



**Deponie Plöger Steinbruch in Velbert**  
**Erweiterung Nordwest**

**Geologische, hydrogeologische**  
**und geotechnische Standortverhältnisse**



---

**Deponie Plöger Steinbruch in Velbert, Erweiterung Nordwest**  
**Untersuchung geologische, hydrogeologische und geotechnische Standortverhältnisse**

---

**Auftraggeber:** Deponiebetriebsges. Velbert mbH  
Haberstraße 13a  
42551 Velbert

**Ansprechpartner:** Herr Kentjens

**Bestellnummer:** -

**Bestelldatum:** 2.7.2015 und 5.2.2019

---

**Auftragnehmer:** Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstraße 112  
52078 Aachen

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Geol. S. Krings

**Projektnummer:** 15.118

**Berichtsdatum:** 15.03.2019

**Berichtsumfang:** 43 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)  
7 Anlagen  
7 Anhänge

---



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorgang, Aufgabenstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Verwendete Unterlagen .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Durchgeführte Untersuchungen.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Beschreibung des Standortes .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Geologie .....</b>	<b>7</b>
5.1	Geologischer Rahmen .....	7
5.2	Schichtenfolge .....	8
5.3	Tektonik .....	10
5.4	Gefährdungspotenziale des Untergrundes .....	11
5.5	Geologische Verhältnisse im engeren Standortbereich.....	12
<b>6</b>	<b>Grundwasser .....</b>	<b>18</b>
6.1	Hydrologische Basisdaten.....	18
6.2	Gebirgsdurchlässigkeiten .....	18
6.3	Beschreibung des Aquifersystems.....	21
6.4	Grundwasserfließrichtung .....	23
6.4.1	Regionale Situation .....	23
6.4.2	Situation im Standortbereich.....	23
6.4.3	Abstromgebiet .....	25
6.5	Grundwasserspiegelschwankungen, Flurabstände .....	25
6.6	Quellen, Vernässungszonen .....	27
6.7	Wasserwirtschaftliche Verhältnisse.....	28
6.8	Grundwasserbeschaffenheit .....	28
<b>7</b>	<b>Geotechnische Verhältnisse.....</b>	<b>30</b>
7.1	Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit.....	30
7.2	Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostepfindlichkeit .....	32
7.3	Mittlere Bodenkennwerte .....	32
<b>8</b>	<b>Bewertung des Standortes .....</b>	<b>33</b>
8.1	Anforderungen an einen Deponiestandort.....	33
8.2	Beurteilung der Standortbedingungen .....	34
8.3	Mögliche und notwendige Maßnahmen zur Standortverbesserung .....	37
<b>9</b>	<b>Empfehlungen .....</b>	<b>38</b>



## Anlagenverzeichnis

- Anl. 1            Geologische Karte mit Eintragung aller Bodenaufschlüsse und Schnittführungen,  
                    M. 1 : 1.000
- Anl. 2.1 - 2.2   Geologische Profile A bis C
- Anl. 2.1            M. d. L. 1 : 1.000, M.d.H. 1 : 500
- Anl. 2.2            M. d. L. 1 : 250, M.d.H. 1 : 250
- Anl. 3            Hydrogeologische Grundrißkarte, hohe Grundwasserstände (20.1.1994 /  
                    29.2.2016) und mittlere Grundwasserstände (28.10.2015), M. 1 : 2.000
- Anl. 4            Mächtigkeitskarte Lehmüberdeckung, M. 1 : 2.000
- Anl. 5            Lageplan Verbreitung des Eisernen Hutes (Vorauswertung), M. 1 : 2.000
- Anl. 6.1 – 6.3   Ganglinien Grundwasserstände und Flurabstände
- Anl. 7.1 – 7.2   Analysenergebnisse Grundwasser (tabellarische Zusammenstellung)

## Anhang

- Anh. 1.1 – 1.14   Bohrprofile der Rammkernsondierungen
- Anh. 2.1 – 2.8    Bohrprofile der Grundwassermessstellen und Aufschlußbohrungen
- Anh. 3.1 – 3.5    Ausbauprofile der Grundwassermessstellen
- Anh. 4.1 – 4.3    Ergebnisse der Auffüllversuche
- Anh. 5.1 – 5.12   Kornverteilungskurven
- Anh. 6.1 – 6.6    Bestimmungen der Atterbergschen Grenzen
- Anh. 7            Bestimmungen des Wassergehaltes





## **1 Vorgang, Aufgabenstellung**

Die DBV plant die Erweiterung der Deponie Plöger Steinbruch in nordwestlicher Richtung (Erweiterung Northwest) auf einer Fläche von ca. 10,4 ha. Es handelt sich um eine Deponie der Klasse DK I.

