

..... Anlage zum Bescheid der
Bezirksregierung Düsseldorf
vom: 19.12.1996 Az.: 57.2.7.02-25 -
8/82



Hydrogeologische Bewertung des Tontagebaus Idunahall im Forstort Mühlenberg, Hünxe

September 1995

Auftragnehmer:

Siedek und Kügler
Im Teelbruch 61
45219 Essen

Auftragnehmer:

Nottenkämper oHG
Vogesenstr. 30
46119 Oberhausen

Bearb.-Nr.: 94.12.41



Inhaltsverzeichnis

- 1.0** **Vorbemerkungen**
- 2.0** **Geologischer Überblick**
- 3.0** **Hydrologie und Hydrogeologie**
 - 3.1 Oberirdische Gewässer
 - 3.2 Grundwasser
 - 3.3 Chemismus
- 4.0** **Hydrogeologische Situation der Tongrube Idunahall**
 - 4.1 Beschreibung der Abgrabung
 - 4.2 Pegelmessung des Hauptgrundwasserstockwerkes
 - 4.3 Felduntersuchungen der Gebirgsdurchlässigkeit
 - 4.4 Standsicherheit der Böschungen
- 5.0** **Hinweise zur hydraulischen Sicherung und Nutzung der Grube Idunahall**
- 6.0** **Zusammenfassende Bewertung**



Verzeichnis der Abbildungen

- Tab. 1 Stratigraphie mit Gliederung der Lintforter Schichten nach Jessberger (1994)
- Tab. 2 Durchlässigkeit nach Büro Düllmann (1991)
- Tab. 3 Gebirgsdurchlässigkeit Tongrube Idunahall nach Siedek und Kügler (1995)
- Tab. 4 Übersicht über die Korngrößenverteilung in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe (Siedek und Kügler 1995)

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1 Schichthöhenkarte; Schichtgrenzenverlauf Walsumer Meeressande / Ratinger Schichten
- Anlage 2 Lageplan
- Anlage 3 Geologische Systemskizze
- Anlage 4.1 Jahresprotokolle Grundwasserstandskontrolle Pegel K01619 (RWW)
- Anlage 4.2 Jahresprotokolle Grundwasserstandskontrolle Pegel K01702 (RWW)
- Anlage 5.1 Lageplan Feldversuche
- Anlage 5.2 Bohrprofile
- Anlage 5.3-9 Protokolle Feldversuche

Verwendete Unterlagen

/1/ Ing.-Büro Prof. Jessberger + Partner:

Bodenphysikalische und -mechanische Untersuchungen der Bodenschichten aus der Tongrube Idunahall der Firma Nottenkämper oHG, 29.08.1994

/2/ Geotechnisches Büro Prof. Düllmann:

Standortbeurteilung und Gefährdungsabschätzung der Zentraldeponie Hünxe Schermbeck, Januar 1991



1.0 Vorbemerkungen

Die Fa. Nottenkämper oHG unterhält einen Tontagebau im Gebiet der Gemeinde Hünxe-Schermbeck, Gemarkung Gahlen. Abgebaut werden Tone der Lintforter Schichten, die zur Herstellung von mineralischen Abdichtungen verwendet werden. Die Austonung reicht bis ca. 15,0 m unter O.K. Gelände, bis zur Höhenkote 35,0 mNN.

Nach der Austonung waren oberhalb des Grundwasserspiegels zur sofortigen Verfüllung und zur Rekultivierung Materialien vorgesehen, die hinsichtlich den analytischen Inhaltsstoffen denen der Deponieklasse 2 NRW entsprachen. Die Genehmigung zur Verfüllung wurde 1983 erteilt. Der Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen war aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Situation gegeben.

Zur Beurteilung des Untergrundes stehen Ergebnisse von bodenmechanischen Feld- und Laboruntersuchungen aus dem westlichen Teil des Tontagebaues Idunahall zur Verfügung, die vom Ing. Büros Prof. Jessberger + Partner, Bochum 1994 (/1/) vorgelegt wurden.

Für die südlich an das Untersuchungsgebiet angrenzende, tiefer liegende Zentraldeponie Hünxe (Sonderabfalldeponie, AGR mbH) wurden weitreichende hydrologische Untersuchungen durch das geotechnische Büro Prof. Düllmann, Aachen, 1991 (/2/) durchgeführt.

Dieses Gutachten sagt aus, daß in diesem Gebiet zwei getrennte Grundwasserstockwerke existieren. Hierbei handelt es sich um das quartäre Grundwasserstockwerk, das ca. 3,0 m unter Gelände mit dem Gelände abfallend vorkommt. Bei dem zweiten Grundwasserstockwerk (Hauptgrundwasserstockwerk) handelt es sich um das Druckwasser der Walsumer Meeressande. Weiterhin wurde ausgesagt, daß im Nachbarbereich, der Zentraldeponie Hünxe, auch die Lintforter Schichten aufgrund eingelagerter Sandschichten wasserführend sind. Dieses Grundwasserzwischenstockwerk soll sich im hydraulischen Verhalten deutlich von den vorhergenannten Grundwasserstockwerken unterscheiden und insbesondere nur gering ergiebig sein.



Von der Bezirksregierung Düsseldorf bestehen neuerdings gravierende Bedenken gegen die Verfüllung der Austonungsflächen der Tongrube Idunahall mit Material entsprechend den Anforderungen der Deponieklasse 2 NRW in der 1983 genehmigten Form.

Die Bezirksregierung Düsseldorf geht davon aus, daß die Tongrube Idunahall 3,0 bis 4,0 m im Grundwasser liegt. Begründet wird die Annahme mit den Aussagen des geotechnischen Büros Prof. Düllmann zur Zentraldeponie Hünxe (/2/), die auch für die Tongrube Idunahall gelten sollen, und der Stellungnahme des StUA Duisburg vom 4.11.94. Das StUA Duisburg beruft sich in seiner Stellungnahme auf Wasserstandsmessungen an der Grundwassermeßstelle 053005983 des Landesgrundwasserdienstes, wo für den Zeitraum von 1984 bis 1985 erhöhte Wasserstände bis max. 38,21 mNN angegeben werden. Diese Aussagen widersprechen einem älteren hydrologischem Gutachten des StAWA Lippstadt, das seinerzeit hierfür zuständig war. Unterlagen hierüber liegen aber bis heute nicht vor.

Aufgrund der neuen Sichtweise der hydrogeologischen Verhältnisse, die sich auf indirekte Aussagen stützt, wurde die weitere Verfüllung der Tongrube Idunahall mit Boden und Bauschutt, die der NRW-Deponieklasse 2 entsprechen, untersagt.

Gegen diese indirekten Annahmen zur Grundwassersituation stehen die direkten Befunde in der Grube.

- Durch Schürfungen von der Tongrubensohle aus bis in 4,0 m Tiefe konnten kurzfristig und langfristig keine Wasseraustritte beobachtet werden.
- Die unter 60 bis 70° abgeschachteten Tonböschungen bis zu einer Höhe von 15,0 m sind über viele Jahre standsicher. Die oberflächennahen Ausbrüche, wie sie nur örtlich zu beobachten sind, sind auf Erosionen zurückzuführen.



- Desweiteren liegen Untersuchungen vom Ingenieurbüro Prof. Jessberger + Partner (/1/) vor, die anhand von Eignungsprüfungen in groß angelegten Schürfen bis 18,50 m Tiefe entsprechend einer Höhenkote von ca. 30 mNN kein Wasser und auch keine Sandeinlagerungen im Ton festgestellt haben. Neben der konstant geringen Durchlässigkeit des Materials von $k = < 1 \times 10^{-10}$ wurde weiter festgestellt, daß die Wassergehalte im Ton mit zunehmender Tiefe abnehmen. Die Wassergehalte liegen unmittelbar unter den Quartärschichten bei $w = 26\%$ und nehmen bis in 18,0 m Tiefe auf $w = \leq 20\%$ ab. Unmittelbar unter dem Quartär sind demnach, aufgrund der hohen Lagerungsdichten der Tone, die Schichten nahezu wassergesättigt. Die Wassergehaltsabnahme zur Tiefe hin läßt sich nicht erklären, wenn von einer Unterwasserlagerung ausgegangen werden soll.
- Gutachten des StAWA Lippstadt zur Tongrube Idunahall

Hieraus ergibt sich bereits aus bautechnischen Gründen und den direkten Untersuchungsbefunden, daß die Tongrube keinen direkten Grundwasserkontakt besitzt bzw. kein am Grundwasserkreislauf teilnehmendes Wasser vorliegt.

Bei einem Erörterungstermin bei der Bezirksregierung Düsseldorf vom 28.04.1995 wurde vom Ingenieurbüro Siedek und Kügler dargelegt, daß in der Tongrube Idunahall andere Wasserverhältnisse, als in /2/ für die Zentraldeponie Hünxe beschrieben, vorherrschen und der Tongrube kein Grundwasser zuströmt.

Aufgrund der sich widersprechenden Aussagen zu der hydrogeologischen Situation hat die Bezirksregierung Düsseldorf eine wissenschaftlich belegte Aussage über die spezielle Grundwassersituation bezogen auf die Tongrube Idunahall gefordert. Zusätzlich sollte auch die Gebirgsdurchlässigkeit innerhalb der Tongrube nachgewiesen werden.

Das Ingenieurbüro Siedek und Kügler wurde von der Fa. Nottenkämper oHG beauftragt, die vorgelegten hydrogeologischen Gutachten in Bezug auf die Tongrube Idunahall wissenschaftlich auszuwerten, die Grundwassersituation im Bereich der Tongrube Idunahall festzustellen, die Unterschiede zu dem tiefergelegenen Gelände der ZD Hünxe aufzuzeigen und zusätzlich die Gebirgsdurchlässigkeiten in der Tongrube Idunahall in allen Höhenbereichen zu untersuchen und diese Untersuchungen mit dem StUA Duisburg abzustimmen.



2.0 Geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt am Ostrand der Niederrheinischen Bucht in der Verlängerung des Dorstener Sattels nach Südwesten. Die Niederrheinische Bucht ist charakterisiert durch tertiäre Ablagerungen mit großer Mächtigkeit, die hier in der Randlage stark abnehmen.

Vorherrschend kommen in diesem Gebiet tonige Meeresablagerungen vor, die mit sandigen Schüttungen wechseln können. Der geologische Aufbau im engeren Untersuchungsgebiet ist in Tab. 1 angegeben.

Morphologisch liegt die Tongrube Idunahall an einem Hochpunkt, dem Mühlenberg. Nach Norden und Süden fällt das Gelände ein, d.h. der Tontagebau liegt auf einem sich Ost-West erstreckenden Höhenzug mit Höhen um 50 mNN.

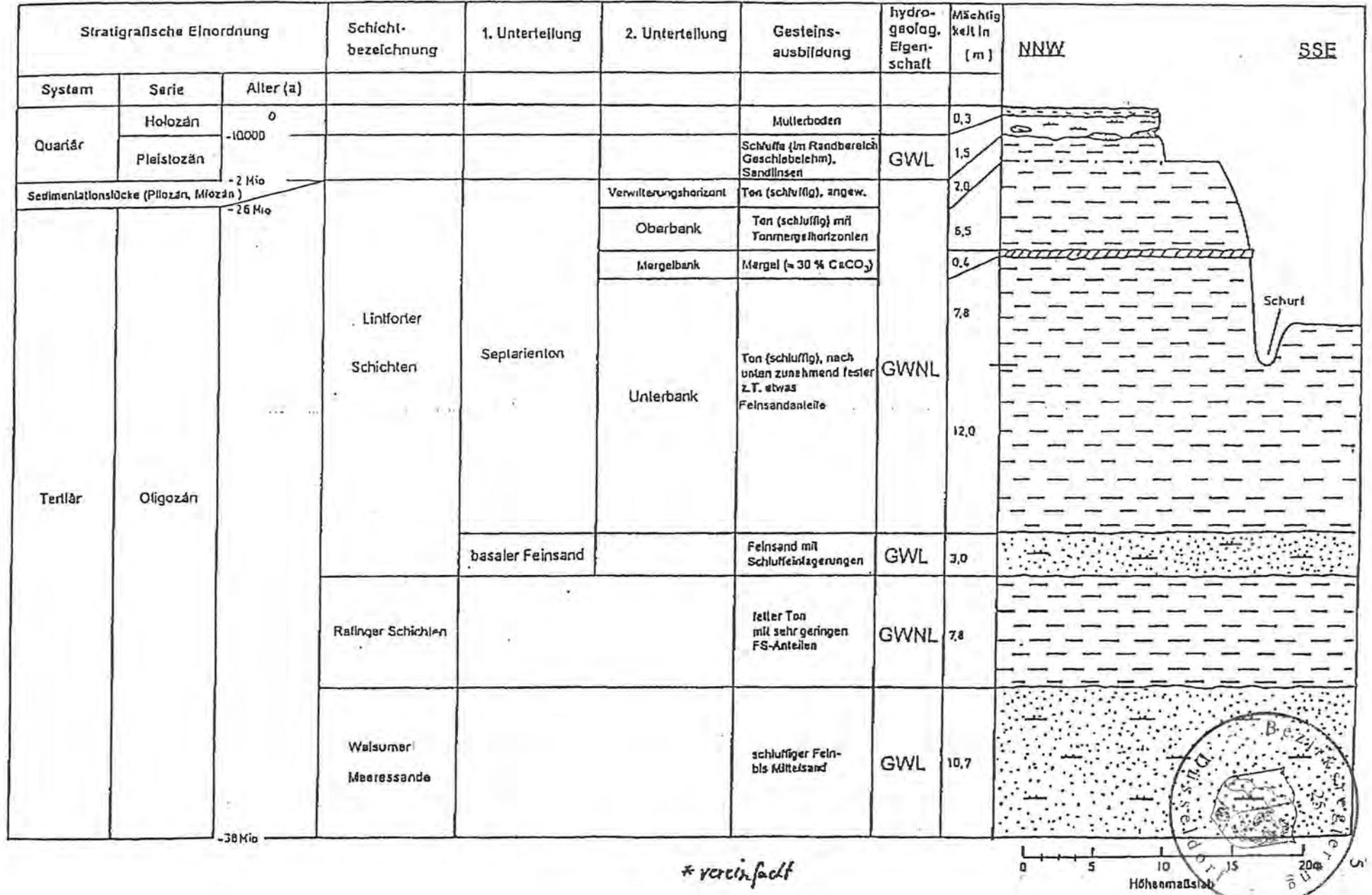
Die quartären Ablagerungen sind geprägt durch den Vorstoß des Inlandeises an den Niederrhein. Vor allem sind dies Geschiebelehne als verwitterte Überreste der Gletschergrundmoräne unter Flugsandablagerungen (Löß, sandiger Schluff).

Maßgebend für die Fragestellung der Untergrunddurchlässigkeit sind die Tone des Tertiärs. Über den kreidezeitlichen Ablagerungen stehen Schichten des frühen Oligozäns an, ältere Schichten aus dem Paleozän und dem Eozän fehlen. Sie beginnen mit den Walsumer Schichten (Feinsand), in denen beim Vorstoß der Nordsee am Niederrhein Meeressande abgelagert wurden. Anschließend änderten sich die Sedimentationsbedingungen grundlegend und es wurden in der Folgezeit stark tonige Schichten abgelagert. Diese Sedimente liegen als Ratinger Ton (homogener schluffiger Ton) und untere Lintforter Schichten (toniger Schluff mit wechselnden Ton- und Feinsandgehalten) über den Walsumer Meeressanden. Hier kommen auch großflächig tonige Schluffe ohne Feinsandeinlagerungen vor.

Die tertiären Schichten liegen diskordant auf den Kreidesedimenten. Die Basis des Tertiärs fällt gleichförmig mit etwa 1,6 % nach Westen ein. Die Mächtigkeit der Walsumer Meeressande im Liegenden beträgt ca. 15 m, die der Ratinger Tone 7,8 - 8,8 m. Durch die Schrägstellung der tertiären Schichten nach Ablagerung und anschließender Erosion der oberflächennahen Lintforter Schichten ergibt sich für diese eine wechselnde Gesamtmächtigkeit zwischen ca. 16 m und 37 m.

GEOLOGISCHES MODELL* TONGRUBE NOTTENKÄMPER

Tab. 1: Stratigraphie mit Gliederung der Lintforter Schichten nach Jessberger (1994) mit Eintragung der Sohlhöhe im aktuellen Abbaufeld





In der östlich der Tongrube Idunahall gelegenen Bohrung KB4 wurde ein Höhenversatz der Schichtgrenzen angetroffen, der durch eine tektonische Störung erklärt wird. Diese Störung soll den Charakter einer Aufschiebung und eine Sprunghöhe von ca. 20 m haben. Der Verlauf der Störungszone wird entsprechend den vorherrschenden Grabenstrukturen (Hünxer Graben, Bislicher Graben usw.) mit Nordwest-Südost angegeben. Durch die Aufschiebung soll die Mächtigkeit der Lintforter Schichten östlich der Störung um den Versatz erhöht sein. Die Mächtigkeit der Schichten im Liegenden ist unverändert.

Der Abstand der Störung zur Tongrube Idunahall beträgt mehrere 100 m, direkte Auswirkungen auf die Tongrube ergeben sich nicht (siehe Eintragung im Übersichtslageplan, *Anlage 2*)

Nach den Profildarstellungen in /2/ und insbesondere den Darstellungen der Tiefenlage der Ratinger Schichten und der Walsumer Meeressande zeigt sich eindeutig, daß beide Schichten nach Westen geneigt sind bzw. im Osten an der Aufschiebung relativ nach oben geschoben wurden. Großflächig treten die Walsumer Meeressande im Norden der Tongrube im Bereich der Lippe an der Oberfläche in Höhe der Koten 33,0/35,0 mNN aus.

Während die Oberfläche der Walsumer Meeressande eine gleichförmig geneigte Ebene darstellt, ist in der Oberfläche der Ratinger Tone nach /2/ eine Ost-West verlaufende Rinne vorhanden. Die Rinne quert das Gebiet der Zentraldeponie Hünxe, d.h. die Tongrube Idunahall liegt auf dem erhöhten nördlichen Rand. Da Tone nur bei geringer Strömung und eben abgelagert werden, ist die Entstehung der Rinne auf Erosionen zurückzuführen. Strömungsbedingt wird in derartigen Rinnen nachfolgend bevorzugt gröberes Material abgelagert. Allein hieraus erklären sich die Unterschiede der nebeneinanderliegenden Bodenformationen (siehe *Anlage 1*, Auswertung Schichtgrenzhöhen der Ratinger Schichten und Walsumer Meeressande).

Beim Bohren durch das Büro Prof. Düllmann im Bereich der Zentraldeponie Hünxe wurde ein höherer Feinsandanteil an der Basis der Lintforter Schichten angetroffen.

Dieser wird in /2/, S. 20 "als durchgehender Feinsandhorizont mit schluffigen Einlagerungen" mit einer Gesamtmächtigkeit der Wechselfolge zwischen 0,85 m (T2) und 7,30 m (KB7) beschrieben.



Die Mächtigkeit der Feinsandeinlagerungen wird mit maximal 4,0 m angegeben. Es kann davon ausgegangen werden, daß die basale Feinsandschicht bevorzugt in Rinnenbereichen vorkommt bzw. hier ihre größte Mächtigkeit erreicht. Hierfür spricht, daß in der nordöstlich der Rinne gelegenen Bohrung KB1, südöstlich der Tongrube Idunahall, kein basaler Feinsand mehr vorgefunden wurde.

Nach den Untersuchungen in /2/ nimmt der Feinsandanteil von Norden nach Süden zu, d.h. der Feinsandanteil ist auf der der Tongrube Idunahall zugewandten Seite am geringsten.

Die Lintforter Schichten oberhalb des basalen Feinsandes entsprechen der Korngröße nach einem Schluff mit tonigen und feinsandigen Anteilen. Eingeschaltet sind tonige Zwischenlagen, die sich horizontbeständig über mehrere Bohrungen mit wechselnden Mächtigkeiten verfolgen lassen. Dagegen treten Feinsandlagen nur vereinzelt und geringmächtig in verschiedenen Tiefen in einzelnen Bohrungen auf.

