen getroffen werden. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass Konzentrationen der natürlichen Radionuklide U-238, U-234, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210 sich nicht isoliert von der allgemeinen Hydrochemie des Wasser verändern und bei hinreichender Kenntnis von Zeitreihen anderer Parameter auch zu den Radionuklidkonzentrationen Aussagen möglich sind.
- Die in das Messprogramm aufgenommenen und mittels Alphaspektrometrie gemessenen Thoriumisotope Th-232, Th-230 und Th-228 gehören zu den als schlecht löslich bekannten Radionukliden. In [2] sind Erfahrungen zusammengefasst, die bei der Bestimmung der Thoriumisotope von 56 Wässern mit erhöhten Ra-228-Aktivitätskonzentrationen erhalten wurden. Die für Th-228 ermittelten Messwerte werden auf das in der Zeit zwischen Probenahme und Analysenbeginn aus dem Ra-228 nachgebildete Th-228 zurückgeführt. Als maximale, nicht auf eine Nachbildung zurückzuführende Th-228-Aktivitätskonzentration werden 6 mBq/l, beim Th-230 1,6 mBq/l und für Th-232 4 mBq/l genannt (wobei letzteres auch der einzige Messwert über der Nachweisgrenze war). Im vorliegenden Fall ist aufgrund der kurzen Zeit zwischen Probenahme und Messung und der geringen Ra-228-Konzentrationen ein Nachwachsen von Th-228 zur Erklärung der Messwerte nicht hinreichend. Daher ist unklar, warum in den untersuchten Wässern fast durchweg messbare Konzentrationen von Thoriumisotopen aufwiesen. Als eine mögliche Ursache sind Schwebstoffe zu vermuten, die bei der Probenahme nicht entfernt und bei der Analytik mit erfasst wurden.

6 Hinweise zur Planung weiterer Untersuchungen

Soweit im Rahmen weiterer Untersuchungen fortführende Untersuchungen bereits beprobter Messstellen oder ergänzende Untersuchungen an neuen Messstellen vorgenommen werden sollen, ergeben sich aus den bisherigen Kenntnissen folgende Hinweise:

- Die bisher erreichten Nachweisgrenzen der radioanalytischen Methoden sind ausreichend, um antropogene Beeinflussungen des Wassers durch die untersuchten Radionuklide zu erkennen.
- Von den bisher untersuchten Radionukliden sind nach den Angaben in Tabelle 3-1 nur U-238 und Th-232 mit massebezogenen Konzentrationen im Bereich von (unter) 1 µg/l als chemisch messbare Stoffe vorhanden. Die langlebigen Radionuklide U-234 und Th-230 können ggf. mittels ICP-MS gemessen werden. Die aus Strahlenschutzsicht relevantesten Radionuklide Ra-228, Ra-226, Pb-210 und Po-210 kommen nur in solchen geringen Stoffmengen vor, dass sie selbst mit ICP-MS nicht erfasst werden. Sie können nach Stand der Technik nur mit radioanalytischen Methoden in Grundwasser-Proben auf dem hier zu betrachtenden Konzentrationsniveau sicher gemessen werden.
- Eine Ergänzung des Messprogramms um das Radionuklid Rn-222 wird für entbehrlich gehalten, da es als eigener Indikator bei Sickerwasserbeprobungen vielfach nicht aussagefähig beprobt werden kann und es für die Beurteilung von Pb-210-Konzentrationen unter der Erkennungsgrenze auch nicht erforderlich ist, Zerfallseffekte zu berücksichtigen.
- Weitere Messungen vom Po-210 werden in Kenntnis der bisherigen Ergebnisse nicht für nötig erachtet. Wird allerdings Po-210 (Halbwertszeit 138 Tage) gemessen, dann sollte im Laborbericht das Bezugsdatum für die Ergebnisse angegeben werden.
- Trotz der antropogenen Herkunft von Tritium wird eine Ausweitung des Messprogramms auf andere künstliche Radionuklide nicht für nötig erachtet (sofern nicht unabhängige Hinweise auf mögliche Ablagerungen mit solchen Radionukliden vorliegen).
- Um ggf. schwebstoffgetragene Radionuklidkonzentrationen abzutrennen, sollten Schwebstoffe durch Filtration über 0,45 µm-Filter abgetrennt werden.
- Weitere Parameter, die zur Qualitätssicherung und als Basis für die Bewertung der Messergebnisse zu bestimmen sind, sind das radioaktive Kaliumisotop K-40 (kann gammaspektrometrisch ohne zusätzlichen Aufwand mit ausgewiesen werden) und die Milieuparameter Temperatur, Leitfähigkeit, pH, Eh (oder O₂).
- Die zur Radionuklidanalytik vorgesehenen Proben sollten (sofern das Labor keine abweichenden Vorgaben macht) mit konzentrierter HNO₃ angesäuert und möglichst umgehend an das Analyselabor geliefert werden.