Das Geotechnische Büro wurde von der Deponiebetriebsges. Velbert mbH mit Schreiben vom 2.7.2015 mit der Durchführung von geotechnischen Untersuchungen zur Eignung des Standortes als Deponiestandort aus geologisch/hydrogeologischer/geotechnischer Sicht gemäß den Anforderungen der Deponieverordnung beauftragt. In 2014 wurde vom Geot. Büro eine Voruntersuchung auf Basis der Auswertung vorhandener Unterlagen durchgeführt und ein Untersuchungsprogramm aufgestellt, welches im Rahmen des vorliegenden Berichtes umgesetzt wurde. Der Bericht wurde in einer ersten Fassung am 16.11.2015 vorgelegt. Nach Durchführung weiterer Untersuchungen wurde eine Aktualisierung erforderlich, die mit diesem Bericht vorgelegt wird. Der vorliegende Bericht ersetzt den ersten Bericht vom 16.11.2015.

Der westliche und mittlere Teil der geplanten nordwestlichen Erweiterungsfläche wurde im Rahmen von Standortuntersuchungen auf diversen Teilflächen durch das Geotechnische Büro (1991 - 1994) sowie der Untersuchungsergebnisse der Ingenieurbüros Dr.-Ing. Steffen und Christ aus den 1980er Jahren unter Einbindung des damaligen Geologischen Landesamtes NW (heute Geologischer Dienst) vor dem Hintergrund der damals als Hausmülldeponie (Deponieklasse II) geplanten Erweiterung bereits umfangreich untersucht. Die Ergebnisse wurden in dem vorliegenden Bericht mit einbezogen.

## **2 Verwendete Unterlagen**

### **Karten- und Planunterlagen**

- Deutsche Grundkarte (DGK 5), 1 : 5.000,
- Geologische Karte 1 : 25.000 (GK 25), Blatt 4608 Velbert und Erläuterungen,
- Geologische Karte 1 : 100.000 (GK 100), Blatt 4706 Düsseldorf-Essen,
- Gewässerstationierungskarte NW (GSK 25),
- Grubenbild, Stadt Velbert, 1984,
- Wasserschutzgebiete in NRW.

### **Gutachten, Literatur**

- BÄRTLING, R. & PAECKELMANN, W. (1928): Erläuterungen zu Blatt 4608 Velbert. - Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, 1 : 25.000,



- EARTH MANUAL (1974): A waters resources technical publication - A guide to the use of soils as foundations and as construction materials for hydraulic structures. - 2. Aufl.; Washington D. C. (U. S. Department of Interior, Bureau of Reclamation),
- GEOLOGISCHES LANDESAMT NW (1988): Über die Ausbildung des Eisernen Hutes bei Ergänzungen der Grube "Vereinigte Glückauf 2/3" im Bereich des Deponiegeländes "Plöger-scher" Steinbruch (Lintorf-Velberter Ganggebiet),
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN (1991): Gutachten über die geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Verhältnisse im westlichen Erweiterungsbereich der Deponie Plöger Steinbruch,
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN (1992-1): Gutachten über geotechnische Laborversuche an den im Standortbereich Deponie Plöger Steinbruch, Erweiterung West anstehenden Verwitterungslehmen hinsichtlich ihrer Eignung als mineralisches Abdichtungsmaterial,
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN (1992-2): Gutachten über ergänzende geologische und hydrogeologische Untersuchungen im geplanten westlichen Erweiterungsbereich der Deponie Plöger Steinbruch,
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN (1993): Bericht über ergänzende hydrogeologische Untersuchungen im Erweiterungsbereich West, Teil A (Velberter Schichten),
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN (1993): Bericht über geotechnische Ergänzungsuntersuchungen und Abschätzung der Standsicherheit eines Deponieabdichtungssystems einschließlich auflagerndem Müllkörper im Erweiterungsbereich Nord (Teil C) der Deponie Plöger Steinbruch,
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN (1994): Abschlußbericht über die geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Verhältnisse im Erweiterungsbereich West der Deponie Plöger Steinbruch,
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH (2005): Deponie Plöger Steinbruch in Velbert - Erweiterung West: Geologische, hydrogeologische und geotechnische Standortverhältnisse,
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH (2011): Deponie Plöger Steinbruch - Erweiterung West: Untersuchungen zum Eisernen Hut,
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH (2014): Deponie Plöger Steinbruch in Velbert - Erweiterung West: Voruntersuchung - Geologische, hydrogeologische und geotechnische Standortverhältnisse,
- LANGGUTH, H.-R., VOIGT, R. (1980): Hydrogeologische Methoden, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York,