Die Darstellung der Bohrerergebnisse der Lintforter Schichten weisen darauf hin, daß im Gegensatz zu den tonigen Zwischenlagen Feinsand nur in kleinen lokal begrenzten Linsen vorkommt, wie dies auch schon im Schichtenprofil des Büros Prof. Jessberger (/1/) dargestellt ist.

Die genauere wissenschaftliche Auswertung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zeigt übereinstimmend, daß durch die unterschiedliche Tiefenlage der Grenzfläche Walsumer Meeresande/Ratinger Schichten (Rinne) und der sich daraus ergebenden Unterschiede bei der Ablagerung der Lintforter Schichten sich völlig unterschiedliche Formationen auf dem Gebiet der Tongrube Idunahall gegenüber dem Nachbargebiet Zentraldeponie Hünxe ergeben. Dieses zeigt sich auch sehr deutlich durch geologische Aufnahme der angeschnittenen Böschungen der Tongrube Idunahall bis 35 mNN.



Die Bohrungen von /2/ an der Südseite der Tongrube Idunahall zeigen folgende Tiefenlagen für die Lintforter Schichten:

KB1 (Südostseite):	UK ca. 21 mNN bis OK ca. 47,5 mNN;	Mächtigkeit 26,5 m
T4 (Südseite):	ca. UK 18,5 mNN bis OK ca. 46 mNN;	Mächtigkeit 27,5 m
T9 (Südwestseite):	UK 15,5 mNN bis ca. OK 45,5 mNN;	Mächtigkeit 30 m
KB8 (Westseite):	UK 14,5 mNN bis OK ca. 44,5 mNN;	Mächtigkeit 30 m

Die Lage der Bohrungen ist der **Anlage 2** zu entnehmen.

Die Austonung der Grube bis zur Höhenkote 35 mNN liegt im oberen Bereich der Lintforter Schichten.

3.0 Hydrologie und Hydrogeologie

3.1 Oberirdische Gewässer

Entsprechend der morphologischen Ausbildung wird das auf dem Mühlenberg (Tongrube Idunahall) anfallende Oberflächenwasser vorzugsweise in nördliche und südliche Richtung abgeleitet. Oberirdische Fließgewässer sind der *Steinbach* im Norden und der *Gartroper Mühlenbach* im Süden bzw. Südwesten, die aber aufgrund der Entfernung zur Tongrube Idunahall keine direkte Funktion als Vorfluter haben. Zudem liegt zwischen dem Untersuchungsgebiet und dem *Gartroper Mühlenbach* die Zentraldeponie Hünxe. Die Funktion der Vorflut auf dem Mühlenberg übernehmen hauptsächlich Entwässerungsgräben im Forstbereich und an Straßenrändern (siehe **Anlage 2**, Übersichtsplan).

In einer Entfernung von mehreren 100 m kommen in den tieferliegenden Bereichen sowohl im Nordosten als auch im Süden große ausgetonte und wassererfüllte Tagebaurestlöcher vor, die keine Verbindung zur Tongrube haben. Der größte Teich, östlich neben der Zentraldeponie Hünxe gelegen, hat eine Wasserstandshöhe von ca. 33 mNN. Eine Beeinflussung der in der Umgebung der Zentraldeponie Hünxe befindlichen Bohrungen bzw. Grundwassermeßstellen und Tieferschachtungen durch Uferfiltration kann dagegen nicht ausgeschlossen werden.

Eine Einwirkung auf die Tongrube Idunahall ist durch die Entfernung und die Höhenlage des Teichwasserspiegels auszuschließen.



3.2 Grundwasser

Großflächig liegen im Untergrund des gesamten Gebietes zwei voneinander getrennte Grundwasserstockwerke vor. Das **erste Grundwasserstockwerk** bilden die **quartären Flugsande (Löß, sandiger Schluff) und Geschiebelehme** aus. Das Einzugsgebiet ist durch die relative Höhenlage klein und umfaßt weitgehend den Bereich der Tongrube. Da durch die Abschachtung die quartären Schichten großflächig abgetragen sind, fällt der überwiegende Teil des Niederschlagswassers als Tagwasser in der Grube an, wo er in Pumpensämpfen gefaßt und in die Vorflutgräben abgeleitet wird.

Auf dem Mühlenberg ist daher die Grundwasserneubildungsrate und die Ergiebigkeit des verbleibenden Grundwasserleiters sehr gering. Die Grundwassersohlfäche wird durch die Oberfläche der tertiären Schichten, hier der tonigen Schluffe der Lintforter Schichten (ca. 44,5/47,5 mNN), gebildet.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Fließrichtung des Grundwassers hat die Oberflächenneigung der unterlagernden, abdichtenden Lintforter Schichten, wodurch die Fließrichtung weitgehend der Morphologie folgt. In den angrenzenden Bereichen unterhalb des Mühlenbergs steigen daher das Wasservorkommen und die Ergiebigkeit im quartären Wasserleiter. Zusätzlich können fazielle Unterschiede durch schwankende Sandanteile innerhalb des Quartärs lokale Wechsel in Fließrichtung und Gefälle bewirken.

Das **Hauptgrundwasserstockwerk** bilden die **Walsumer Meeressande** an der Tertiärbasis. Großräumig tritt diese Schicht weit entfernt im Norden an der Oberfläche aus bzw. liegt dort direkt unter einer geringmächtigen Quartärüberdeckung. Nach Süden tauchen die Walsumer Meeressande gleichförmig in den Untergrund ab. Das Gebiet der Grundwasserneubildung liegt damit weit außerhalb des Untersuchungsgebietes.

Am Mühlenberg liegt die Oberkante des Grundwasserleiters nach /2/ mit ca. 10,0 mNN (KB1) bzw. 7,0 mNN (KB8) unterhalb des Liefergebietes, das Grundwasser ist gespannt. Die Ratinger Tone und die tonig schluffigen Lintforter Schichten im Hangenden dichten den Grundwasserleiter nach oben ab. Die Standrohrspiegelhöhe, d.h. die theoretische Wasserspiegelhöhe, die sich ohne eine Abdichtung einstellen



würde, kann nur der Höhenlage des freien Grundwasserstandes im Liefergebiet abzüglich der Reibungsverluste entsprechen. Somit kann die Standrohrspiegelhöhe in den Walsumer Meeressanden nicht über den nördlich gelegenen Austrittsflächen dieser Sande an der Geländeoberfläche sein. Diese Austrittsflächen liegen nach Profildarstellungen in /2/ bei 33,0 bis ca. 35,0 mNN.

An der Südseite der Tongrube Idunahall sind die Meßstellen KB1n und KB9, an der Nordwestseite die Meßstelle KB8 im Hauptgrundwasserleiter (Walsumer Meeressande) verfiltert. In /2/ vorliegende Grundwasserganglinien für den Zeitraum September bis November 1990 zeigen Standrohrspiegelhöhen von ca. 31,8 mNN bei KB1n und KB9 und ca. 31,0 mNN bei KB8. Die Wasserspiegelhöhen entsprechen der angegebenen Fließrichtung nach Nordnordwest (Grundwassergleichenplan 14.11.1990, /2/). Dabei wurde eine jahreszeitlich bedingte Schwankungsbreite des Wasserstandes von ca. 1 m ermittelt (Beobachtungszeitraum Sept. 1986 bis Aug. 1989).

Bei Annahme eines Tiefstandes im Beobachtungszeitraum Herbst 1990 entspräche der **max. Höchststand der Standrohrspiegelhöhe für den Hauptgrundwasserleiter** am Südrand der Tongrube Idunahall ca. 32,8 mNN und im Nordwesten 32,0 mNN.

Das Geologische Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, gibt nach eigenen Archivunterlagen ebenfalls 32,0 mNN für die Höhe des Standrohrspiegels in den Walsumer Meeressanden an (Sohle der Tongrube Idunahall bei 35,0 mNN).

Die Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Mülheim, betreibt seit 1986 die Meßstelle K01619 ca. 50 m südöstlich der Tongrube Idunahall. Die Standrohrspiegelhöhe für den Hauptgrundwasserleiter schwankt im Gesamtmittel zwischen 32,48 mNN und 32,81 mNN, die höchste Druckhöhe wurde mit der Meßstelle K01619 bei 34,20 mNN im April 1994 gemessen. (vgl. Kap. 4.2)

Das erste Grundwasserstockwerk (Quartär) und das Hauptgrundwasserstockwerk (Walsumer Meeressande, Basis Tertiär) werden durch die Lintforter Schichten und die Ratinger Tone getrennt. Die **Ratinger Tone** stellen ebenso wie die tonig schluffigen Lintforter Schichten einen **Grundwassernichtleiter** dar, der das Hauptgrundwasserstockwerk nach oben absperrt.



In /2/ werden für die Lintforter Schichten im Bereich der Zentraldeponie Hünxe unterschiedliche Feinsandanteile und dadurch wechselnde Durchlässigkeiten in einzelnen Lagen angegeben. An der Basis wurden Feinsandschichten angetroffen. Aus den Bohrprofilen ist zu erkennen, daß die Sandgehalte in Richtung auf die Tongrube Idunahall abnehmen.

Die sandigen Schichten sind nicht horizontbeständig, die Mächtigkeiten variieren z.T. sehr stark bis zum völligen Fehlen einzelner Sandhorizonte innerhalb der Lintforter Schichten.

Auf der Grundlage von Feld- und Laborversuchen werden vom Büro Düllmann folgende Durchlässigkeitsbeiwerte angegeben:

Profilabschnitt	Gesteinsdurchlässigkeit	Gebirgsdurchlässigkeit
Geschiebelehm/Flugsand (Quartär)	$5,4 \cdot 10^{-4} - 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$	
Lintforter Schichten (Tertiär)	$1,4 \cdot 10^{-9} - 4,4 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}$ Mittelwert $1,8 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$	$7,0 \cdot 10^{-7} - 4,7 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$ Mittelwert $2,0 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ 1) Mittelwert $1-3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ 2)
Lintforter Schichten (Tertiär) Basaler Abschnitt		$2,6 \cdot 10^{-8} - 2,7 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ Mittelwert $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$
Ratinger Schichten	$7,2 \cdot 10^{-11} - 4,6 \cdot 10^{-12} \text{ m/s}$ Mittelwert $2,8 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$	$4,7 \cdot 10^{-10} - 1,4 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$ Mittelwert $1,7 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
Walsumer Schichten (Tertiär)	$6,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	

1) bei extrem hohen Wasserspiegellagen (schwebende Grundwasservorkommen, Annahme $H=1$) Mittelwert $1,9 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$.

2) horizontale Gebirgsdurchlässigkeit nach neueren Untersuchungen. Vertikale Durchlässigkeit mindestens eine Zehnerpotenz niedriger.

Tab.2: Durchlässigkeitsbeiwerte nach Büro Düllmann (1991)

Die hohe Gebirgsdurchlässigkeit der Lintforter Schichten kennzeichnet Schichten mit Sandeinlagerungen, die niedrige Gebirgsdurchlässigkeit, die homogene Ablagerung toniger Schichten, wie sie auch in der Grube Idunahall vorkommen.



Nach neueren Untersuchungen des Büros Düllmann sind innerhalb der Lintforter Schichten größere Wasserwegsamkeiten denkbar. Diese werden als **Zwischenstockwerk** bezeichnet und sind an Feinsandhorizonte im unteren Profilabschnitt gebunden. Gegenüber dem vorwiegend schluffig-tonigen oberen Abschnitt soll nach /2/ im unteren Abschnitt der mittlere Sandanteil 57,5% betragen (vgl. Kap. 4.3 Kornverteilungen Tongrube Idunahall).

Ein Vergleich der Teufen aller Bohrungen nach /2/ zeigt, daß dieses Zwischenstockwerk nahe der Liegendgrenze der Lintforter Schichten einzuordnen ist und damit der basalen Feinsandschicht zugeordnet werden kann.

Nach /2/ S. 51 *"weist der basale Feinsand keine signifikanten Durchlässigkeitsunterschiede gegenüber dem oberen Profilabschnitt auf"* der Lintforter Schichten aufweisen. Dem ist entgegen zu halten, daß hier nicht die rechnerischen Mittelwerte miteinander verglichen werden dürfen. Vielmehr ist es notwendig, die tatsächlich gemessenen unterschiedlichen Gebirgsdurchlässigkeiten mit Differenzen von 2 bis 3 Zehnerpotenzen zu werten. Grundsätzlich ist festzuhalten, daß auch das Büro Prof. Düllmann im Bereich der tonigeren Schluffschichten ($4,7 \times 10^{-10}$ m/s und $2,7 \times 10^{-9}$ m/s) und auch der schluffigeren basalen, wasserführenden Feinsandschichten ($1,6 \times 10^{-8}$ m/s) sehr niedrige Gebirgsdurchlässigkeiten ermittelt hat. Diese undurchlässigeren Schichten müssen als Grundwassernichtleiter angesehen werden. Hieraus allein ergibt sich, daß unter Berücksichtigung der Sandeinlagerung bei Gebirgsdurchlässigkeiten von 7×10^{-7} m/s innerhalb der Lintforter Schichten mit schwebendem Grundwasser bzw. Stauwasser gerechnet werden muß.

Da eine horizontbeständige Verbindung zwischen einzelnen Sandvorkommen in den Bohrprofilen nicht gegeben ist, muß von einem lokal begrenzten Vorkommen als Linsen ohne großflächige wasserwegsame Verbindungen ausgegangen werden. Hierfür spricht auch die eigene Beobachtung beim Bau der Kassetten der Zentraldeponie Hünxe, daß angeschnittene, wasserführende Sandhorizonte rasch entwässern und dauerhaft versiegen, d.h. die Ergiebigkeit durch die begrenzenden Schluffe und Tone sehr gering war. So war es möglich, die mineralische Abdichtung unterhalb derartiger Stauwasserhorizonte nach einmaligem Abpumpen des Stauwassers herzustellen.



Diese Feststellungen lassen bei makroskopischer Betrachtung der Tongrube Idunahall aufgrund der anstehenden homogenen, schluffigen Tonvorkommen mit geringer Durchlässigkeit den Schluß zu, daß im Umfeld der Grube kein am Grundwasserkreislauf teilnehmendes Wasser vorliegt.

3.3 Chemismus

An den in verschiedenen Tiefen eingerichteten Meßstellen, die nach /2/ die Walsumer Meeressande, die Lintforter Schichten und die quartären Schichten getrennt erfassen, wurden vom Büro Prof. Düllmann Wasserproben entnommen und chemisch untersucht. Die Analysenergebnisse wurden nur auf ihre Inhaltsstoffe hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit bewertet.

Beprobte wurden Flachbrunnen im Quartär (FB1N-FB9N), Brunnen mit Verfilterung in den Lintforter Schichten (T1-T10) und Brunnen im Hauptgrundwasserleiter (KB6-KB9), den Walsumer Meeressanden (/2/).

Durch eine weitergehende Auswertung durch Betrachtung der Ergebnisse sind trotz Konzentrationsschwankungen bei den Inhaltsstoffen einzelne Wässer voneinander zu unterscheiden.

Bei den **physikalischen Parametern** sind die Wassertemperatur und der Sauerstoffgehalt im Quartärwasser erwartungsgemäß hoch. Im Hauptgrundwasserleiter ist der Sauerstoffgehalt aufgrund der längeren Verweildauer entsprechend niedrig, die Wassertemperatur ist ausgeglichen und zeigt keinen Einfluß durch die Lufttemperatur. Die Proben aus den Lintforter Schichten sind dagegen uneinheitlich. Die Wässer aus T2, T3b, T6 und T8 haben gegenüber den übrigen Meßstellen in den Lintforter Schichten erhöhte Wassertemperaturen und Sauerstoffgehalte. Dies zeigt auch, daß hier kein zusammenhängendes Wasservorkommen vorliegt.

Die Konzentrationsverteilung an **anorganischen Stoffen** ermöglicht eine Zuordnung der einzelnen Wasserleiter. Beispielsweise ist der Magnesiumgehalt in den Grundwasserleitern (Quartär und Walsumer Meeressande) relativ niedrig und in den Lintforter Schichten erhöht. Eine Ausnahme bilden wiederum die Brunnen T3b und T6 mit niedrigen Gehalten ähnlich dem quartären Grundwasserleiter.



Vorbehaltlich einer eingehenden Untersuchung und weiteren Probenahmen lassen sich sowohl das quartäre als auch das tertiäre Grundwasser in den Walsumer Meeresanden von dem Wasser in den Lintforter Schichten durch analytische Bestimmung der Wasserinhaltsstoffe trennen.

Die Wasserproben aus den Lintforter Schichten zeigen Unterschiede hinsichtlich der gemessenen Inhaltsstoffe zwischen der basalen Feinsandschicht und dem darüberliegenden Schichtenprofil der Lintforter Schichten. Die Brunnen T3b und T6 sind oberhalb der basalen Schicht verfiltert und unterscheiden sich in den physikalischen und chemischen Parametern von den Pegeln T2 und T8, die das gesamte Profil der Lintforter Schichten erfassen.

Insgesamt sind im quartären und im Hauptgrundwasserleiter die Konzentrationen weitgehend ausgeglichen mit Ausnahme anthropogener und geogener Einflüsse an einigen quartären Proben (z.B. Sulfat, Chlorid, Hydrogenkarbonat). Die Proben aus den Lintforter Schichten oberhalb der basalen Feinsandschicht haben eine sehr viel höhere Schwankungsbreite. Demnach handelt es sich nicht um einen einheitlichen wasserführenden Horizont, sondern um lokale Wässer mit ähnlichem Chemismus. Zudem liegt der Verdacht nahe, daß bei durchgehender Verfilterung der Pegel innerhalb der Lintforter Schichten Mischwässer aus begrenzten schwebenden Grund- bzw. Stauwasservorkommen vorliegen.

Diese Feststellung ist von wesentlicher Bedeutung und zeigt, daß die hydrologische Auswertung wertvolle Hinweise für die Herkunft des Wassers innerhalb der Lintforter Schichten geben kann. Bei exakter Auswertung und Verfolgung dieser Probleme hätte erkannt werden können, daß die Lintforter Schichten nicht aus einem durchgehenden Grundwasserleiter bestehen, sondern daß nur schwebende Stauwasservorkommen vorliegen.

Die Feststellung, daß in der Grube Idunahall homogene Tonschichten angeschnitten sind, die eine geringe Durchlässigkeit besitzen, und die Beobachtung fehlender wasserführender Sandschichten hätte bei dieser Wertung zwangsläufig und frühzeitig den Vorwurf, daß die Grube Grundwasser anschneidet, was bei entsprechender Verfüllung eine Gefährdung des Grundwassers darstellen würde, entkräftet bzw. erst gar nicht aufkommen lassen.



In Übereinstimmung mit dem Büro Prof. Düllmann wird angenommen, daß Wasservorkommen in den Lintforter Schichten aus dem darüberliegenden quartären Grundwasserleiter gespeist werden, der seinerseits durch den Niederschlag gebildet wird. Das fehlende Grundwasserneubildungsgebiet für den quartären Grundwasserleiter der Tongrube Idunahall auf dem Mühlenberg und die Tagwasserhaltung ist eine weitere Erklärung, daß in der Tongrube Idunahall keine nennenswerten Wasservorkommen angeschachtet werden.

4.0 Hydrogeologische Situation der Tongrube Idunahall

4.1 Beschreibung der Abgrabung

Die Tongrube Idunahall liegt wie bereits eingangs beschrieben auf dem Mühlenberg, der aufgrund einer größeren Mächtigkeit der tonigen Schichten inselartig gegenüber der Umgebung erhöht ist. Der westliche Teil auf dem Top des Mühlenberges ist bereits ausgetont.

Der Abbau erfolgt z.Z. im östlichen Teilfeld der genehmigten Abbaufäche. Die Lage ist in der *Anlage 2* wiedergegeben. Abgebaut werden die tonigen Schluffe und schluffigen Tone innerhalb der Lintforter Schichten, die hier nach den in Kap. 2.0 angegebenen Bohrungen eine Mächtigkeit zwischen 26,5 m und 30,0 m aufweisen.

Die Sohlfläche liegt ca. 15 m unter GOK einschließlich der quartären Überdeckung, entsprechend einer Höhenkote von ca. 35 mNN. Eine tieferreichende Abgrabung liegt mit Ausnahme der Pumpensümpfe nicht vor.