7 Literatur

- [1] AHU BERICHT: Gefährdungsabschätzung Verfüllung Mühlenberg, Schermbeck-Hünxe. Datum: 1. Dezember 2015. Aktenzeichen NOTT / 15159
- [2] M. Beyermann, T. Bünger, K. Gehrcke, D. Obrikat: Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland. BfS-SW-06/09. URN: urn:nbn:de:0221-20100319945
- [3] Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Überwachung Radioaktivität - Messnetz und Messgeräte“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/derdwd/messnetz/radioaktivitaet/functions/teasergroup/messnetz_messgerate_teaser4.html. [Abgerufen am 07.06.2021]
- [4] R. Gellermann: Tritium in Deponiesickerwässern. Strahlenschutzpraxis H2/2019 S. 18-21

Dokumentation 5.1:
Handmessungen im Randgraben während der
Ermittlung der Ruhewasserspiegel
(1 Seite)

Datum	Messpunkt 1				Messpunkt 2				Messpunkt 3			
	pH-Wert	Lf (µs/cm]	Temp (°C)	Bemerkung	pH-Wert	Lf (µs/cm]	Temp (°C)	Bemerkung	pH-Wert	Lf (µs/cm]	Temp (°C)	Bemerkung
23.03.2022 10:30	8,9	1720	14,2	stehend	7	2000	14,6	stehend	7	2300	12,8	stehend
24.03.2022 16:00	9,2	1770	19,5	stehend	9,1	1850	16	stehend	7,5	2200	15	stehend
25.03.2022 16:00	8,2	1748	17,6	stehend	7,5	1850	15,6	stehend	8,16	1748	17,7	stehend
28.03.2022 16:15	9,2	1750	17,3	stehend	6,8	2130	17,3	stehend	7,8	1707	18,8	stehend
29.03.2022 14:40	9,5	1750	13	stehend	7,2	2280	11,6	stehend	7,3	1720	12,6	stehend
30.03.2022 15:30	9,4	1760	15,7	stehend	7,2	2250	14,8	stehend	7,6	1650	15	stehend
31.03.2022 15:15	9,6	1720	10	stehend	7,5	2170	9,1	stehend	7,2	1750	9,5	stehend
01.04.2022 15:00	9,3	1670	7	stehend	7,2	2220	6,3	stehend	7,1	1790	7,5	stehend
04.04.2022 10:00	9,4	1730	6	stehend	7,1	2200	4,5	stehend	7,2	1875	4,6	stehend
05.04.2022 12:00	7,4	1880	9,5	nach Regen	7	1760	10,9	nach Regen	7,4	1850	9,2	nach Regen
06.04.2022 16:00	7,6	2260	10,7	nach Regen	7,1	1960	10,8	nach Regen	7,4	2170	9,7	nach Regen
07.04.2022 16:15	8,3	1980	11	nach Regen	7,2	1660	11,4	nach Regen	7,8	1880	10,2	nach Regen
08.04.2022 15:20	7,6	2200	11,3		7,2	1860	11,2		7,6	2100	10,2	
11.04.2022 14:15	8,1	2300	18,5	stehend	7,3	2000	17,1	stehend	7,2	2200	13,2	stehend
12.04.2022 16:15	8,3	2240	20,7	stehend	7,3	2000	17	stehend	7,2	2100	15,8	stehend
14.04.2022 14:45	8,4	1940	21,3	stehend	7,3	2000	21,2	stehend	7,2	2000	20	stehend
19.04.2022 14:30	9,1	1610	21,1	stehend	7,4	2000	19	stehend	7,3	1960	21,8	stehend
20.04.2022 16:15	9,2	1630	23,4	stehend	7,4	2100	18,7	stehend	7,5	1980	21,9	stehend
22.04.2022 12:00	9,1	1650	13,4	stehend	7,2	2200	12,8	stehend	6,9	1990	14	stehend
25.04.2022 12:30	7,9	1530	10,2	Regen	7,2	1940	10,6	Regen	7,1	1870	10,4	Regen
26.04.2022 12:00	8,6	1610	13,8	stehend	7,3	2200	14,2	stehend	6,9	1950	15,2	stehend
27.04.2022 14:00	8,8	1690	21,4	stehend	7,4	2000	21,3	stehend	7,1	1870	21,2	stehend
28.04.2022 13:15	8,3	1680	19,3	stehend	7,3	2150	18,5	stehend	7,5	1820	22,5	stehend
29.04.2022 13:50	8,7	1700	17	stehend	7,4	2150	16,5	stehend	7,4	1815	18	stehend
02.05.2022 13:00	8,3	1750	19,3	stehend	7,3	2000	18,9	stehend	7,6	1740	24,2	stehend
03.05.2022 12:50	7,9	1770	17,9	stehend	7,3	2050	18,5	stehend	7,6	1730	24	stehend
04.05.2022 13:00	7,7	1770	17	stehend	7,4	2000	20	stehend	7,5	1610	25,2	stehend

Dokumentation 5.2:
Gangliniendarstellung zur gegenseitigen
Beeinflussung der Schachtbauwerke
(2 Seiten)