- LANGGUTH, H.-R. (1965): Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels (Rheinisches Schiefergebirge). Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes NRW, Düsseldorf,
- STADT VELBERT, TIEFBAUAMT (1984): Planfeststellung Deponie Plöger Steinbruch, Erweiterung West, Band 1 - 3,
- STADT VELBERT, TIEFBAUAMT (1986): Planfeststellung Deponie Plöger Steinbruch, Erweiterung West, 1. Nachtrag, Landschaftspflegerischer Begleitplan,
- STADT VELBERT, TIEFBAUAMT (1987): Planfeststellung Deponie Plöger Steinbruch, 2. Nachtrag, Hydrogeologische und Bodenmechanische Ergänzungsuntersuchungen,
- STEFFEN, INGENIEURGESELLSCHAFT (1988): Zwischenbericht über die erdfallartigen Einbrüche auf der Deponie Plöger Steinbruch in Velbert,
- STEFFEN, INGENIEURGESELLSCHAFT (1989): 2. Zwischenbericht über die Untersuchungen der Verwitterungszone eines Erzganges (Eiserner Hut) auf der Deponie Plöger Steinbruch, Bauabschnitt V,
- STEFFEN, INGENIEURGESELLSCHAFT (1990): Deponie Plöger Steinbruch, Erkundung der Verwitterungszone "Eiserner Hut" für die Erweiterung West,
- DIETRICH & LEONHARDT (1989): Deponie Plöger Steinbruch, bodenmechanische Untersuchungen,
- WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE (1984): Bergbauliche Einwirkungen auf die Erweiterung West der Deponie Plöger Steinbruch, aus: Planfeststellung, Band 3,
- WESTFÄLISCHE BERGGEWERKSCHAFTSKASSE (1984): Abschlußbericht über die Abdeckung des Schachtes Vereinigte Glück Auf 2,
- DepV - Deponieverordnung (2009, zuletzt geändert März 2016),
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) M 28 (2014): Technische Regeln für die Überwachung von Grund-, Sicker- und Oberflächenwasser sowie oberirdischer Gewässer bei Deponien,
- LANUV-Arbeitsblatt 13 (2015): Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme,
- BOGENA et al. (2004): Die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen.- Umwelt Environment 37; Geologischer Dienst NRW und Forschungszentrum Jülich

### **3 Durchgeführte Untersuchungen**

Vom Geotechnischen Büro wurde ein Untersuchungsprogramm zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der Deponiefläche erstellt.



Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Projektgebiet wurden 3 Grundwassergütemessstellen und 2 temporäre Grundwassermessstellen angelegt sowie 3 Aufschlußbohrungen und 13 Rammkernsondierungen abgeteuft.

### **Geländeuntersuchungen**

In der 34. KW 2015 und am 1.12.2016 wurden folgende Untersuchungen ausgeführt:

- 13 Rammkernsondierungen (RKS 4 bis RKS 16) zur Erkundung der Lockergesteinsüberlagerung, Einzelteufen zwischen 2,0 und 13,0 m,  $\Sigma$  63,8 m, s. Anh. 1,
- 12 Auffüllversuche in Rammkernsondierungen in der Lockergesteinsüberlagerung (open-end-Tests), s. Anh. 4.1.

In der 34. bis 40. KW 2015 wurden von der Fa. Stölben GmbH, Zell/Mosel, folgende Geländearbeiten ausgeführt:

- 5 Maschinenbohrungen, im Fels im Spülbohrverfahren mit Durchmessern von 270 bzw. 220 mm gebohrt, im Lockergestein mit Einfachkernrohr, Einzelteufen zwischen 16 und 34 m,  $\Sigma$  124 m,
- Ausbau von 3 Bohrungen zu Grundwassergütemessstellen DN 125 im Abstrom der Erweiterung mit Verfilterung im Festgestein,
- Ausbau von 2 Bohrungen mit Lage innerhalb der Erweiterungsfläche zu temporären Grundwassermessstellen DN 50 mit Verfilterung im Festgestein,
- Auffüllversuche in den fertigen Grundwassermessstellen, s. Anh. 4.2.