Innerhalb der Tongrube wird Tagwasser aus Niederschlägen in Pumpensümpfen gefaßt und in die Vorflutgräben abgeleitet.

Die im Grenzbereich zur Tongrube gelegenen Bohrungen des Büros Prof. Düllmann KB1, T4, T9 und KB8 haben ebenfalls bis zur Austonungstiefe die Ton- und Schluffschichten, die bekanntlich eine geringe Durchlässigkeit aufweisen, ohne Sandeinlage nachgewiesen. Feinsandeinschaltungen kommen erst in tiefergelegenen Bereichen vor. Diese Beobachtungen decken sich mit den Untersuchungen des Büros Prof.



Jessberger + Partner und des Ingenieurbüros Siedek und Kügler (siehe geologische Systemskizze, *Anlage 3*).

Ein direkter Vergleich der Bodenschichten oberhalb der Austonungstiefe und der damit verbundenen hydrogeologischen Verhältnisse zwischen der Tongrube Idunahall und der Zentraldeponie Hünxe führt deshalb zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Weiterhin ist festzustellen, daß die Unterkante der Lintforter Schichten bei 22 mNN (KB1) bzw. 14 mNN (T9, KB8) liegt. Die verbleibende Restmächtigkeit der Lintforter Schichten nach Austonung beträgt somit 13/21 m. Ein Anschachten der in /2/ für den südlich angrenzenden Bereich beschriebenen basalen Feinsandschicht ist damit ausgeschlossen und soll auch auf jeden Fall vermieden werden, unabhängig davon, ob nach Büro Prof. Düllmann Druckwasser innerhalb der basalen Feinsande oder nach Büro Siedek und Kügler schwebendes Grundwasser vorliegt.

4.2 Pegelmessung des Hauptgrundwasserstockwerkes

Das Hauptgrundwasserstockwerk in den Walsumer Schichten liegt sehr viel tiefer und wird durch die verbleibenden Lintforter und die Ratinger Schichten nach oben abgedichtet. Die Grundwasserdruckfläche wird durch die Unterkante der Ratinger Schichten gebildet. Für die theoretische Höhe des Grundwasserstandes wird in /2/ 31,5 mNN am Südrand (T9, KB9) und 31 mNN am Nordwestrand (KB8) angegeben. Die Druckhöhe nimmt somit von Norden nach Süden ab.

Das Geologische Landesamt Krefeld geht wie erwähnt von einer Druckhöhe von ca. 32,0 mNN aus.

Die Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, RWW, Mülheim, betreibt seit 1986 südöstlich der Tongrube Idunahall die Grundwassermeßstelle K01619 im Hauptgrundwasserleiter (siehe Lageplan *Anlage 2*) und übergibt die Meßwerte dem Landesgrundwasserdienst.

Beim Landesgrundwasserdienst (StUA Duisburg) wird dieser Pegel unter der Bezeichnung 053005983 geführt. Dem StUA Duisburg liegen aber Wasserstandsmessungen von 1979 bis 1995 vor. Nach Auskunft des StUA Duisburg sind die Meßreihen von 1979 bis 1984 auch unauffällig mit Druckhöhen von 32/33 mNN. Ab Herbst 1984 wurde dagegen ein plötzlicher Anstieg auf Druckhöhen von ca. 36,0



mNN bzw. 37,0 mNN gemessen, der einen Maximalwert von 38,21 mNN erreicht. Im Wasserhaushaltsjahr 1985 wurden gleichbleibend hohe Wasserstände um 38,0 mNN in diesem Pegel registriert. Mit Beginn der vorliegenden langjährigen Meßreihen des RWW beträgt die Druckhöhe wiederum 32/33 mNN (Jahresmittel zwischen 31,94 mNN (1990) und 33,58 mNN (1994), Gesamtmittel zwischen 32,48 mNN und 32,81 mNN), siehe Grundwasserkontrolle Jahresprotokoll des RWW, **Anlage 4.1**. Die Meßwerte werden auch vom Landesgrundwasserdienst als korrekte Werte angenommen.

Eine weitere Grundwassermeßstelle des RWW liegt ca. 800 m in südwestlicher Richtung entfernt, direkt südlich der Zentraldeponie Hünxe. Die Meßstelle mit der Bezeichnung K 01702 ist ebenfalls in den Walsumer Meeressanden verfiltert und zeigt gleichfalls nur die Druckhöhe im Hauptgrundwasserleiter. Die vorliegenden monatlichen Meßreihen dieses Pegels zeigen mit Beginn der Messungen Nov. 1981, daß

- die Druckhöhen dieser Meßstelle im Oberstrom geringfügig höher liegen als die Meßstelle K 01619, siehe Grundwassermeßkontrolle, **Anlage 4.2**.
- seit 1986, seit dem diese Meßstelle vom RWW registriert wird, die Druckhöhendifferenz zwischen diesen beiden Pegeln ca. 1 m entsprechend dem normalen Grundwassergefälle beträgt. Die Pegel reagieren bei Grundwasserschwankungen gleich, das Grundwasser steigt bei beiden Pegeln an bzw. fällt. Dies bedeutet, daß die Pegel untereinander korrespondieren.

Der Pegel zeigt im langjährigen Mittel zwischen 1981 und 1995 durchgehend nur gering schwankende Wasserstände zwischen 33,12 und 33,65 mNN. Insbesondere in den Jahren 1984 und 1985 wurden sehr gleichbleibende Wasserstände von 33,57 und 33,63 mNN gemessen. Der Hauptwassergrundleiter in den Walsumer Meeressanden kann als homogen angesehen werden. Ein zeitlich und räumlich begrenzter Anstieg um mehrere Meter an einer einzigen Meßstelle ist ausgeschlossen. Berücksichtigt man die im übrigen Zeitraum gleichbleibende Druckdifferenz, können die genannten höheren Wasserstände von 1984/85 im Pegel 053005983, der ausschließlich die Druckwasserhöhen der Walsumer Meeressande zeigen soll, nicht zutreffen.

Vielmehr liegt die Vermutung nahe, daß ein ursprünglich vorhandener Pegel südöstlich der Tongrube Idunahall umläufig geworden ist und seit 1984 Zustrom von Ober-



flächenwasser oder Stauwasser erhielt. Die Wasserstandsmessungen deuten darauf hin, daß mit Beginn der Messungen durch die RWW eine neue, korrekt ausgebaute Meßstelle vorliegt, die im Einklang mit den übrigen Pegeln eine Druckhöhe von 32/33 mNN für den Hauptgrundwasserleiter nachweist.

Die Angaben des Landesgrundwasserdienstes, StUA Duisburg, zur Lage des Pegels 053005983 weichen aber von den Koordinaten des Pegels K 01619 (RWW) ab, so daß zu vermuten ist, daß sich diese Koordinaten auf einen anderen Pegel in unmittelbarer Nähe beziehen.

Nach den Erhebungen des Ingenieurbüro Siedek und Kügler liegen im fraglichen Bereich die Pegel KB1 und KB1n mit einem Abstand von wenigen Metern vor. Soweit nachvollziehbar, wurden die Pegel zu verschiedenen Zeitpunkten, aber mit ungefähr gleichen Tiefen und gleichem Durchmesser abgeteuft (KB1: Okt. 1975, Tiefe 61,0 m, WBK; KB1n: Dez. 1982, Tiefe 60/66 m, AGR).

Die Messungen des RWW erfolgen am Pegel KB1n (n=neu). Die Meßstelle 053005983 des StUA Duisburg war vermutlich bis 1985 identisch mit KB1. Seit 1986 übernimmt das StUA Duisburg die Meßstelle des RWW und damit des Pegels KB1n = K01619.

Die Meßstelle KB1 zeigte im September 1995 einen Wasserstand von ca. 45,0 mNN. Die Meßstelle KB1n dagegen hat zum gleichen Zeitpunkt einen Wasserstand von ca. 33,0 mNN, obwohl beide Pegel eindeutig bis in den Hauptgrundwasserleiter, der wie bewiesen auf großen Flächen eine nahezu gleichmäßige Druckhöhe besitzt, abgeteuft sind.

Die Tatsache, daß die Wasserspiegeldifferenz von z.Z. mehr als 10 m in unmittelbar benachbarten Pegeln gleicher Tiefe in der derzeit aktuellen Diskussion seitens der Fachbehörden unberücksichtigt bleibt, beweist, daß die hohen Wasserstände des Pegels KB1 auch vom StUA Duisburg nicht als Grundwasserstand gewertet werden, da sie seit 1986 kritiklos die niedrigen Wasserstände des Pegels KB1n = K01619 übernehmen. Wegen dieser Situation ist der Vorwurf, daß die Grube Idunahall aufgrund der Wasserstandsmessung an KB1 im Grundwasser liegt, nicht aufrecht zu halten.



Zusätzlich ist dabei zu werten, daß es sich hier um die theoretische Standrohrspiegelhöhe handelt, die auch bei Berücksichtigung jahreszeitlicher Wasserspiegelschwankungen mindestens 2,0 m unter der Abbausohle bei ca. 35 mNN liegt. Praktisch wirken die grundwasserstauenden Ratinger Schichten als natürliche Abdichtung, die ein Aufsteigen von am Wasserkreislauf teilnehmendem Grundwasser verhindern. Die Behauptung, daß die Grube Idunahall in einen Grundwasserleiter einschneidet, beruht wesentlich auf dem Wasserstand des Pegels 053005983, der etwa 50 m südöstlich der Grube liegt und einen Grundwasserstand in Höhe der Kote 38,21 mNN ausweisen soll, was aber, wie gezeigt, nicht sein kann. Ein weiteres Indiz hierfür ist, daß in den geologischen Karten und auch in den vorgelegten Unterlagen des hydrologischen Gutachtens Prof. Düllmann dargestellt wird, daß die Walsumer Meeresande nach Norden hin bis zur Geländeoberfläche auskeilen. Unter der Annahme der tatsächlich dort vorhandenen Geländehöhen in Höhe der Kote 35/33,0 mNN ergibt sich alleine hieraus, daß der Druckwasserspiegel in diesen Sanden nicht wesentlich höher sein kann. Darüber hinaus mußte durch die direkte Untersuchung in der Tongrube Idunahall jede sorgfältige Recherche darauf stoßen, daß mit der angenommenen Wasserstandshöhe des betroffenen Pegels 053005983 mit Höhenkote 38,21 mNN etwas nicht stimmen kann, weil nachweislich die Tieferschürfungen unter die Sohle der Grube Idunahall keine Druckwasseraustritte auch bei längerer Beobachtung zeigten.

Eine Verbindung des Hauptgrundwasserstockwerkes in den Walsumer Schichten mit der Tongrube oder dem quartären Grundwasserleiter ist nicht vorhanden.

4.3 Felduntersuchungen der Gebirgsdurchlässigkeit

Bei einem Erörterungstermin mit der Bezirksregierung Düsseldorf und dem Staatlichen Umweltamt Duisburg wurden die Unterschiede der Geologie und Hydrogeologie zwischen dem Bereich der Zentraldeponie Hünxe und dem Mühlenberg (Tongrube Idunahall) erläutert. Um verbleibende Zweifel hinsichtlich der Grundwassergefährdung auszuschließen, wurde von der Bezirksregierung angeregt, Untersuchungen zur Gebirgsdurchlässigkeit durchzuführen. Diese Untersuchungen wurden vom Ingenieurbüro



Siedek und Kügler mit technischer Begleitung des Staatlichen Umweltamtes Duisburg vorgenommen.

Alle bisherigen Untersuchungen in der Grube Idunahall haben gezeigt, daß nur tonige Schichten ohne Zwischenlagen von Sand mit geringer Gesteinsdurchlässigkeit vorkommen.

Während die **Gesteinsdurchlässigkeit** den Durchlässigkeitswert anhand von ungestört entnommenen Bodenproben, die im Labor untersucht werden, beschreibt, gibt die **Gebirgsdurchlässigkeit** ein vollständiges Bild des hydraulischen Systems der anstehenden Bodenformation wieder, wobei die vorhandenen durchflußwirksamen Trennfugen im anstehenden Boden mit erfaßt werden.

Die Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit erfolgte durch **Auffüllversuche** innerhalb von Bohrlöchern. Häufig gebräuchliche Pumpversuche, die in der Regel bei Grundwasserleitern zuverlässige Ergebnisse der Gebirgsdurchlässigkeit ermöglichen, sind im vorliegenden Fall aufgrund der fehlenden Wasserführung bei allen Versuchsbohrungen in Teufen von 48,0 bis 29,0 mNN nicht durchführbar.

Bei den gebräuchlichen Verfahren für Auffüllversuche wird eine geschlossene Verrohrung eingesetzt und die Versickerung des aufgefüllten Wassers nur an der Sohlfläche der Verrohrung zugelassen. Bei dieser Untersuchungsmethode können nur dann gültige Aussagen über die Gebirgsdurchlässigkeit gemacht werden, wenn der Untergrund isotrop und homogen, d.h. in allen Richtungen gleichartig und ohne Trennfugen ausgebildet ist. Diese Bedingungen sind innerhalb der Lintforter Schichten nicht gegeben. Gewählt wurde daher eine Versuchsdurchführung ähnlich den Wasserabpreßversuchen (WD-Versuch), wie er für geklüftete Festgesteine gebräuchlich ist.

Um die Gebirgsdurchlässigkeit im einzelnen in unterschiedlichen Tiefenbereichen messen zu können, wurden deshalb Bohrungen mit Teufen von 3,0 und 6,0 m zur Messung derartig aufgeschlossener Zonen abgeteuft. Die Bohransatzpunkte liegen in unterschiedlichen Höhen an der Geländeoberfläche, auf den im Zuge der Austonung angeordneten Bermen und der Sohlfläche der Tongrube. Die Lage der Bohrungen geht aus der **Anlage 5.1** hervor. Das Ergebnis der Bohrbefunde und der geprüften Schichtzone mit den angetragenen Ergebnissen der Gebirgsdurchlässigkeit geht aus der **Anlage 5.2** hervor.



Die Bohrlöcher 1 und 9 wurden von der Geländeoberfläche aus abgeteuft. Auffüllversuche konnten wegen des fortschreitenden Abbaus nicht durchgeführt werden. Die Teststrecken 2 (Tiefe 3,0 m) und 8a/8b (Tiefe 3,0/6,0 m) wurden von der oberen Berme, Geländehöhe ca. 45,0 mNN, aus hergestellt, wobei in der Bohrung 8b mit 6,0 m Tiefe nur die unteren 3,0 m auf die Gebirgsdurchlässigkeit geprüft wurden. Die Teststrecken 3, 7a und 7b wurden in gleicher Weise auf der unteren Berme mit einer Geländehöhe von ca. 40,0 mNN eingerichtet.

Die Bohrung 4 lag auf einer sich durch die laufende Austonung ergebenden Sohlfläche. Wegen des zeitlichen Versatzes der Einzelversuche war eine Versuchsdurchführung vor der weiteren Abschachtung nicht möglich. Der entsprechende Profilschnitt wird mit der Teststrecke 7b (3,0 - 6,0 Tiefe) erfaßt.

Die Bohrungen 6a (3,0 m Tiefe) und 6b (6,0 m Tiefe) wurden von der endgültigen Sohlfläche, Höhenkote 35,0 mNN, aus abgeteuft, die Bohrungen 5 a und 5b liegen 1,0 m höher auf einer temporären Sohlfläche. Mit diesen Bohrungen bzw. Teststrecken wurde die Gebirgsdurchlässigkeit bis in eine Tiefe von 6,0 m unter endgültiger Sohlfläche bestimmt. Die Bohrlöcher wurden über eine Teststrecke von 3,0 m mit Granulat verfüllt und nach oben abgedichtet. Durch die gut durchlässige, gegenüber den Trennfugen filterfeste Verfüllung ist sichergestellt, daß der verfilterte Bohrlochraum, Durchmesser 100 mm, für die Versickerung und Erfassung von Trennfugen zur Verfügung steht. Die Auffüllung und Ablesung erfolgte durch nach oben herausgeführte Peilrohre. Durch den hierdurch aufgebrauchten Wasserdruck, der gegenüber WD-Tests in Festgesteinen sehr viel geringer ist, wird das Lösen von Feinanteilen aus den nicht gesteinsharten Schichten und das Zusetzen von Trennfugen vermieden. Die Druckhöhe beträgt 4 m bei den Versuchen 5b, 6b, 7b und 8b und 1 m bei den Versuchen 2, 3, 5a, 6a, 7a und 8a.

Für die Auswertung der Ergebnisse können die üblicherweise gebräuchlichen Formeln, die aus dem Filtergesetz von Darcy abgeleitet sind, nicht verwendet werden. Die den Formeln zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten haben nur Gültigkeit innerhalb gut durchlässiger Lockersedimente (laminares Fließen, homogen, isotrop). Gute Ergebnisse für die Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit liefern die Formeln von KOLBRUNNER



(1947) bzw. dem USBR (1963), die auch für die Auswertung von WD-Versuchen herangezogen werden:

$$k = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H} \cdot \ln \frac{L}{r} \quad [\text{m/s}] \quad \text{bzw.} \quad k = 0,3665 \cdot \frac{Q}{L \cdot \text{hm}} \cdot \lg \frac{L}{r} \quad [\text{m/s}]$$

- Q = abgepreßte Wassermenge in [m³/s]
- L = freie Bohrlochstrecke in [m]
- H = Druckhöhe in [m]
- r = wirksamer Bohrlochradius in [m]
- hm = mittlere Druckhöhe in [m]

Unter den gegebenen Versuchsbedingungen läßt sich mit den o.g. Formeln die Gebirgsdurchlässigkeit mit hinreichender Genauigkeit bestimmen.

Die Auffüllversuche wurden aus technischen Gründen zeitlich versetzt durchgeführt. Daher konnten zur Vermeidung von Störungen des betriebstechnischen Ablaufes und teilweise aus Witterungsgründen nicht alle eingerichteten Teststrecken für Versuche genutzt werden.

Die Versuche wurden im Sommer 1995 bei weitgehend trockener Witterung mit gelegentlichen Niederschlägen durchgeführt. Für das Abteufen der Teststrecken wurden die entsprechenden Bereiche frisch angeschachtet. Durch den Wechsel von Trocknung und Durchfeuchtung bei Niederschlagsereignissen traten in der Folgezeit oberflächennahe Risse auf, die die Versuchsdurchführung beeinträchtigten. Die Mehrzahl der Versuche konnte einwandfrei in kurzem Zeitraum nach der Abschachtung erfolgreich durchgeführt werden. Bei den nachfolgenden Versuchen an den Meßstellen 7a, 8a und 9 war die Rißbildung durch Schrumpfung so weit fortgeschritten, daß die Prüflüssigkeit durch Risse an der Oberfläche austrat und eine Versuchsauswertung nicht möglich war.

Die rasche Rißbildung nach der Abschachtung infolge von Schrumpfung und wechselnder Durchfeuchtung weist auf die Notwendigkeit hin, in trockenen Witterungsperioden die Böschungen und die Sohlfläche anzufeuchten und damit die Bildung von tiefreichenden Trennfugen zu verhindern. Anderenfalls sind durch die Verminderung der Scherfestigkeit in den sich ausbildenden Trennfugen Böschungs-



ausbrüche zu erwarten. Derartige Ausbrüche sind auch in den Außenböschungen zu beobachten. Die Beobachtung, daß bei trockener Witterung tieferreichende Trockenrisse entstehen, zeigt eindeutig, daß die Grube nicht vom Wasser angestömt wird. Die folgende Tabelle zeigt die an den Bermen und der Sohlfläche des aktuellen Tonabbaues ermittelte Gebirgsdurchlässigkeit. Die Protokolle sind in *Anlage 5.3-5.9* beigefügt:

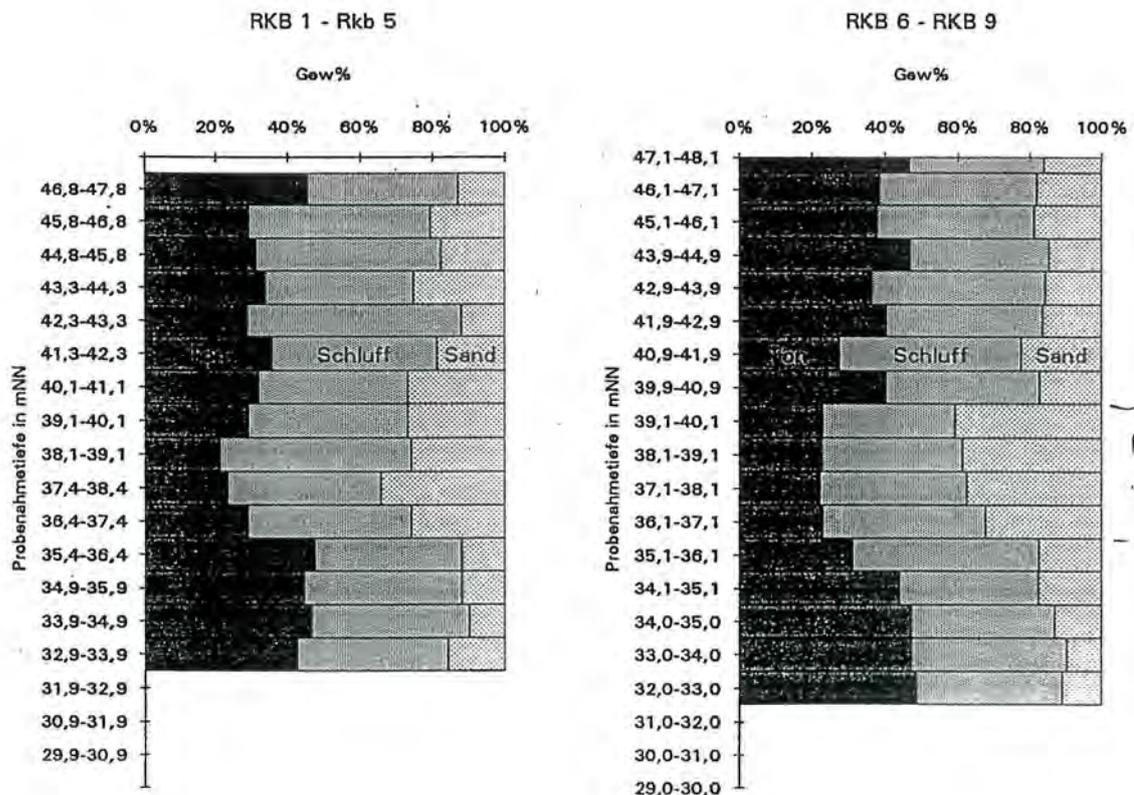
<i>Meßstelle</i>	<i>Tiefe [mNN]</i>	<i>Gebirgsdurchlässigkeit (Mittelwerte)</i>	<i>Bemerkungen</i>
V 2	41,26 - 44,26	$9,1 \cdot 10^{-10}$ m/s	Druckhöhe 1 m
V 8a	41,86 - 44,86	-	Wasseraustritt an der Oberfläche
V 3	38,07 - 41,07	$4,4 \cdot 10^{-8}$ m/s	Mergelbank, Druckhöhe 1 m
V 8b	38,86 - 41,86	$1,1 \cdot 10^{-7}$ m/s	Mergelbank, Druckhöhe 4 m
V 7a	37,07 - 40,07	-	Wasseraustritt an der Oberfläche
V 7b	34,07 - 37,07	$2,5 \cdot 10^{-9}$ m/s	Druckhöhe 4 m
V 5a	32,90 - 35,90	$2,8 \cdot 10^{-10}$ m/s	Druckhöhe 1 m
V 6a	31,97 - 34,97	$< 1 \cdot 10^{-10}$ m/s	gleichbleibender Wasserstand, Druckhöhe 1 m
V 5b	29,92 - 32,92	$1,2 \cdot 10^{-9}$ m/s	Druckhöhe 4 m
V 6b	29,05 - 32,05	$9,8 \cdot 10^{-10}$ m/s	Druckhöhe 4 m

Tab.3: Gebirgsdurchlässigkeit Tongrube Idunahall nach Siedek und Kügler (1995)

Die **Gebirgsdurchlässigkeit** innerhalb des abgebauten Profils der Lintforter Schichten liegt für die Tongrube Idunahall demnach für die **schluffig tonigen** Profilabschnitte ober- und unterhalb der Mergelbank zwischen $2,5 \cdot 10^{-9}$ m/s und $2,8 \cdot 10^{-10}$ m/s. Die Durchlässigkeit ist nach DIN 18130 als sehr gering durchlässig einzuordnen.

Bei den in die **Mergelbank** reichenden Teststrecken ist die Gebirgsdurchlässigkeit wahrscheinlich infolge einer größeren Klüftigkeit (Trennfugendurchlässigkeit) größer mit Werten zwischen $1,1 \cdot 10^{-7}$ m/s bis $4,4 \cdot 10^{-8}$ m/s. Nach DIN 18130 ist die Mergelbank als gering durchlässig im Sinne eines Grundwassernichtleiters einzustufen. Hinzu kommt, daß die Mergelbank weit über der Grubensohle liegt.

Beim Abteufen der Bohrungen zur Überprüfung der Gebirgsdurchlässigkeit wurden fortlaufend Bodenproben entnommen und im Erdbaulabor für jeden Bohrmeter die Kornverteilung und der Wassergehalt bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 6.1 bis 6.13 dargestellt. Die nachfolgende Tabelle gibt die Gehalte des Bodens an Ton, Schluff und Sand wieder (Tab.4).



Tab.4: Übersicht über die Korngrößenverteilung in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe (Siedek und Kügler 1995)

Nach DIN 18196, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, sind Böden mit einem Anteil > 40 Gew.% an Korndurchmessern von $\leq 0,06$ mm als Ton oder Schluff zu bezeichnen. Der Feinkornanteil, d.h. der Anteil an Korngrößen von $\leq 0,06$ mm, bestimmt wesentlich die Eigenschaften des Bodens hinsichtlich der Durchlässigkeit.



Der an den Bodenproben bestimmte Feinkornanteil beträgt weitgehend > 75 Gew.%. Lediglich in den Proben 10 und 25-27, entsprechend einer Tiefe von 37,0 bis 40,0 mNN wurden höhere Sandgehalte bis max. 40,8 Gew.% (Probe 25, Entnahmetiefe 39,0-40,0 mNN) festgestellt. Dabei handelt es sich nicht um Einlagerungen von Sandlinsen, sondern um einen höheren Feinsandanteil innerhalb des insgesamt feinkörnigen homogenen Bodengemisches.

Unterhalb der Tiefe von 37,0 mNN steigt der Feinkornanteil wieder stark an und liegt bei Untersuchungstiefen von 6,0 m unter der Sohlfläche bei ca. 85/90 Gew.%.

Der Wassergehalt (Anl. 6.1 - 6.13) beträgt im oberen Abschnitt unterhalb der quartären Deckschichten ca. 29 % (Proben 1-3, 36-38, Entnahmetiefe ca. 45,0 - 48,0 mNN) und fällt darunter rasch auf Gehalte um 20 % ab. Hier wird zum einen der Einfluß des Niederschlags bzw. der Wasserführung in den quartären Deckschichten deutlich. Zum anderen zeigt die rasche Annahme des Wassergehaltes bis unter die Sohlfläche die geringe Wasserdurchlässigkeit der Lintforter Schichten und das Fehlen von Grundwassereinwirkungen.

Wären im beprobten Schichtenprofil durchlässige Bereiche vorhanden und läge die Tongrube im Schwankungsbereich von Grundwasserhorizonten oder auch erheblicher, untereinander verbundener Stauwasservorkommen, müßten die Wassergehalte durchgehend > 28% betragen.

Faßt man die Beobachtungen und Untersuchungen zusammen, erklärt sich durch

- ein minimales Einzugsgebiet für die Grundwasserneubildung,
- eine funktionsfähige Vorflut für das erste Grundwasserstockwerk im Quartär,
- eine geringe Durchlässigkeit von $\leq 2,5 \times 10^{-9}$ m/s ober- und unterhalb der Mergelbank bis unter die Grubensohle,
- mangelndes Vorkommen von Sandschichten bis 6,0 m unter Grubensohle,

daß bei allen Untersuchungen und in den angeschnittenen Profilen keine oder nur geringe Wasseraustritte feststellbar waren, die zudem kurzfristig trockenfielen.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen deutlich, daß in allen Tiefenbereichen der Tongrube sehr niedrige Durchlässigkeiten von $2,5 \times 10^{-9}$ bis $2,8 \times 10^{-10}$ m/s vorherrschen. Hierbei handelt es sich ausnahmslos um sehr gering- oder nichtdurchlässige, schluffig bis tonige Bodenschichtungen, die als grundwassernichtleitend zu charakterisieren sind. Lediglich die in den oberen Bodenschichten, etwa in Höhe der Kote 39,0



mNN, vorkommende härtere Mergelbank, die eine Mächtigkeit von 0,4 m besitzt, hat eine höhere Gebirgsdurchlässigkeit von $1,1 \times 10^{-7}$ m/s bis $4,4 \times 10^{-8}$ m/s. Diese Mergelbank liegt aufgrund aller bisher vorliegenden Untersuchungen über der theoretischen Standrohrspiegelhöhe des Hauptgrundwasserleiters und wird nach oben und unten durch sehr dichte Tonschichten abgedichtet, was erklärt, daß auch keine Wasseraustritte aus dem oberen quartären Grundwasserleiter zu verzeichnen sind.

4.4 Standsicherheit der Böschungen

Um die langfristig in die Grube einwirkenden Wasserverhältnisse bewerten zu können, kann die Standsicherheit der freistehenden Böschungen zur Beurteilung herangezogen werden.

Im westlichen, bereits ausgetonten Bereich der Tongrube Idunahall wurden die Böschungen unter ca. 70° abgeschachtet und sind seit mehreren Jahren standsicher. Die im Laufe der Jahre aufgetretenen böschungsp parallelen und oberflächennahen Böschungsausbrüche zeigen nicht das typische Erscheinungsbild eines Böschungsbruches durch Wasserdruck, sondern sind durch bodenmechanische Vorgänge zu erklären. Die oberflächennahen Rutschungen sind auf Verminderung der Gesamtscherfestigkeit in den stets vorhandenen Trennfugen zurückzuführen. Der wiederholte Wechsel von Durchfeuchtung und Trocknung infolge Witterungseinflüssen (Quellen und Schrumpfen) über einen längeren Zeitraum führt zu erheblichen Scherfestigkeitsminderungen in den Trennfugen, was Ausbrüche verursacht.

Wasseraustritte ergeben sich durch Stauwasseransammlungen auf dem undurchlässigeren Ton an der Liegendgrenze des Quartärs. Auch hier können bei langandauernden Stauwasseransammlungen Böschungsausbrüche vorzugsweise an der Oberkante der Böschungen auftreten.

Böschungsausbrüche unmittelbar im Sohlbereich können dann stattfinden, wenn ein langanhaltender Sickerwasserstau (Niederschlagswasser) eine Scherfestigkeitsverminderung im Böschungsfußpunkt des Sohlbereiches bewirkt. Derartige örtliche Ausbrüche haben im westlichen Abbaufeld im Bereich des Pumpensumpfes stattgefunden. Der ständige Aufstau des Tagwassers hat aufgrund von Aufweichungserscheinungen zu Böschungsausbrüchen im Sohlbereich geführt, die sich mit der Zeit staffelartig nach oben fortsetzten. Um dieses zukünftig zu vermeiden, wurde eine wirksame



Tagwasserhaltung zur Ableitung des Regenwassers an der Basis der Tongrube installiert.

Läge die Tongrube Idunahall im Grundwasser- bzw. Grundwasserschwankungsbereich, müßten zwangsläufig **Böschungsrutschungen** durch tieferreichende Aufweichungen der Bodenschichten, vorzugsweise bis unterhalb des Grundwasserspiegels auftreten. In einem solchen Fall käme es zu keilförmigen oder parabelförmigen Böschungsrutschungen, deren Bruchflächen mehrere Meter hinter der Böschungskrone liegen und mehrere Meter vor dem Böschungsfuß auskeilen. Derartige Böschungsrutschungen durch Wassereinfluß sind in der Tongrube nicht festzustellen, während kurz nach der Anschachtung der Kassetten 5 und 6 der Zentraldeponie Hünxe mit Böschungshöhen von 6 bis 8 m derartige Rutschungen aufgetreten sind.

Die 15 m hohen, unter ca. 70° abgeschachteten Böschungen der Tongrube Idunahall sind aber seit vielen Jahren standsicher. Die langfristige Standsicherheit der ungesicherten Böschungen ist als weiterer wichtiger Hinweis darauf zu werten, daß die hydrogeologische Situation für die Tongrube Idunahall keinesfalls mit derjenigen in der Zentraldeponie Hünxe vergleichbar ist, weil der Grube kein Grundwasser zufließt.

5.0 Hinweise zur hydraulischen Sicherung und Nutzung der Grube Idunahall

Da es unstrittig ist, daß während der Austonung und Verfüllung der Grube erhebliche Niederschlagswassermengen sich in der Grube aufstauen können, die örtlich dann große Druckwasserspiegel bilden, ist dann eine geringe Wasserwegsamkeit in den Untergrund trotz sehr geringer Gebirgsdurchlässigkeiten nicht auszuschließen. Aus diesem Grunde wird vorgeschlagen, die gesamte Austonung der Grube sicherungstechnisch auch unter dem Aspekt der erforderlichen offenen Wasserhaltung und der Vermeidung von Druckwasserbildungen innerhalb der Grube zu betrachten. Wasserhaltungen werden deshalb auch durchgeführt

Andererseits wurde festgestellt, daß bei Trockenwetterperioden mangels ausreichender Feuchtigkeit sich die Gebirgsdurchlässigkeit und die Durchlässigkeit in Trennfugen in begrenzten Tiefenbereichen erhöht.



Zur Sicherung des Untergrundes und des tiefer liegenden Grundwassers sollte daher die bisherige Praxis beibehalten werden, die gesamte aufzufahrende Grubensohle im Zuge der Ausschachtung mit einem Mindestgefälle zu gestalten und an den Tiefstpunkten bleibende Wasserhaltungsbrunnen vorzusehen. Auch ist es richtig, die Grubensohle nachträglich mit schweren Glattmantelwalzen nahezuverdichten, so daß bis in tiefen von $< 0,5$ m offene Trennfugen geschlossen und durch eine Mindestproctordichte von 95% Durchlässigkeitsbeiwerte von $k \leq 1 \times 10^{-10}$ m/s gewährleistet werden.

Bei Trockenwetterlagen ist die Grubensohle durch Berieseln feucht zu halten. Hierzu kann das Wasser aus den Pumpensämpfen verwendet werden. Bei der Verfüllung ist darauf zu achten, daß als unmittelbare Auflagerschicht körniges und durchlässiges Material angeordnet wird, so daß eine gute Durchlässigkeit zum Pumpensumpf gegeben ist. Ggf. sind örtliche Drainleitungen zum Pumpensumpf zu verlegen.

Um einen seitlichen Zustrom von Oberflächenwasser und quartärem Grundwasser sowohl für den Bauzustand als auch für den endgültigen Zustand auszuschließen, soll um die Tongrube eine tiefreichende Dränage bzw. ein ausreichend tiefes Grabensystem bis zum Ton ausgeführt werden, die im Endzustand an eine bestehende oder zu schaffende Vorflut anschließt. Die Ausführung der Dränage kann vorbehaltlich einer zu erstellenden detaillierten Planung lokal den örtlichen Gegebenheiten und dem Abbaufortschritt angepaßt werden. Planungsziel ist die kontrollierte Ableitung von Oberflächenwasser im Freigefälle in die Vorflut nach Verfüllung und Rekultivierung der Grube. Geeignet sind für den Bauzustand tiefreichende offene Gräben außerhalb der Grube oder Abfandräne entlang der obersten Berme mit Pumpensumpf. Für den Endzustand ist ein Abfangsystem für das Quartärwasser zu konzipieren, das möglichst wartungsarm die Ableitung des Wassers dauerhaft gewährleistet.

Nach Fertigstellung der Grube bzw. nach Schüttung einzelner Bauabschnitte sollte die Grube zusätzlich eine mineralische Oberflächenabdichtung erhalten, welche hydraulisch an das Abfangsystem anschließt und dieses gleichzeitig als Entwässerungssystem der Oberflächendichtung nutzt. Einzelheiten der Ausführung sollten in einer Planung detailliert erarbeitet werden. Über der mineralischen Abdichtung ist zusätzlich die erforderliche Rekultivierung mit geeigneten Bodensubstraten für die erforderliche



Bepflanzung vorzusehen. Auch für die Oberflächenabdichtung und die Rekultivierung sollte ein ausreichendes Gefälle von $> 5\%$ nach Abklingen der Setzungen eingehalten werden. Um die zu erwartenden Setzungen und Setzungsunterschiede möglichst gering zu halten, wird empfohlen, die Verfüllung lagenweise einzubauen und auf 95% der einfachen Proctordichte zu verdichten. Dieses kann erreicht werden, wenn alle 50 cm Schütthöhe eine Nachverdichtung mit schweren Vibrationsglattmantelwalzen erfolgt. Es besteht auch die Möglichkeit, körnige und gemischtkörnige Materialien bis zu einer Höhe von 4,0/5,0 m zu schütten und diese Flächen bei trockener Witterung mit Fallplatten, Rammgewicht ca. 3 bis 4 t abzurammen und anschließend an der Oberfläche durch Glattmantelwalzen nachzuverdichten. Auch bei dieser Verdichtungsart wird eine mittlere Lagerungsdichte auf 95% der einfachen Proctordichte in allen Schüttbereichen erzielt. Aufgrund der bestehenden Vorbelastung des Untergrundes und der Verfüllung der Grube mit Verdichtung ist nur noch mit einem äußerst geringen Setzungsverhalten zu rechnen, so daß ein gut tragfähiges, setzungsarmes Auflager für die mineralische Abdichtung zur dauernden Wasserabschirmung gegeben ist.

Ein weitere notwendiger Sicherheitsaspekt ist darin zu sehen, nach endgültiger Austonung abschnittsweise eine sofortige Verfüllung bis zur endgültigen Oberfläche vorzusehen. Die Oberfläche ist mit einer mineralischen Zwischenabdichtung mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k < 1 \times 10^{-9}$ m/s zu versehen. Durch diese Maßnahme wird die notwendige Wasserhaltung in der verbleibenden Grube sukzessive minimiert und ein langfristiges Eluatverhalten durch Einwirkung von Niederschlagswasser innerhalb der Verfüllung unterbunden. Desweiteren trägt diese Maßnahme dazu bei, die Kontamination des zu sumpfenden Niederschlagswassers auf ein unvermeidbares Mindestmaß zu reduzieren und die Grenzwerte der Einleiterverordnung in Oberflächengewässern (Vorflutgräben) einzuhalten.

Auch diese Maßnahmen sind planerisch genau zu erfassen und zu beschreiben.

Aufgrund dieser Sicherungsvorkehrungen ist aufgezeigt, daß die zur Wiederverfüllung in die Tongrube einzulagernden Materialien wie ursprünglich entsprechend der NRW-Deponieklasse 2 vorgesehen, zur Wiederverfüllung keine schädlichen Einwirkungen auf das tieferliegende Grundwasser während und nach der Verfüllung haben können.



6.0 Zusammenfassende Bewertung

Die Tongrube Idunahall liegt auf einer Geländehöhe von ca. 50,0 mNN, die Austonungstiefe beträgt 15,0m, entsprechend einer Höhenkote der Sohlfläche bei 35,0 mNN.

Seitens der genehmigenden Behörden wird angenommen, daß der Tongrube Grundwasser zuströmt und diese 3,0 bis 4,0 m in das Grundwasser einbindet. Daraufhin wurde 1993 die Tongrube Idunahall für weitere Verfüllungsmaßnahmen mit Boden und Bauschutt entsprechend der NRW-Deponieklasse 2 geschlossen. Die Behauptungen stützen sich im wesentlichen auf die Aussagen zur hydrologischen Situation der Grube Idunahall des vom Büro Prof. Düllmann eingereichten Gutachtens, das ursprünglich nur für den Nachbarbereich der Zentraldeponie Hünxe aufgestellt wurde, und vom Büro Prof. Düllmann stattgefundenen zusätzlichen Beratung des Bezirksregierung Düsseldorf und die technische Bewertung des StUA Duisburg.