In der 43 bis 45. KW 2017 wurden von der Fa. Gerätebau Wiedtal Schützeichel GmbH & Co. KG, Neustadt / Wied, folgende Geländearbeiten ausgeführt:

- 3 Aufschlußbohrungen bis OK Fels mit Einfachkernrohr (Bohrdurchmesser 146 mm), Teufen zwischen 18 und 21 m,  $\Sigma$  59 m,
- 3 Auffüllversuche in der gewachsenen Lockergesteinsüberlagerung (open-end-Tests), s. Anh. 4.3,
- Verfüllung der Bohrlöcher mit quelfähigem Ton (Bereich gewachsener Boden bzw. bis 1 m über Kiespolster) und Füllkies (Auffüllung).



Die ebenfalls geplante Grundwassergütemessstelle PB 16 wurde aufgrund dztg. stark erschwelter Zugänglichkeit zunächst zurückgestellt, sie soll später parallel zum Bau der Deponie errichtet werden.

Die geplanten Schürfe im Bereich der Hauptstörung zur weiteren Eingrenzung des Eisernen Huttes wurden zurückgestellt, da hierbei die junge Aufforstung großflächig zerstört worden wäre. Die detailliertere Kenntnis ist zudem nicht wesentlich für die Beurteilung der Standorteignung. Die Schürfe können später, ggf. vom abgeschobenen Deponieplanum aus, ausgeführt werden.

Die fachliche Betreuung der Arbeiten erfolgte durch die Geotechnisches Büro Prof. Düllmann GmbH.

Die Lage der Bohr- und Sondieransatzpunkte ist der Anl. 1 zu entnehmen. Die Ergebnisse der Bodenaufschlüsse wurden unter Berücksichtigung von DIN 4022 und DIN 4023 in Anh. 1 bis Anh. 3 dargestellt. Die Einmessung der Bohr- und Sondieransatzpunkte nach Lage und Höhe erfolgte durch das Vermessungsbüro Eicker, Wülfrath.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die Grundwasserstände in allen Messstellen zunächst vom Geotechnischen Büro, später von der DBV über gut 3 Jahre ca. monatlich gemessen.

### **Laboruntersuchungen**

Im Baugrundlabor der Geotechnischen Prüfstelle wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 12 Stück Bestimmungen der Kornverteilung (Anh. 5),
- 6 Stück Bestimmungen der Zustandsgrenzen (Anh. 6),
- 2 Stück Bestimmungen des natürlichen Wassergehaltes (Anh. 7).

Von der Bergisches Wasser- und Umweltlabor der BTV- GmbH, Wuppertal, wurden im Dezember 2018 aus 4 Grundwassermessstellen Grundwasserproben mittels einer Tauchmotorpumpe entnommen und auf Parameter der Übersichtsanalyse nach LAGA M 28 untersucht.

Im Umfeld der Altdeponie Plöger Steinbruch incl. auf der nordwestlichen Erweiterungsfläche wurden bereits eine Vielzahl von Bodenaufschlüssen, Hydrauliktests und Laborversuchen ausgeführt. Die Lage aller Bodenaufschlüsse geht aus Anl. 1 hervor. Die heute überbauten Grundwassermessstellen wurden im Lageplan durch eine durchgestrichene Bezeichnung kenntlich gemacht.



Die Dokumentationen der in den Jahren 1984 - 1994 durchgeführten Gelände- und Laboruntersuchungen sind den entsprechenden in Kap. 2 aufgelisteten Gutachten zu entnehmen, die Ergebnisse wurden im vorliegenden Gutachten berücksichtigt.

#### **4 Beschreibung des Standortes**

Die geplante Erweiterung Nordwest schließt sich nördlich an die dztg. betriebene Erweiterung West und an einen Teil der Altdeponie der Deponie Plöger Steinbruch an (s. Abb. 4-1).

Die Erweiterungsfläche liegt überwiegend auf Grundstücken der Stadt Velbert und der DGV (Deponiegesellschaft Velbert mbH & Co. KG), die Fläche beträgt insgesamt ca. 10,4 ha. Im Westen bildet der zum Hesperbach abfallende Steilhang eine natürliche Begrenzung, im Norden der vorhandene Mischwasserkanal DN 2000 bis DN 2200, zu dem die Deponieerweiterung einen Mindestabstand von 5 m einhält. Im Süden liegt der Deponiekörper auf einer Fläche von ca. 3,4 ha den Böschungen der bestehenden Deponieabschnitte auf.