Darüber hinaus bezieht sich die Bezirksregierung Düsseldorf bei der Einschätzung der Grundwassersituation auf die Messungen des StUA Duisburg an einem einzelnen Pegel im Hauptgrundwasserleiter, der in den Jahren 1984/85 erhöhte Wasserstände bis maximal 38,21 mNN zeigte.

In einer ausführlichen Besprechung bei der Bezirksregierung Düsseldorf vom 28.04.1995 wurde vom Ingenieurbüro Siedek und Kügler dargelegt, daß in der Tongrube Idunahall andere Wasserverhältnisse, als im hydrogeologischen Gutachten beschrieben, vorherrschen und der Grube kein Grundwasser zuströmt.

Begründet wurden diese Angaben mit den tatsächlich vor Ort angestellten Untersuchungen:

- Gutachten Ingenieurbüro Prof Jessberger & Partner 1994 (/1/), das bis 18,0 m Tiefe, d.h. 3,0 m unter Sohlfläche, nur homogene Tonschichten ohne Sandeinlagerungen mit sehr geringer Durchlässigkeit und von oben nach unten abnehmendem Wassergehalt beschreibt.



- Der Tatsache, das 15,0 m hohe, unter \geq ca. 70° abgeböschte Tonschichten über Jahre standsicher sind, wobei die örtlichen Ausbrüche auf Erosionserscheinungen zurückgeführt werden müssen.
- Schürf- und Bohruntersuchungen, teilweise im Beisein des StUA Duisburg, die keine Wasseraustritte angetroffen haben.
- Die Besprechungen beim StUA Duisburg, wo den geologischen und hydrogeologischen Annahmen des Ingenieurbüros Siedek und Kügler entsprochen wurde mit dem Hinweis, daß vom StAWA Lippstadt bereits ein Gutachten vorliegt, aus dem zu entnehmen ist, daß der Tongrube Idunahall kein Grundwasser zuströmt.

Aufgrund der vorgetragenen Argumente wurde von der Bezirksregierung Düsseldorf eine wissenschaftliche hydrogeologische Untersuchung speziell der Tongrube Idunahall verlangt. Darüber hinaus sollte die Gebirgsdurchlässigkeit der anstehenden Tonschichten untersucht werden.

Im vorgelegten Bericht werden die nachgewiesenen und vermuteten Wasservorkommen auf der Grundlage der in /2/ ausgeführten Ergebnisse sowie eigener Beobachtungen und Untersuchungen eingehend diskutiert. Nachfolgend sind die hydrogeologischen Verhältnisse in der Tongrube Idunahall zusammengefaßt.

Das Grundwasser aus dem **ersten Stockwerk (Quartär)** ist auf dem Mühlenberg durch den Abtrag der Deckschichten im Zuge der Austonung mengenmäßig unbedeutend. Der seitliche Zustrom wird über randliche Gräben weitgehend abgeleitet. Eine Zusicke- rung ist dann möglich, wenn bei stärkerem Regenwasseranfall die Gräben untersickert werden. Derartige Sickerwasseraustritte sind an der Westseite sichtbar, haben jedoch nur bei längeren Niederschlagsereignissen kurzzeitig Wasserführung. Die Wassermenge ist aufgrund des kleinen Einzugsgebietes insgesamt sehr gering und steht im keinem Verhältnis zu den direkten Niederschlagseinwirkungen in die Grube. Durch die oben beschriebenen Sicherungsmaßnahmen, Dränagen und Vorflutgräben mit Einbindung in die dichten Tonschichten kann der Zufluß von Quartärwasser völlig



unterbunden werden. Tagwasser aus Niederschlagsereignissen sammelt sich als Stauwasser in den Tiefpunkten der Tongrube und muß abgepumpt werden.

In den bis zur Sohle und nach derzeitigen Untersuchungen bis 6,0 m unter der Sohle, Höhenkote 29,0 mNN, der Grube Idunahall angeschachteten bzw. erbohrten **Lintforter Schichten** tritt kein am Grundwasserkreislauf teilnehmendes Wasser aus. Im Zuge der Austonung werden gelegentlich allenfalls schwebende geringe Wasservorkommen angeschachtet. Derartige eingeschlossene Wässer entwässern rasch und versiegen völlig. Ein beständiger Zustrom durch ein in /2/ für die tieferreichende Zentraldeponie Hünxe beschriebenes Grundwasserzwischenstockwerk ist im Grubenbereich nicht vorhanden. Da die Wasservorkommen in den Lintforter Schichten offensichtlich aus dem quartären Grundwasserleiter stammen und dieser auf dem Mühlenberg durch die Höhenlage und die Tagwasserhaltung keine nennenswerten Wassermengen führt, ist verständlich, daß Wasser innerhalb der Lintforter Schichten erst unterhalb der Tongrube Idunahall angetroffen werden kann.

Die angeschachteten schluffigen und tonigen Schichten haben eine sehr geringe natürliche Gebirgsdurchlässigkeit von $2,5 \times 10^{-9}$ bis $2,8 \times 10^{-10}$ m/s und müssen als Grundwassernichtleiter bezeichnet werden. Es ist sogar denkbar, vorbehaltlich des Nachweises der Homogenität des Tonvorkommens und der Wirksamkeit als Grundwasserleiter sowie der ausreichenden Barrierefunktion gegenüber den tieferliegenden Druckwasserverhältnissen, die Tongrube tiefer auszutonen, ohne daß sich Änderungen an den Wasser- und Sicherheitsverhältnissen ergeben.

Der **Hauptgrundwasserleiter** in den Walsumer Meeressanden wird durch den großflächig verbreiteten Ratinger Ton nach oben abgedichtet. Der tatsächliche Druckwasserspiegel liegt weit unter der Tongrube Idunahall bei 12 mNN (Osten) bzw. 6 mNN (Westen). Die theoretische Standrohrspiegelhöhe des Druckwassers reicht am Südrand der Tongrube Idunahall bis ca. 33 mNN (KB1n, KB9) und sinkt nach Norden ab.

Die Feststellung des StUA Duisburg, daß in die Tongrube ein gespannter bis halbgespannter Grundwasserspiegel einwirkt, beruht auf den Pegelständen der Jahre 1984/85 an einer einzelnen Meßstelle mit Verfilterung in den Walsumer Meeressanden (Hauptgrundwasserleiter). Weitere Meßstellen, die ebenfalls die Standrohrspiegelhöhe dieses Hauptgrundwasserleiters erfassen, zeigen im gleichen Zeitraum



keine Änderung in den langjährigen Meßreihen mit Wasserständen von 32,0/33,0 mNN. Da die Druckhöhen in dem gut durchlässigen Hauptgrundwasserleiter gleich sind, muß angenommen werden, daß die Meßstelle 053005983 des StUA Duisburg in den Jahren 1984/85 nicht die Standrohrspiegelhöhe des Hauptgrundwasserleiters wiedergibt. Die Meßwerte sind auf andere Einflüsse zurückzuführen und können deshalb nicht zur Bewertung der Wasserverhältnisse angeführt werden.

Nach den Erhebungen des Ingenieurbüro Siedek und Kügler liegt der Verdacht nahe, daß es sich bei der Meßstelle des StUA Duisburg um den Pegel KB1 handelt, der bereits seit 1982 durch den Pegel KB1n ersetzt wurde und daß dem StUA Duisburg seit 1986 die Messungen des neuen Pegels KB1n übermittelt werden.

Wesentlich dabei ist hervorzuheben, daß heute an gleicher Stelle zwei Pegel stehen, die bis in die Walsumer Meeressande reichen. Der alte Pegel zeigt heute einen Wasserstand von ca. 45,0 mNN, während der Pegel des RWW einen Wasserstand von ca. 33,0 mNN ausweist.

Da die Walsumer Meeressande im Norden der Grube im Bereich der Lippe austreten, deren Geländehöhen bei 35,0 mNN liegen, kann die Standrohrspiegelhöhe diese Geländeaustrittshöhe nicht übersteigen. Die tatsächlich beobachteten Standrohrspiegelhöhen im Bereich der Grube liegen seit Beginn der Wasserstandsmessungen bei 32,0/33,0 mNN.

Aufgrund der im Vergleich zur Zentraldeponie Hünxe größeren Geländehöhe und tieferen Standrohrspiegelhöhe des Hauptgrundwasserleiters und seinem Einfallen nach Norden zur Grube Idunahall hin liegt die Sohlfläche der Tongrube Idunahall in jedem Fall oberhalb des Grundwasserschwankungsbereiches des Hauptgrundwasserleiters und außerhalb der Wasservorkommen in den Lintforter Schichten, wie sie im Nachbargelände der Deponie Hünxe offensichtlich in tieferen Lagen angetroffen wurden.

Die Angaben zu den Grundwasservorkommen aus Bohrungen und Wasserstandsmessungen decken sich mit den Beobachtungen und Schürfungen in der Tongrube Idunahall. Auch bei erhöhter Wasserwegsamkeit infolge oberflächennaher Schrumpfrißbildung in den Böschungen und der Sohle tritt innerhalb der Lintforter Schichten in der Tongrube kein Wasser aus, ebenso wie bei den bis 4,0/6,0 m unter Sohle (35 mNN) ausgeführten Schürfen und Bohrungen.

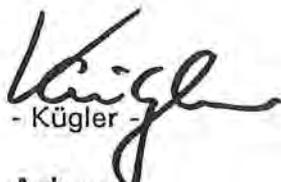


Gelegentliche Wasseraustritte im Übergang zur quartären Überdeckung entstammen den quartären Schichten und zeigen die abdichtende Wirkung der Lintforter Schichten als Grundwassernichtleiter. Die natürlichen Wassergehalte nehmen innerhalb des Schichtenprofils der Tone stetig ab und bleiben bis unterhalb der Sohlfläche mit ca. 20 % konstant.

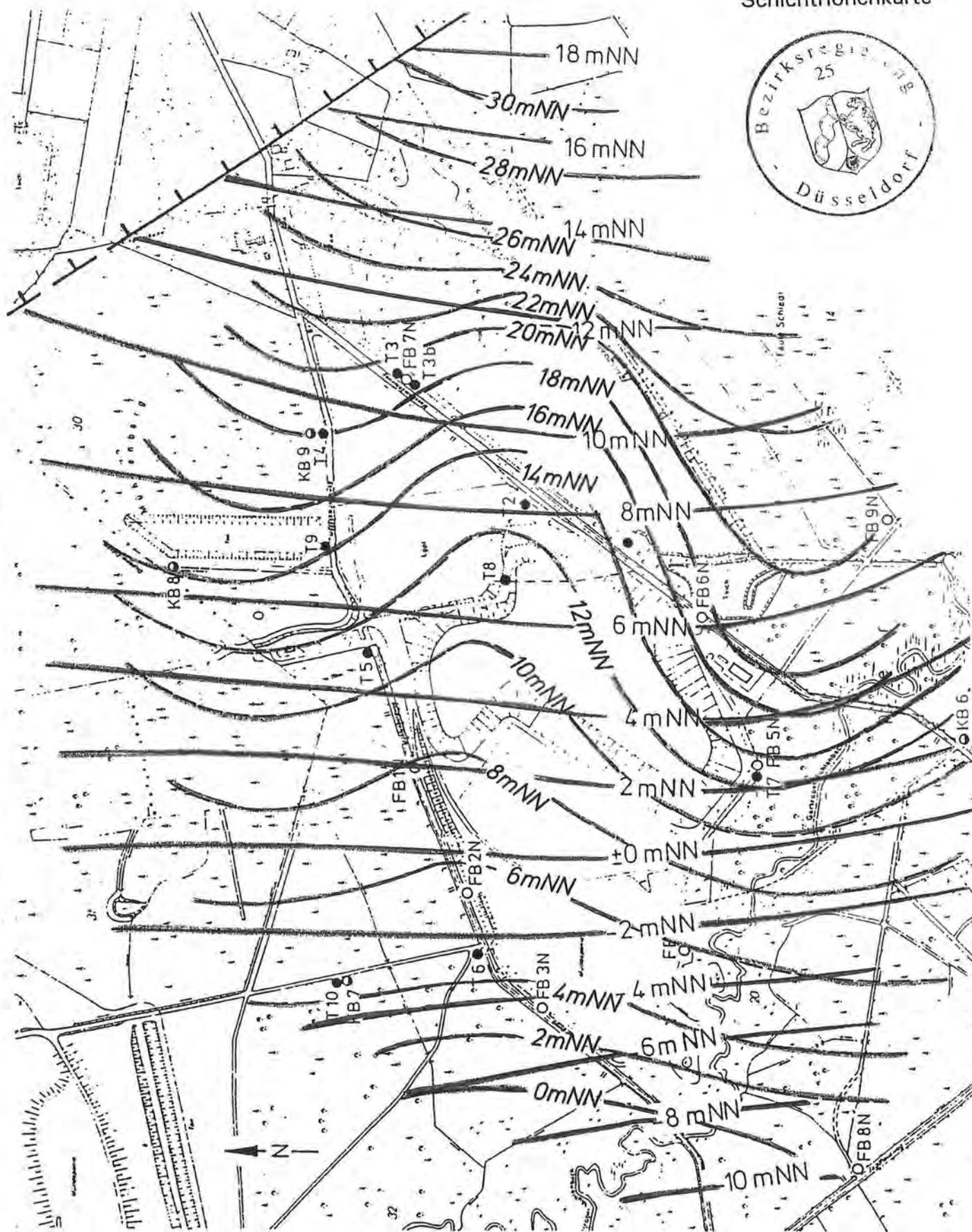
Die Wasserdurchlässigkeit der angeschachteten Schichten ist auch bei Berücksichtigung der Trennfugendurchlässigkeit (Gebirgsdurchlässigkeit) sehr gering und bestätigt die Einstufung als Grundwassernichtleiter. Ein Wasserdargebot durch Zustrom aus den vorhandenen Grundwasserleitern ist demnach nicht vorhanden.

Durch die vorgelegten Untersuchungsergebnisse und die Auswertung der hydrogeologischen Gutachten ergibt sich eindeutig eine Wiederlegung der Vorwürfe der Bezirksregierung Düsseldorf, daß die Grubensohle mit 35,0 mNN 3,0 bis 4,0 m tief in das Grundwasser einbindet und damit die Verfüllung im Grundwasserkreislauf liegen würde.

Gegen eine weitere Verfüllung der Grube in der ursprünglichen Form sind aus geologischer und hydrogeologischer Sicht keine Bedenken vorhanden, da sowohl eine ausreichende geologische Barriere als auch ein sehr großer Abstand zum Grundwasser gegeben ist.


- Kügler -
Anlagen


- Eiserlo -



- 4mNN Höhenlage der Grenzfläche Ratinger Schichten/Walsumer Meeressande, nach Westen geneigte Fläche
- 4mNN Höhenlage der Grenzfläche Lintforter Schichten/Ratinger Schichten, nach Westen geneigte Rinne

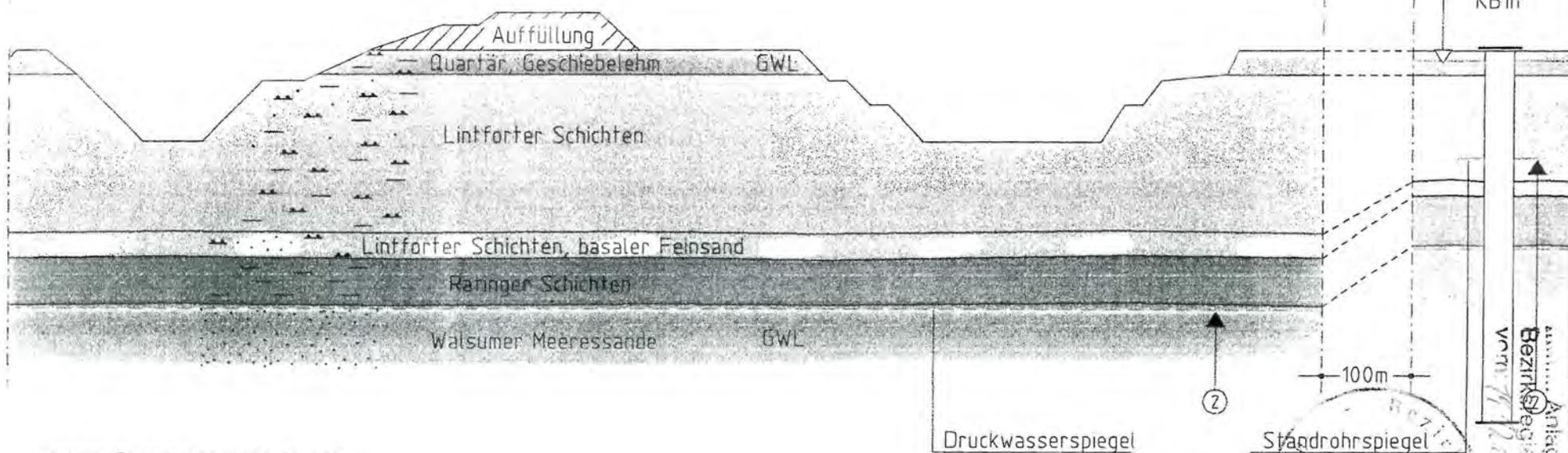
West

Geologische Profilskizze Tongrube Idunahall

Ost

ausgetonter Abbau

derzeitiger Abbau



- ① erstes Grundwasserstockwerk, ungespannt, Quartär
- ② Hauptgrundwasserstockwerk, gespannt, Walsumer Meeressande
- GWL Grundwasserleiter

Maßstab 1:1000

Dipl. Ing., Dipl. Geol. H. Siedek
Dipl. Ing. J. U. Kügler

Im Teelbruch 61 45219 Essen - Kettwig
Tel.: 02054-9540-0, Fax 02054 84269



BERATENDE INGENIEURE FÜR GRUND- UND ERDBAU
BAUGRUND UND ALTLASTUNTERSUCHUNG
DEPONIEBAU UND DEPONIE-TECHNIK
HYDROGEOLOGIE UND GEOPHYSIKALISCHE BOHRLOCHMESSUNGEN
FACHBAULEITUNG UND GÜTEPRÜFUNGEN

Anlage zum Geschäftsbericht der
Bezirksregierung
vom 17.12.2004
Anlage 300
S. 82

Jahresprotokoll Grundwasserstandskontrolle

Stand: 28.08.95	Stammdaten Meßstelle K01619 /				Holsterhausen				Seite: 1
MPH 48.39 m.ü.NN	Karte: TK	4307/13	Ausbau	Stockwerk:	2	Turnus: monatlich			
GLH 47.80 m.ü.NN	rechts:	255875	Durchmesser: 150	Arteser:	nein	Anfang: 1986			
ROS 0.03 m.ü.NN	hoch:	572506	Kappe: SEBA	LWS:	nein	Ende: 0			
= 48.36 m.u.MP	LGD-Nr:	0	Art: Schutzr.	alte Bez.:	K01604	neue Bez.:			
Mon/Jahr	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
November	15.41	15.10	14.95	15.46	15.68	16.35	15.64	14.82	14.46
	32.39	32.70	32.85	32.34	32.12	31.45	32.16	32.98	33.34
Dezember	15.49	14.92	14.97	15.62	15.79	16.35	15.57	14.71	14.15
	32.31	32.88	32.83	32.18	32.01	31.45	32.23	33.09	33.65
Januar	15.12	14.77	14.75	15.37	15.51	16.31	15.33	14.23	n.e.
	32.68	33.03	33.05	32.43	32.29	31.49	32.47	33.57	n.e.
Februar	15.23	14.68	14.77	15.27	15.53	16.01	15.19	14.06	13.80
	32.57	33.12	33.03	32.53	32.27	31.79	32.61	33.74	34.00
März	15.17	14.68	14.65	15.04	15.14	15.99	15.18	14.02	13.71
	32.63	33.12	33.15	32.76	32.66	31.81	32.62	33.78	34.09
April	14.87	14.37	14.55	15.11	15.33	15.75	15.22	13.60	13.71
	32.93	33.43	33.25	32.69	32.47	32.05	32.58	34.20	34.09
Mai	15.15	14.61	14.60	15.07	15.66	15.66	n.e.	13.72	13.78
	32.65	33.19	33.20	32.73	32.14	32.14	n.e.	34.08	34.02
Juni	15.16	14.86	14.94	15.26	15.70	15.58	15.38	13.92	14.00
	32.64	32.94	32.86	32.54	32.10	32.22	32.42	33.88	33.80
Juli	15.13	14.97	15.01	15.27	15.84	15.56	15.45	14.13	14.27
	32.67	32.83	32.79	32.53	31.96	32.24	32.35	33.67	33.53
August	15.21	14.96	15.13	15.48	16.25	15.59	15.39	14.40	n.e.
	32.59	32.84	32.67	32.32	31.55	32.21	32.41	33.40	n.e.
September	15.25	15.04	15.43	15.56	16.28	15.61	15.35	14.51	n.e.
	32.55	32.76	32.37	32.24	31.52	32.19	32.45	33.29	n.e.
Oktober	15.12	14.98	15.46	15.63	16.37	15.61	14.99	14.53	n.e.
	32.68	32.82	32.34	32.17	31.43	32.19	32.81	33.27	n.e.
WM	32.58	33.05	33.03	32.49	32.30	31.67	32.45	33.56	33.83
SM	32.63	32.90	32.70	32.42	31.78	32.20	32.49	33.60	33.78
MAX-MIN	0.62	0.73	0.91	0.59	1.23	0.79	0.65	1.22	0.75
JM	32.61	32.97	32.87	32.45	32.04	31.94	32.47	33.58	33.81
FJM	32.63	32.75	32.78	32.71	32.59	32.45	32.35	32.50	32.71
GSM	32.61	32.79	32.81	32.72	32.59	32.48	32.48	32.62	32.72

..... Anlage zum Bescheid der
 Bezirksregierung Düsseldorf
 vom: 19./11.1995 Az.: S 12.70125-
 8/82



Meßreihen Pegel K01619 (RWW) Anlage 4.1

Legende: MPH - Meßpunkthöhe, GLH - Geländeöhe, ROS - Rohrsöhe (über NN und unter Meßpunkt), WM - Wintermittel, SM - Sommermittel, JM - Jahresmittel, FJM - Fünfjahresmittel, GSM - Gesamtmittel, LGD-Nr. - Kennziffer Landesgrundwasserleiters

Jahresprotokoll Grundwasserstandskontrolle

Stand: 28.08.95	Stammdaten Meßstelle K01702 /										Holsterhausen		Seite: 1		
MPH 35.20 m.ü.NN	Karte: TK	4307/13	Ausbau	Stockwerk:	2	Turnus: monatlich									
GLH 34.62 m.ü.NN	rechts:	255826	Durchmesser: 100	Arteser:	ja	Anfang: 1980									
ROS -12.40 m.ü.NN	hoch:	572438	Kappe: SEBA	LWS:	nein	Ende: 0									
= 47.60 m.u.MP	LGD-Nr:	43006127	Art: Schutzr.	alte Bez.:	49N	neue Bez.:									
Mon/Jahr	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
November	1.80	n.e.	1.27	1.25	0.70	1.20	1.23	1.00	0.87	1.36	1.52	2.33	1.90	1.23	1.10
	32.82	n.e.	33.35	33.37	33.92	33.42	33.39	33.62	33.75	33.26	33.10	32.29	32.72	33.39	33.52
Dezember	1.77	0.67	1.22	1.23	0.66	1.15	1.24	0.86	0.85	1.44	1.33	2.25	1.61	1.17	0.82
	32.85	33.95	33.40	33.39	33.96	33.47	33.38	33.76	33.77	33.18	33.29	32.37	33.01	33.45	33.80
Januar	1.60	0.63	0.99	1.06	0.73	0.92	1.03	0.75	0.67	1.13	1.27	2.04	1.46	0.89	n.e.
	33.02	33.99	33.63	33.56	33.89	33.70	33.59	33.87	33.95	33.49	33.35	32.58	33.16	33.73	n.e.
Februar	1.57	0.56	0.77	0.71	0.57	0.90	1.13	0.68	0.63	1.04	1.26	1.65	1.38	0.75	0.48
	33.05	34.06	33.85	33.91	34.05	33.72	33.49	33.94	33.99	33.58	33.36	32.97	33.24	33.87	34.14
März	1.19	0.56	0.77	0.73	0.69	1.02	1.02	0.64	0.66	0.92	1.22	1.74	1.31	0.75	0.34
	33.43	34.06	33.85	33.89	33.93	33.60	33.60	33.98	33.96	33.70	33.40	32.88	33.31	33.87	34.28
April	1.37	0.71	0.56	0.76	0.60	0.84	1.00	0.41	0.57	0.94	1.23	1.42	1.34	0.42	0.33
	33.25	33.91	34.06	33.86	34.02	33.78	33.62	34.21	34.05	33.68	33.39	33.20	33.28	34.20	34.29
Mai	1.49	0.80	0.62	0.92	0.57	0.83	1.09	0.58	0.63	1.01	1.41	1.56	n.e.	0.58	0.39
	33.13	33.82	34.00	33.70	34.05	33.79	33.53	34.04	33.99	33.61	33.21	33.06	n.e.	34.04	34.23
Juni	1.60	1.04	0.57	0.71	0.62	0.92	1.10	0.82	0.88	1.17	1.69	1.84	1.53	0.70	0.57
	33.02	33.58	34.05	33.91	34.00	33.70	33.52	33.80	33.74	33.45	32.93	32.78	33.09	33.92	34.05
Juli	1.27	1.06	0.84	0.77	0.65	1.06	1.07	0.91	0.99	1.18	1.75	1.89	1.64	0.89	0.77
	33.35	33.56	33.78	33.85	33.97	33.56	33.55	33.71	33.63	33.44	32.87	32.73	32.98	33.73	33.85
August	1.43	1.23	0.98	0.86	0.81	1.14	1.06	0.89	1.13	1.34	2.00	1.97	1.46	1.15	n.e.
	33.19	33.39	33.64	33.76	33.81	33.48	33.56	33.73	33.49	33.28	32.62	32.65	33.16	33.47	n.e.
September	1.53	1.28	1.13	0.99	0.96	1.22	1.11	0.93	1.32	1.46	2.20	1.94	1.60	1.20	n.e.
	33.09	33.34	33.49	33.63	33.66	33.40	33.51	33.69	33.30	33.16	32.42	32.68	33.02	33.42	n.e.
Oktober	1.34	1.29	1.21	0.81	1.05	1.30	1.00	0.88	1.36	1.49	2.28	1.94	1.28	1.19	n.e.
	33.28	33.33	33.41	33.81	33.57	33.32	33.62	33.74	33.26	33.13	32.34	32.68	33.34	33.43	n.e.
WM	33.07	33.99	33.69	33.66	33.96	33.62	33.51	33.90	33.91	33.48	33.32	32.72	33.12	33.75	34.01
SM	33.18	33.50	33.73	33.78	33.84	33.54	33.55	33.79	33.57	33.35	32.73	32.76	33.12	33.67	34.04
MAX-MIN	0.61	0.73	0.71	0.54	0.48	0.47	0.24	0.59	0.79	0.57	1.06	0.91	0.62	0.81	0.77
JM	33.12	33.75	33.71	33.72	33.90	33.58	33.53	33.84	33.74	33.41	33.02	32.74	33.12	33.71	34.02
FJM	33.09	33.38	33.49	33.55	33.63	33.73	33.69	33.71	33.72	33.62	33.51	33.35	33.21	33.20	33.28
GSM	33.12	33.41	33.51	33.57	33.63	33.63	33.61	33.64	33.65	33.63	33.57	33.50	33.47	33.49	33.52

Legende: MPH - Meßpunkthöhe, GLH - Geländehöhe, ROS - Rotsohle (über NN und unter Meßpunkt), WM - Wintermittel, SM - Sommermittel, JM - Jahresmittel, FJM - Fünfjahresmittel, GSM - Gesamtittel, LGD-Nr. - Kennziffer Landesgrundvermessungsamt



Meßreihen Pegel K01702 (RW) 1/92



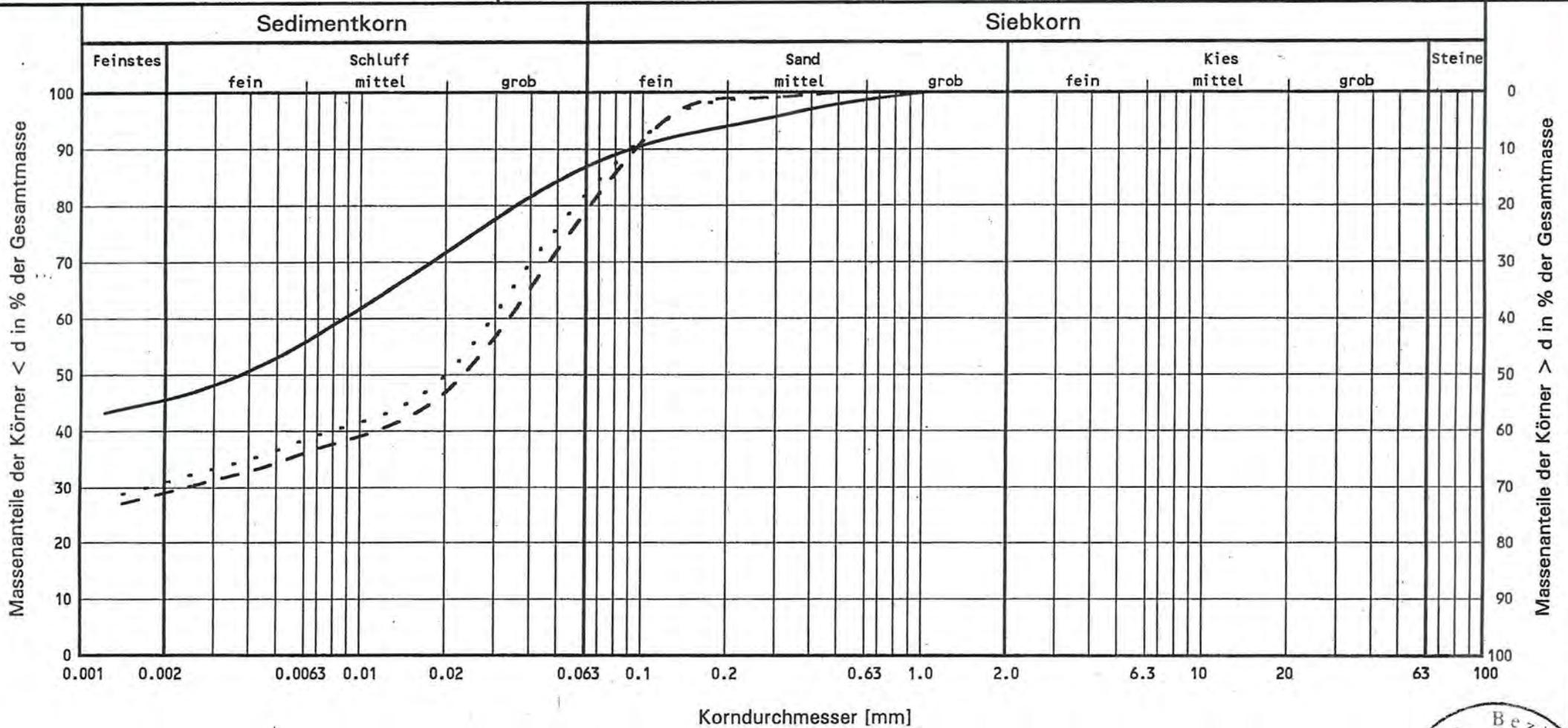
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]
1	1	0,0-1,0	—	T, \bar{u} , fs ¹	45.7	41.4	12.9				29,18
2	1	1,0-2,0	- -	U, \bar{t} , fs	29.2	50.3	20.5				27,41
3	1	2,0-3,0	-----	U, \bar{t} , fs ¹	31.1	51.3	17.6				27,65





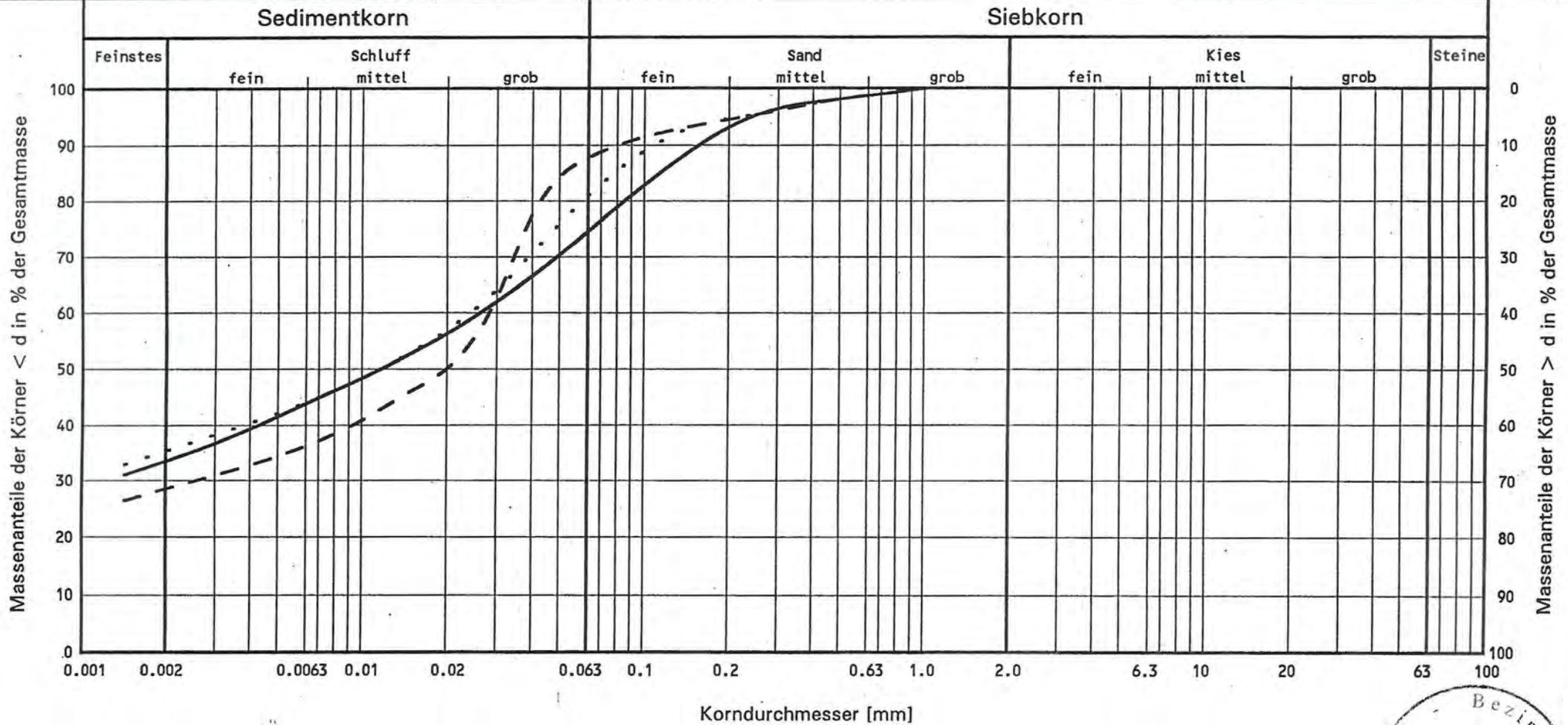
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]
4	2	0,0-1,0	—	$U, \bar{\tau}, fs$	33.7	41.2	25.1				22,24
5	2	1,0-2,0	- -	$U, \bar{\tau}, fs'$	28.6	59.4	12.0				20,89
6	2	2,0-3,0	-----	$U, \bar{\tau}, fs'$	35.6	45.7	18.7				18,80





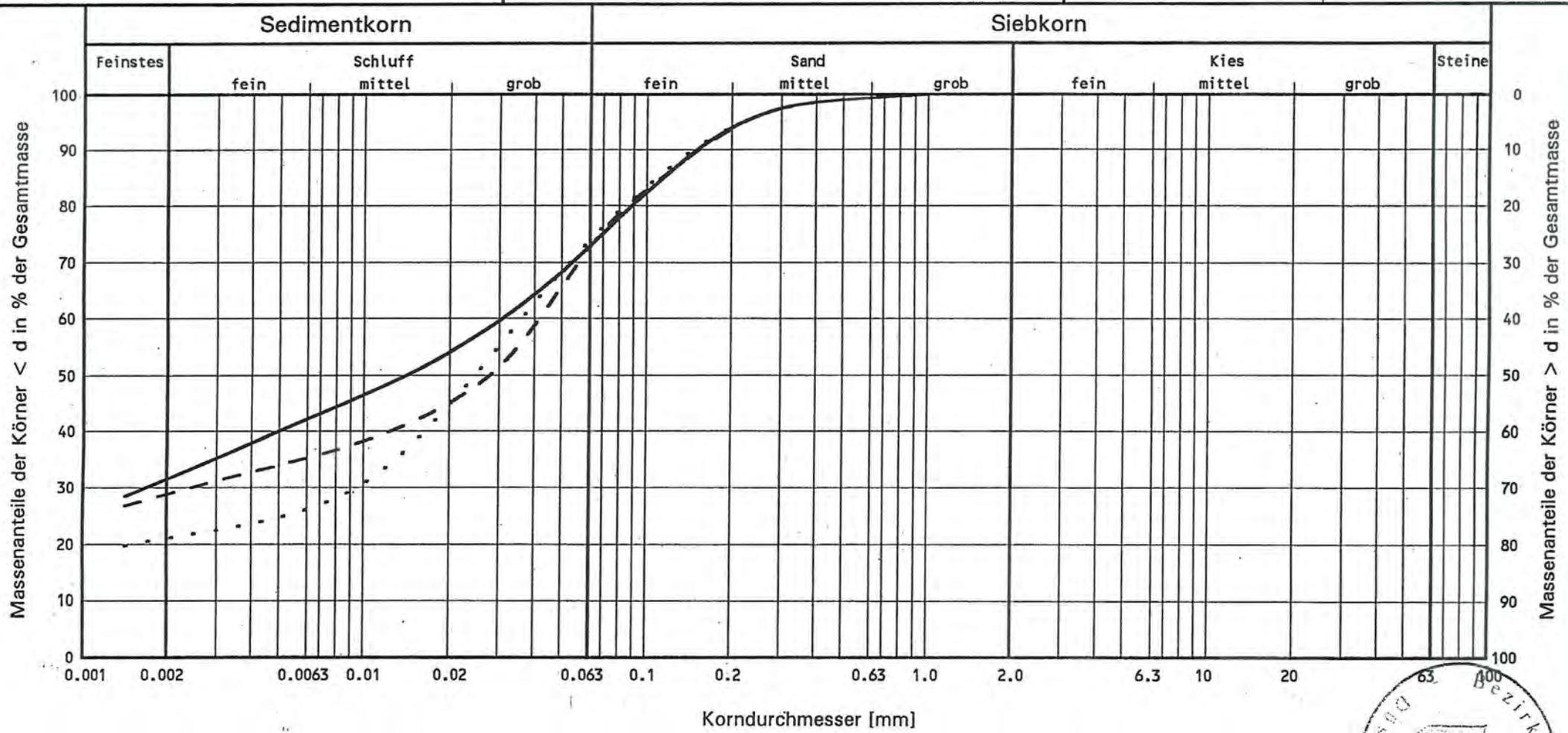
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	$w [\%]$	Ps
7	3	0,0-1,0	—	U, \bar{t}, fs	31.8	41.6	26.7				21,34	
8	3	1,0-2,0	- -	U, \bar{t}, fs	29.0	44.3	26.8				21,68	
9	3	2,0-3,0	· · · · ·	U, t, fs	21.2	53.1	25.6				21,11	