Der größte Teil des Geländes der geplanten Erweiterung fällt nach Norden von ca. 185 m ü.NN auf 155 m ü.NN zur Röbbbeck (Bach) hin ab. Die Röbbbeck liegt in einem Höhenniveau von ca. 130 bis 145 m ü.NN, der Hesperbach von ca. < 140 bis 150 m ü.NN. Der nach Norden fließende Hesperbach als lokaler Hauptvorfluter mündet nach ca. 6 km in die Ruhr.

Die geplante Erweiterungsfläche ist dztg. im westlichen Teil Wiesenfläche, die großflächig mit jungen Baumanpflanzungen bestanden ist; im östlichen Teil ist ein dichter junger Wald ausgebildet. Im südlichen Teil liegt das dztg. RRB der vorhandenen Deponie mit einer Ablaufmulde nach Norden. Das RRB wird bei Realisierung der Deponieerweiterung nach Norden verlegt.

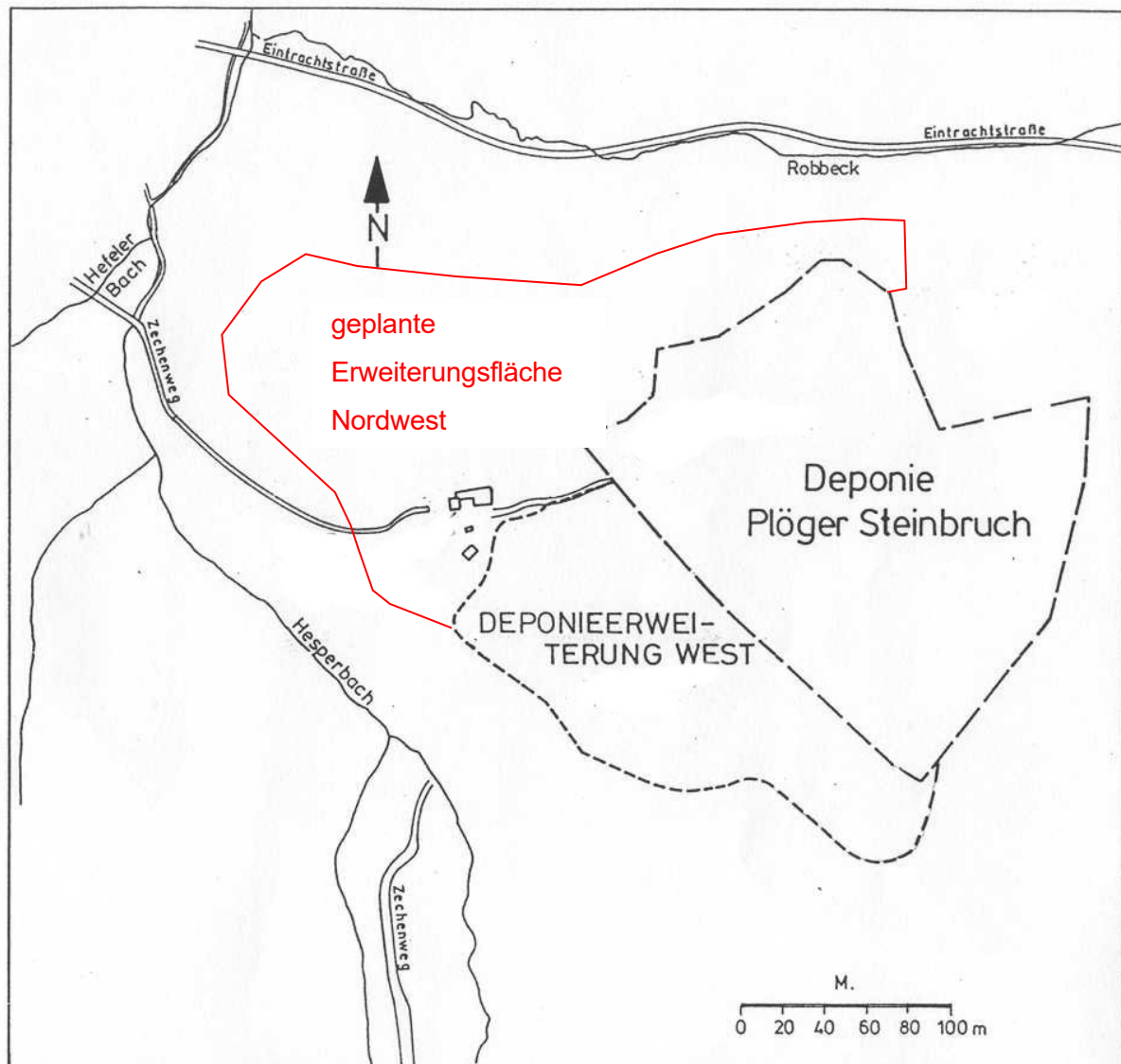


Abb. 4-1: Lage des Projektgebietes (unmaßstäblich)