Anlage



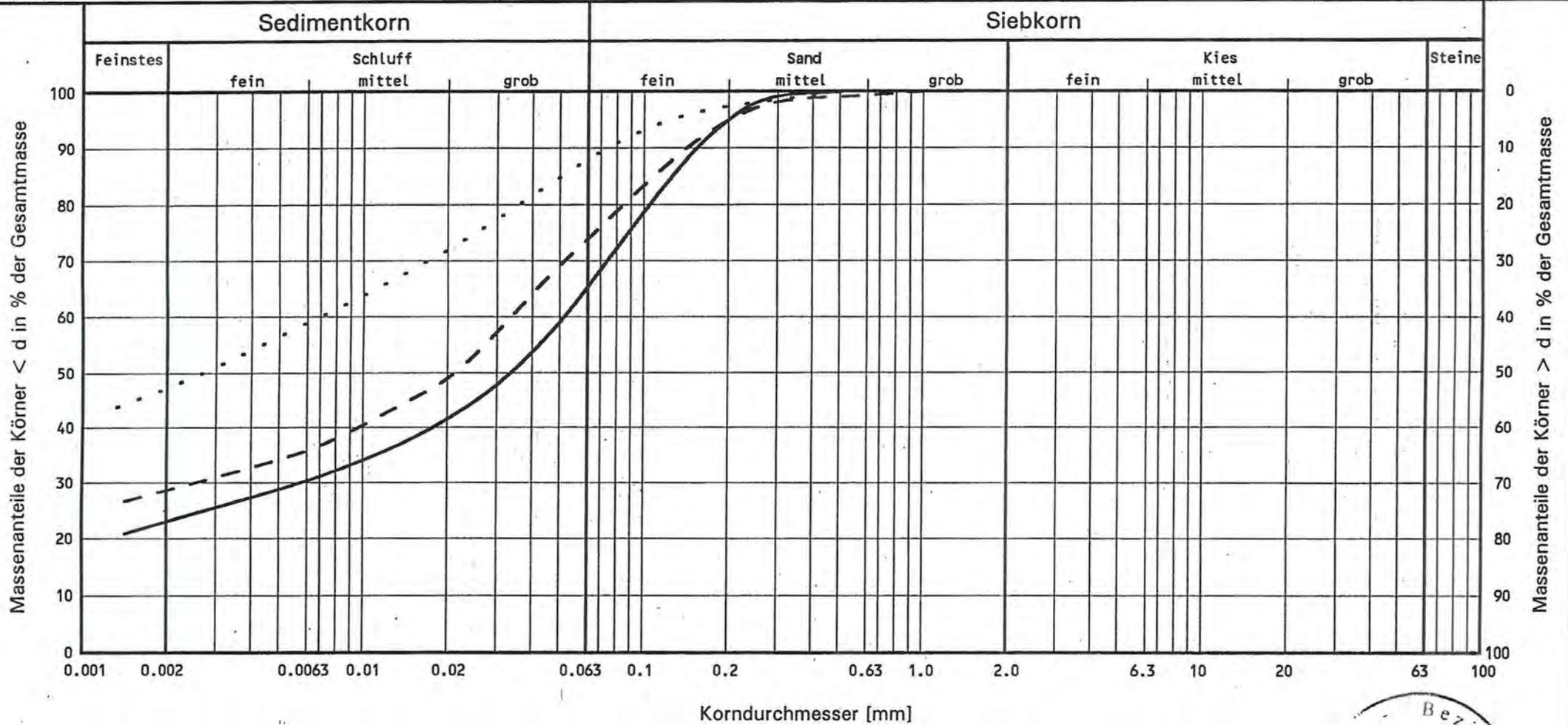
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa. Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]	Anlage
10	4	0,0-1,0	—	U, t, fs	23.2	42.7	34.1				22,73	
11	4	1,0-2,0	- -	U, t, fs	28.8	45.5	25.7				28,54	
12	4	2,0-3,0	-----	T, u, fs'	47.6	40.7	11.8				24,22	





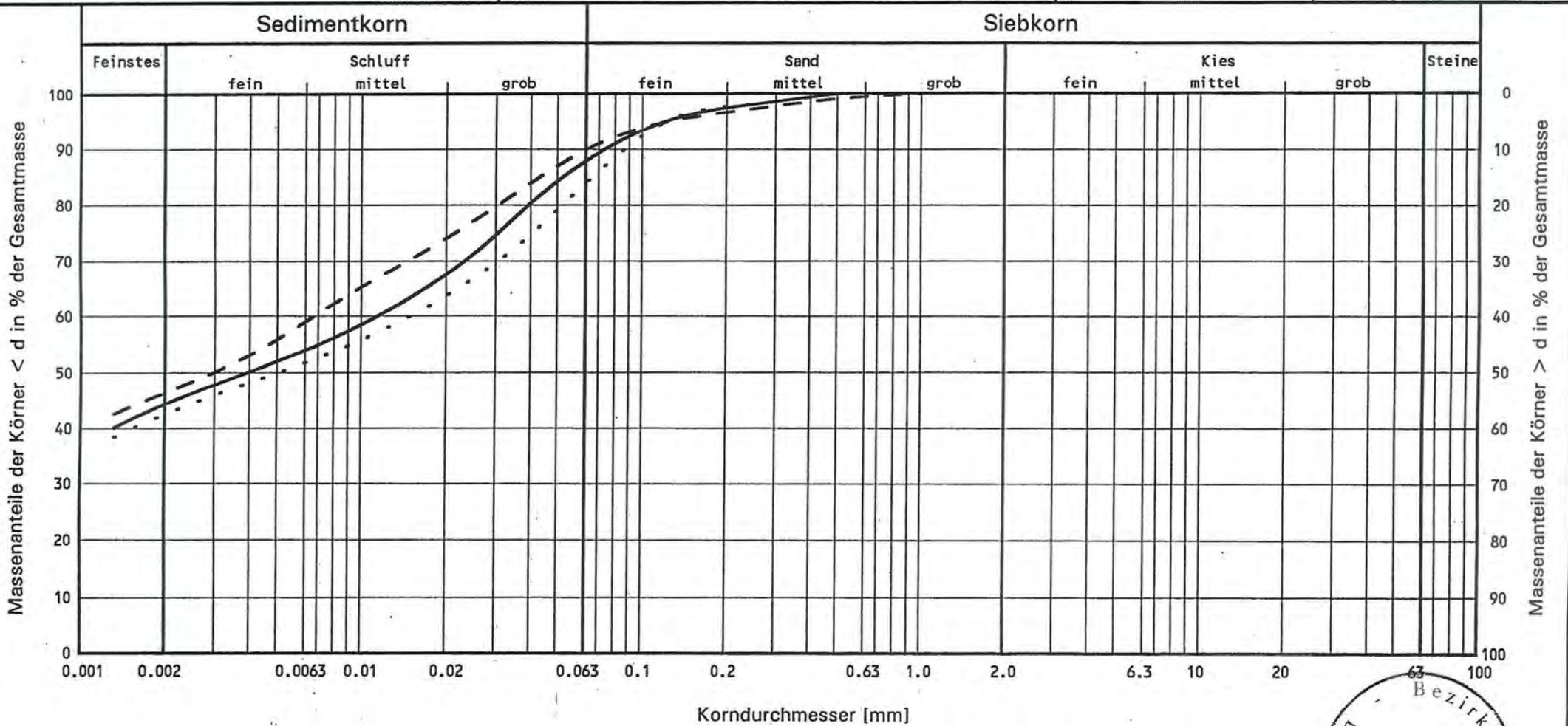
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

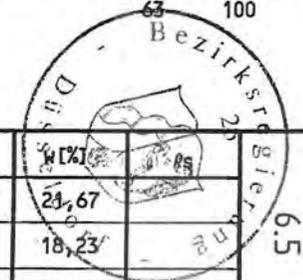
Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]
13	5 b	0,0-1,0	————	T, ū, fs'	44.5	43.7	11.8				21,67
14	5 b	1,0-2,0	- - - -	T, ū, fs'	46.5	43.6	9.9				18,23
15	5 b	2,0-3,0	-----	T, ū, fs'	42.7	41.7	15.6				20,73



Anlage
6.5



INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt

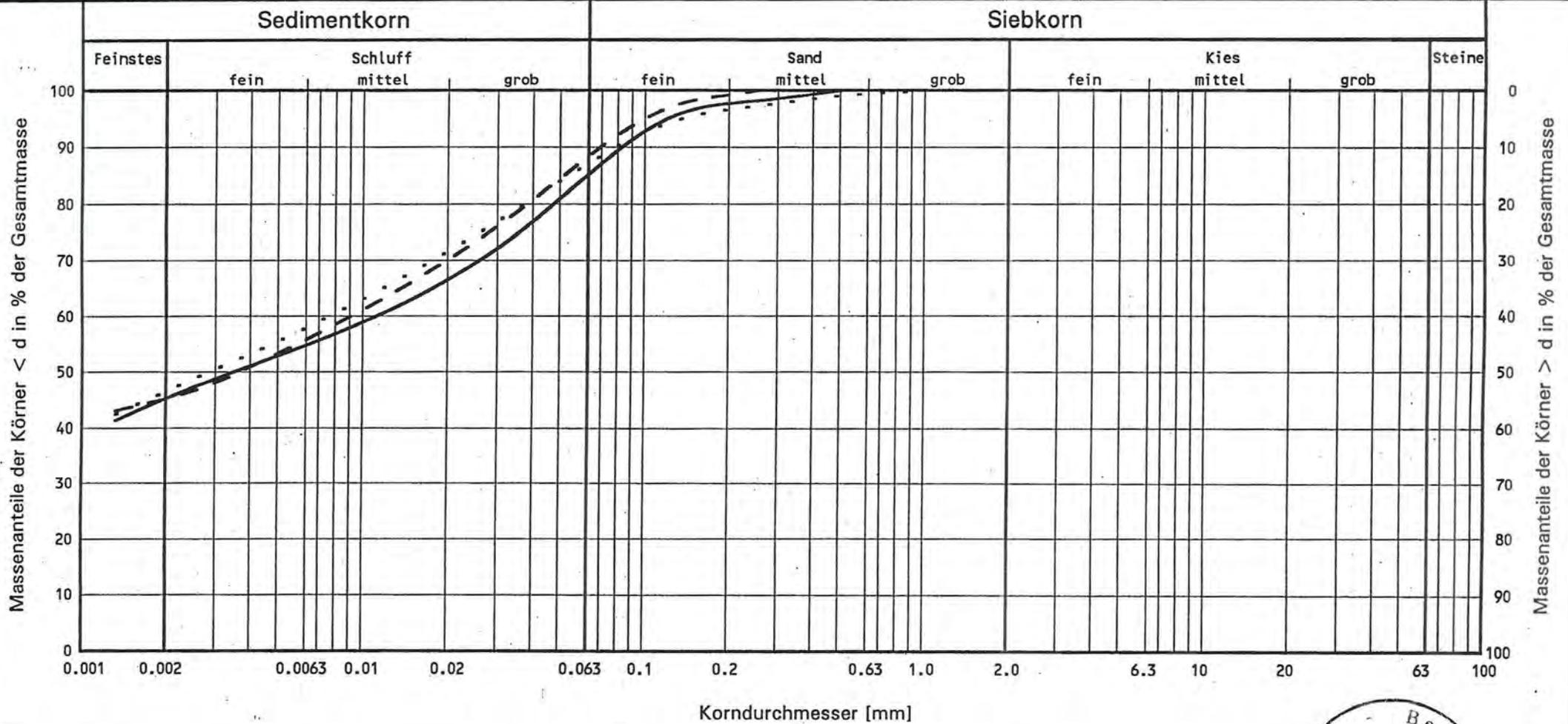
Fa. Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum

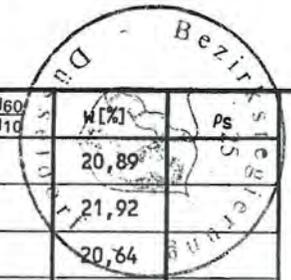
20.09.1995

Projekt-Nr.

94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]	ps
16	5 b	3,0-4,0	—	T, ũ, fs'	45.5	40.1	14.4				20,89	
17	5 b	4,0-5,0	- -	T, ũ, fs'	45.4	43.3	11.3				21,92	
18	5 b	5,0-6,0	-----	T, ũ, fs'	46.7	40.7	12.5				20,64	





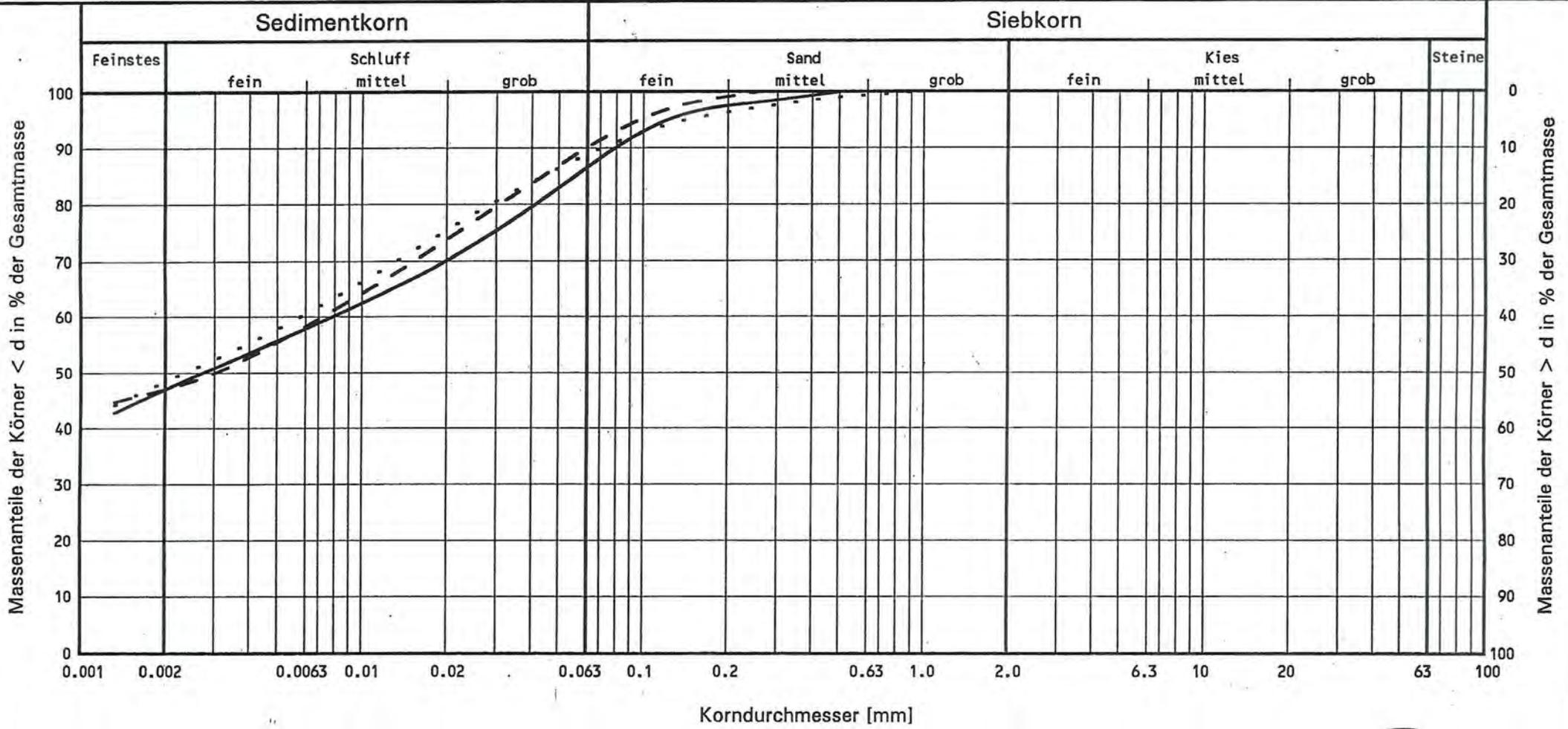
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinestes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]	Ps
19	6 b	0,0-1,0	—	T, \bar{u} , fs'	47.2	39.7	13.1				21,46	
20	6 b	1,0-2,0	- -	T, \bar{u} , fs'	47.2	43.1	9.7				23,12	
21	6 b	2,0-3,0	- - - -	T, \bar{u} , fs'	48.6	40.4	10.9				22,95	



Anlage
6.7



INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt

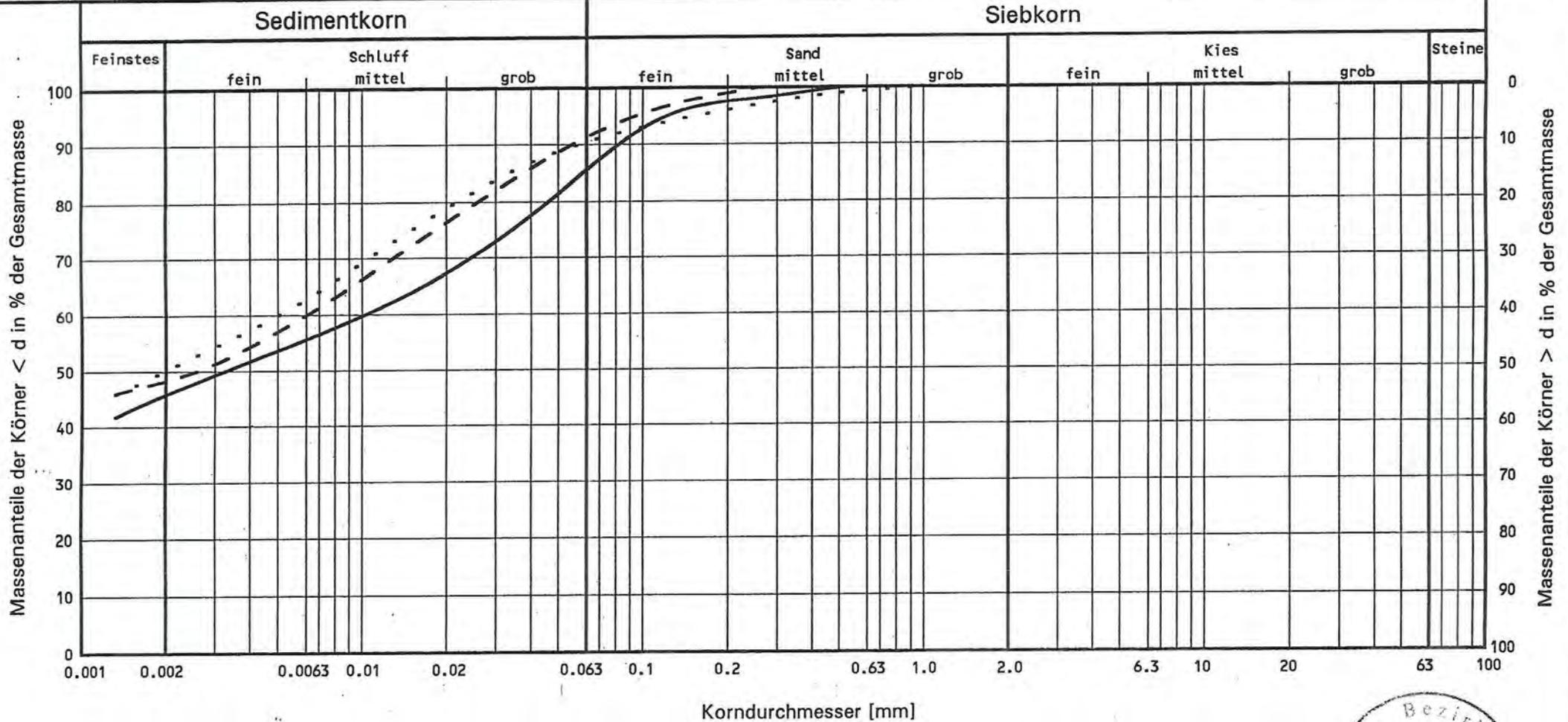
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum

20.09.1995

Projekt-Nr.

94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinestes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]	Ps
22	6 b	3,0-4,0	—	T, \bar{u} , fs'	45.9	40.0	14.1				21,16	
23	6 b	4,0-5,0	- - -	T, \bar{u} , fs'	48.5	43.0	8.5				19,78	
24	6 b	5,0-6,0	· · · · ·	T, \bar{u} , fs'	50.4	40.1	9.5				20,93	



Anlage 68



INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt

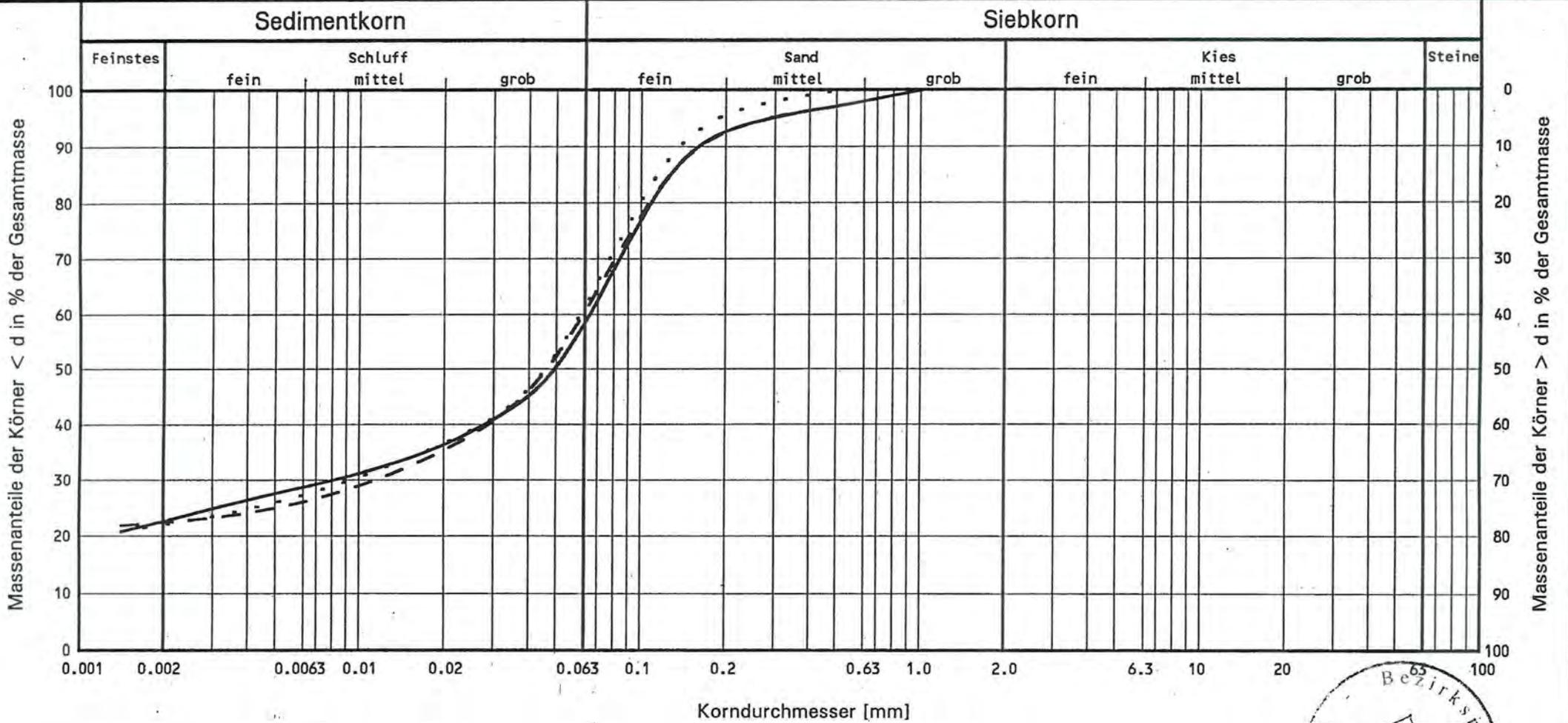
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum

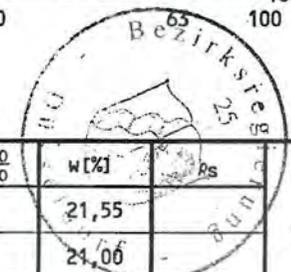
22.09.1995

Projekt-Nr.

94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]	Ps
25	7 b	0,0-1,0	—	U, t, fs	22.8	36.4	40.8				21,55	
26	7 b	1,0-2,0	- -	U, t, fs	22.6	38.7	38.8				21,06	
27	7 b	2,0-3,0	U, t, fs	22.1	40.1	37.7				18,96	



6.9

Anlage



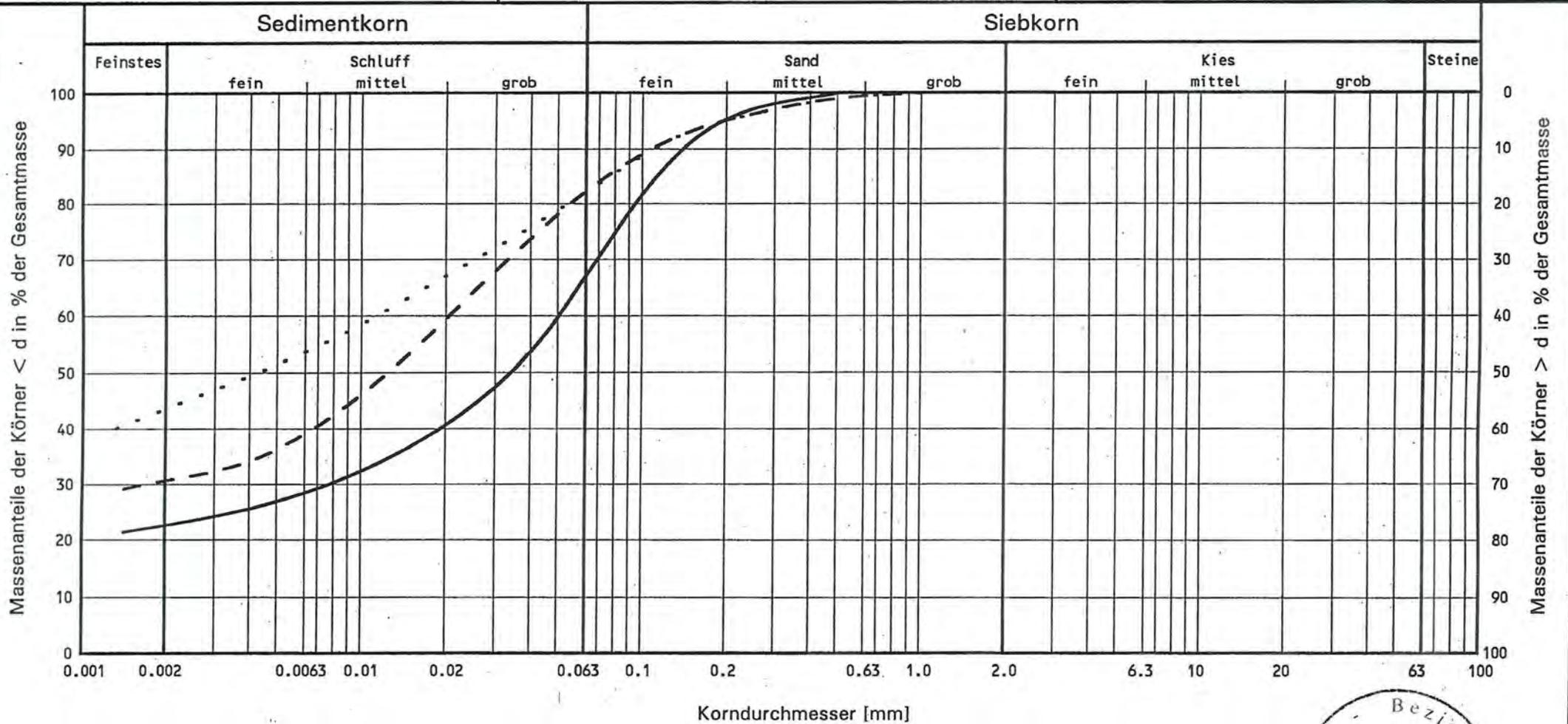
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe[m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w[%]	PS
28	7 b	3,0-4,0	————	U, t, fs	22.8	44.8	32.4				20,76	
29	7 b	4,0-5,0	- - - -	U, t, fs'	30.8	51.8	17.4				19,96	
30	7 b	5,0-6,0	T, u, fs'	43.8	38.6	17.6				21,96	



Anlage
6.10



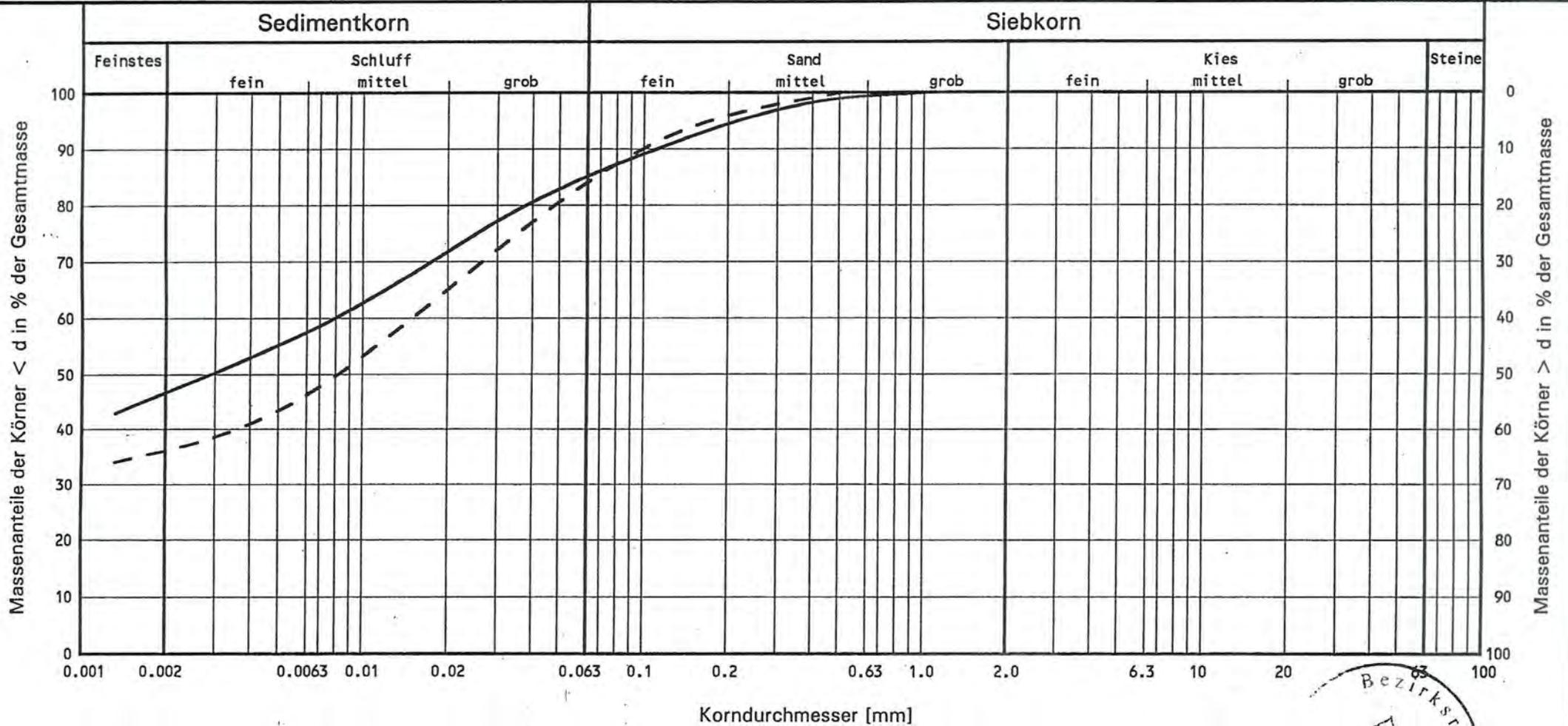
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	w [%]	ps	Anlage
31	8 a	0,0-1,0	—	T, ū, fs'	46.9	38.4	14.7				29,18		6.11
32	8 a	1,0-2,0	- -	U, t̄, fs'	36.3	48.1	15.6				21,80		





INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt

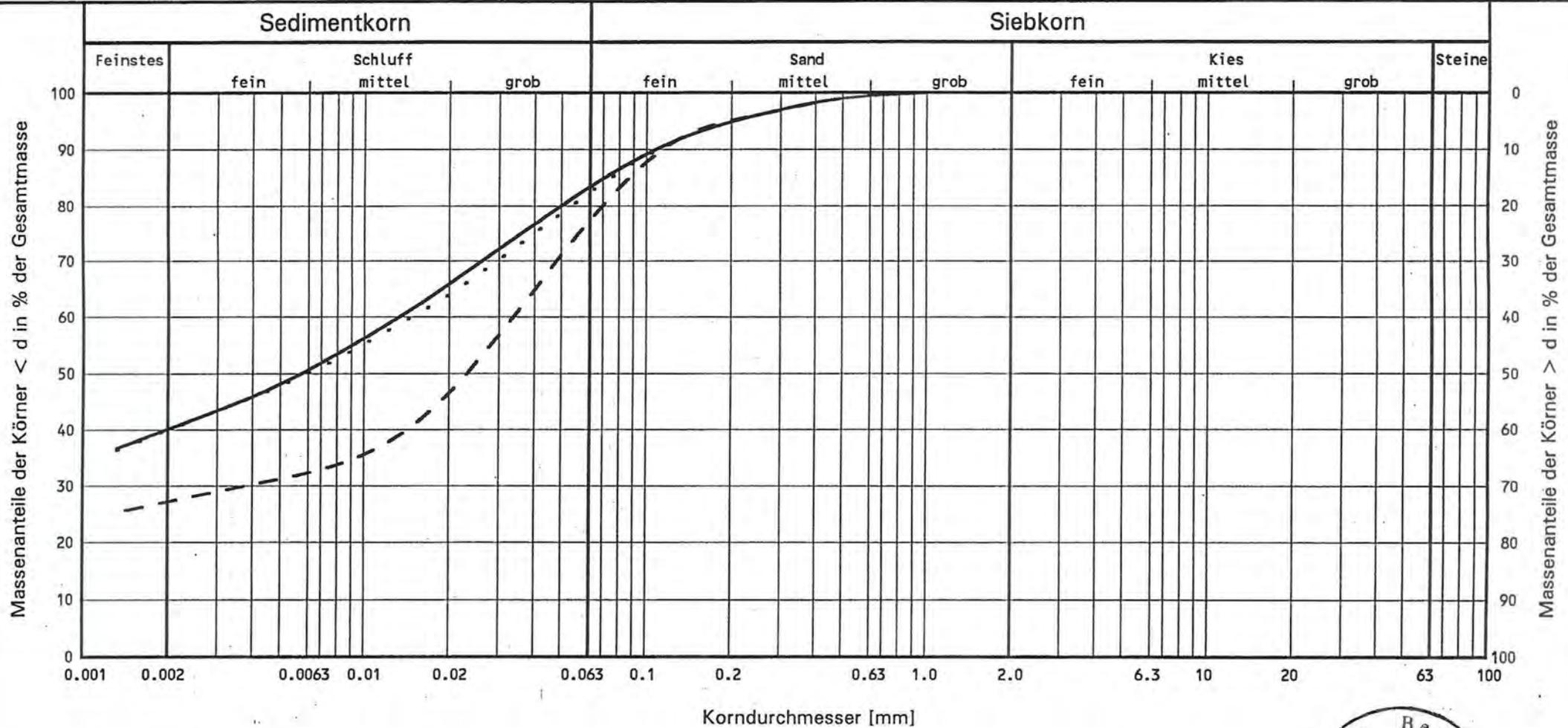
Fa. Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum

20.09.1995

Projekt-Nr.

94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe [m]	Signatur	Bodenart	Feinstes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	W [%]	PS
33	8 a	2,0-3,0	—	T, \bar{u}, fs'	40.3	43.3	16.4				22,53	
34	8 a	3,0-4,0	- -	U, \bar{t}, fs	27.3	50.6	22.2				22,22	
35	8 a	4,0-5,0	- - - -	T, \bar{u}, fs'	40.2	42.5	17.3				22,32	





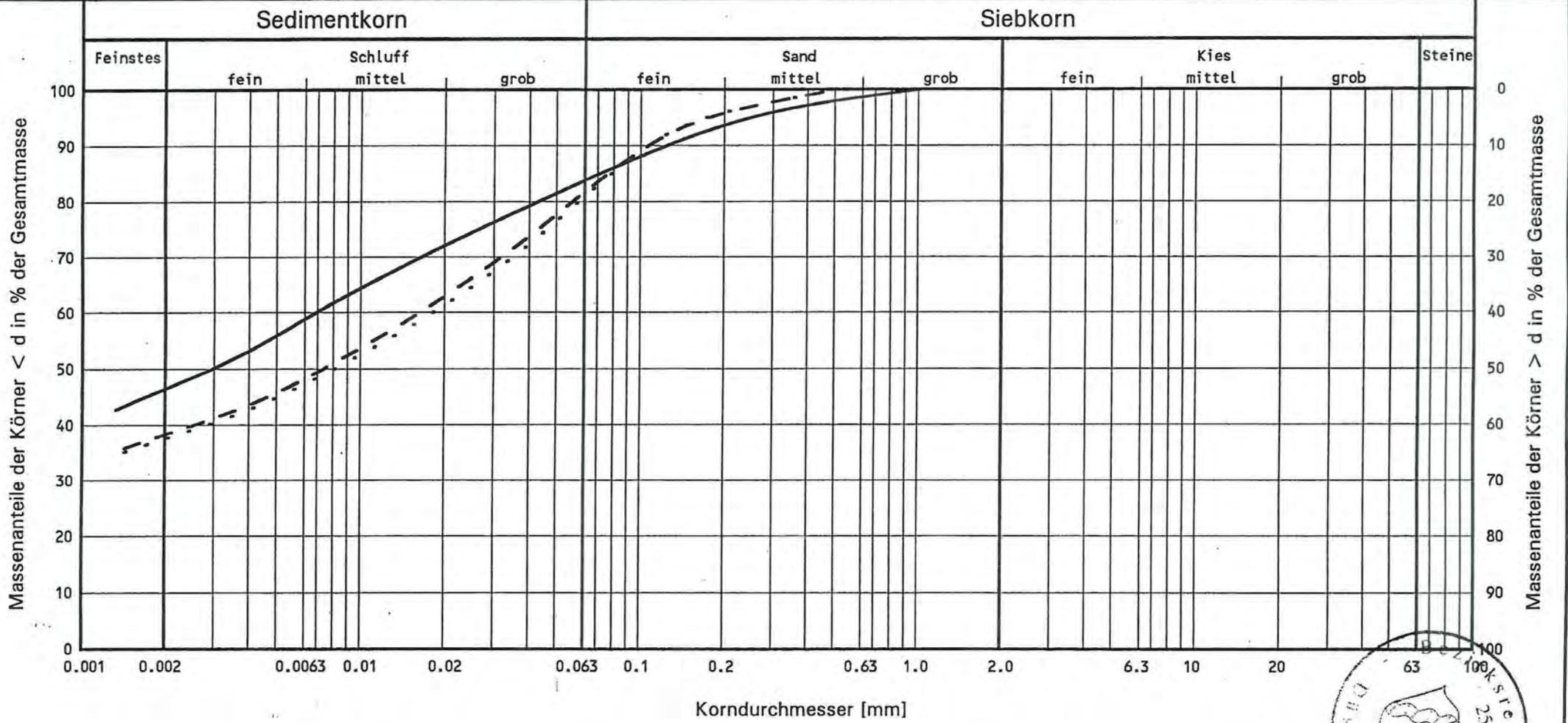
INGENIEURBÜRO
SIEDEK UND KÜGLER
ESSEN KETTWIG

Körnungskurve

Projekt
Fa.Nottenkämper/Tongrube Iduna Hall

Datum
22.09.1995

Projekt-Nr.
94.12.41



Labor-Nr.	Bo./Sch.	Tiefe[m]	Signatur	Bodenart	Feinestes	Schluff	Sand	Kies	Steine	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	W[%]	Ps	Anlage
36	9	0,0-1,0	—	T, \bar{u}, fs'	46.6	37.3	16.0				28,15		6.13
37	9	1,0-2,0	- -	U, \bar{t}, fs'	38.5	43.6	17.9				28,06		
38	9	2,0-3,0	· · · ·	U, \bar{t}, fs'	37.8	43.5	18.7				28,39		