## 5 Geologie

### 5.1 Geologischer Rahmen

Das Projektgebiet liegt im Rheinischen Schiefergebirge, hier im Bereich der nördlichen Umrandung des nach ENE abtauchenden Velberter Sattels.

Abb. 5-1 zeigt einen Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1 : 25.000 Blatt 4608 Velbert.

Der durch Erosion freigelegte Kern des Velberter Sattels besteht vorwiegend aus Tonschiefern und Kalksteinen des Mittel- und Oberdevons. An den devonischen Sattelkern schließen sich un-



terkarbonische Schichten mit Kalksteinen und Schiefern an. Im Oberkarbon folgen klastische flözleere Gesteine, denen sich im Hangenden flözführende Schichten anschließen.

Im ehemaligen Plöger Steinbruch wurden Kalke der Visé-Stufe des Unterkarbons abgebaut, welche als relativ schmales, durch mehrere Störungen zerstückeltes Band die klastischen oberdevonischen Schichten umrahmen.

Das Festgestein wird durch einen (örtlich steinigen) Lehm (Hanglehm und Verwitterungslehm) überlagert.

## **5.2 Schichtenfolge**

Die angetroffene Schichtenfolge stellt sich vom Älteren ins Jüngere wie folgt dar:

### **Velberter Schichten (Oberdevon)**

Die Velberter Schichten bestehen aus einer eintönigen Abfolge klastischer Sedimente. Es handelt sich hierbei um grünlich-graue, meist streifige, glimmerführende Tonschiefer und Schluffsteine mit wechselndem Sand- oder Kalkgehalt. Lokal können auch geringmächtige, glimmerhaltige, kalkige Sandsteine und dunkle Kalkbänke sowie Grauwacken und Arkosen auftreten. Die Mächtigkeit der Velberter Schichten beträgt ca. 500 - 1.000 m.

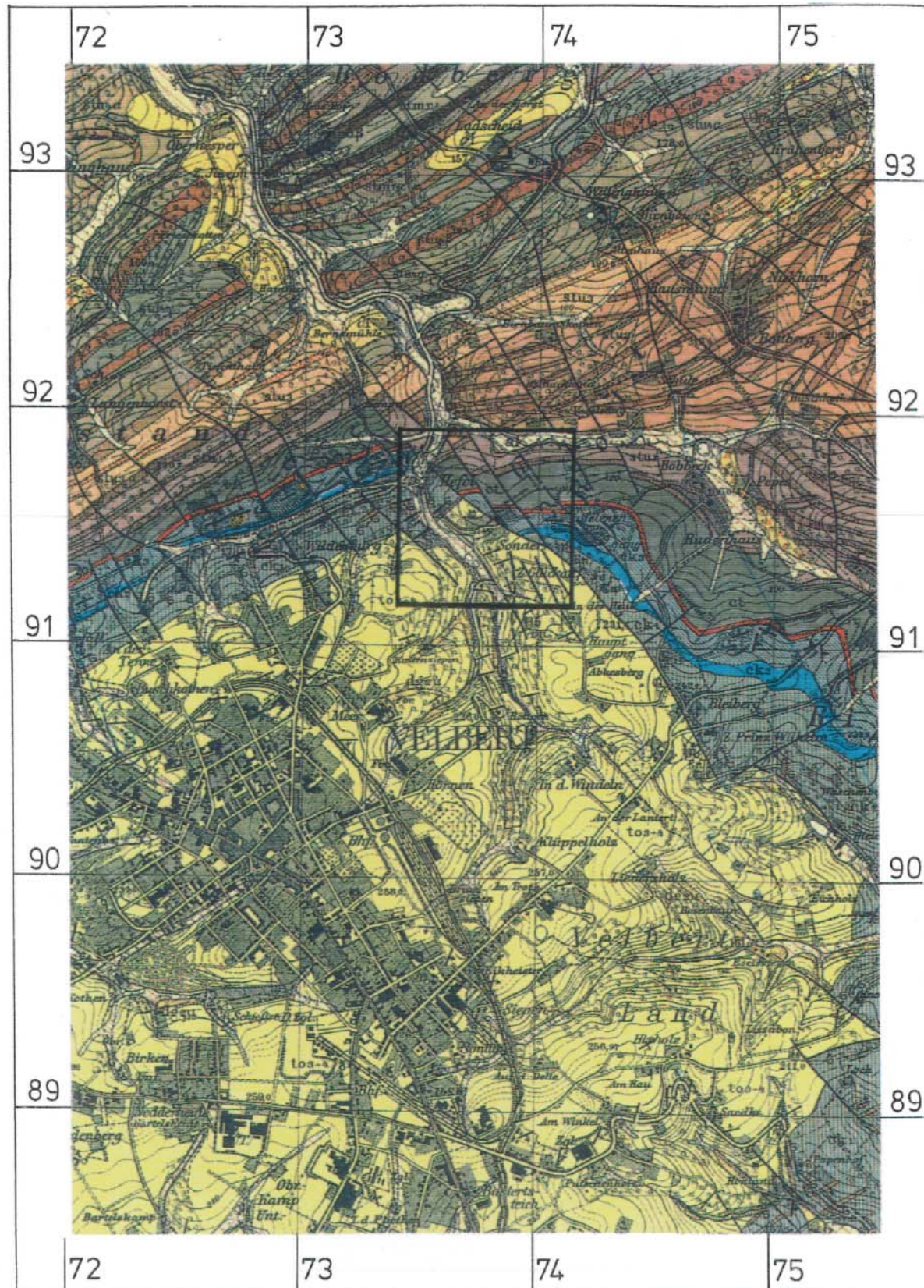
### **Etroeungt-Schichten (Oberdevon)**

Die Etroeungt-Schichten stellen einen Übergang der ausschließlich klastisch ausgebildeten Velberter Schichten des Oberdevons zu der kalkigen Abfolge des Kohlenkalks dar. Die ca. 50 m mächtige Schichtenfolge besteht aus einer Wechselfolge von kalkigen Schiefern, flaserigen Kalkknotenschiefern, Crinoidenkalkbänken sowie sandigen Schiefern mit Sandlagen und Tongallen und dünnbankigen glimmerführenden Sandsteinen.

### **Unterer Kohlenkalk (Tournai-Stufe, Unterkarbon)**

Der Untere Kohlenkalk wird von flasrig-mergelig ausgebildeten Kalksteinen der Tournai-Stufe aufgebaut, denen kalkige Schiefer zwischengeschaltet sein können. Im Projektgebiet ist der Kalkstein häufig verkieselt. Die Mächtigkeit des Unteren Kohlenkalks beträgt ca. 8 - 40 m. Der im Vergleich zum Oberen Kohlenkalk unreine Charakter wird dadurch ersichtlich, dass der Kalkabbau im Plöger Steinbruch nur bis an die Serien des Unteren Kohlenkalks erfolgte.





# LEGENDE

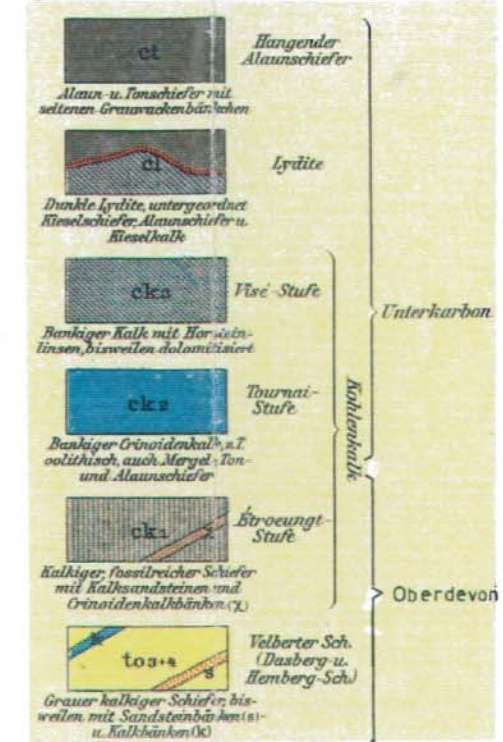
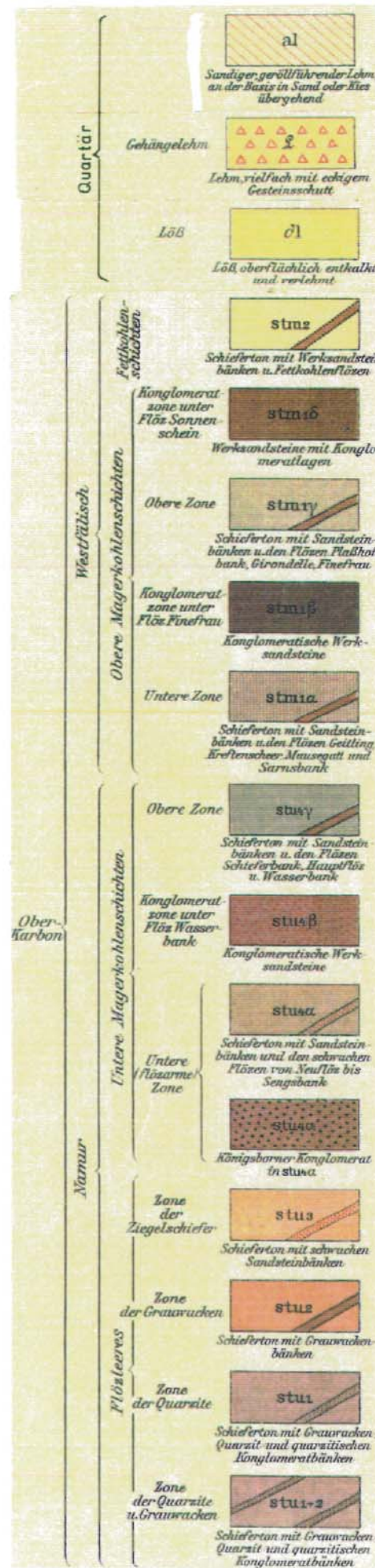


Abb. 5-1: Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1 : 25.000 Blatt Velbert





### **Oberer Kohlenkalk (Visé-Stufe, Unterkarbon)**

Die Mächtigkeit des Oberen Kohlenkalks beträgt ca. 80 m. Er ist meist dicht und von dunkelgrau-blauer Farbe. In den bankigen Abfolgen werden vereinzelt Mergellagen angetroffen. Die Zusammensetzung des Oberen Kohlenkalks ist sehr eintönig und gleichförmig. Der ehemalige Plöger Steinbruch ist in diesen Kalksteinen angelegt.

### **Hangender Alaunschiefer (Unterkarbon)**

Über dem Kohlenkalk folgen die Hangenden Alaunschiefer mit einer Mächtigkeit bis ca. 100 m. Es handelt sich hierbei um z. T. pyritführende, dunkle Schiefer, in welche vereinzelt Kieselschieferlagen und Grauwacken eingeschaltet sein können.

Lydite im Liegenden der Alaunschiefer bilden den Übergang zu den karbonatischen Serien der Tournai- und Visé-Stufe. Ihre Gesamtmächtigkeit beträgt ca. 10 m.

### **Tonschiefer und Quarzite des Namur (Oberkarbon, Flözleeres)**

Am Nordrand der Erweiterungsfläche sind klastische Sedimente des Namur anzutreffen. Insgesamt überwiegt der pelitische (feinkörnige) Anteil. Die in den Tonschiefern eingelagerten Grauwacken und Quarzitbänke können Mächtigkeiten von bis zu 15 m erreichen.

### **Quartär**

Das Quartär im Projektgebiet besteht aus pleistozänen und holozänen Verwitterungsbildungen. Auf den Hochflächen werden die devonischen und karbonischen Schichtserien von einer Decke aus Verwitterungslehm bedeckt. Zur Tiefe hin nimmt der Steinanteil zu. Die Verwitterungsschicht des paläozoischen Grundgebirges besitzt i.d.R. eine maximale Mächtigkeit von ca. 3 m.

Die Berghänge werden von einer durchschnittlich 0,5 - 2 m mächtigen Hanglehmdecke überlagert. In den Bereichen im Westen der Erweiterungsfläche, wo das paläozoische Grundgebirge durch Erosion als Härtling herauspräpariert wurde, ist durch Abspülung und Bodenfließen oft nur eine geringmächtige Bodenbedeckung ausgebildet.

Im Bereich der Vorfluter sind Tallehme abgelagert worden.

## **5.3 Tektonik**

### **Regionale Situation**

Die paläozoischen Schichten wurden im Zuge der variszischen Gebirgsbildung in NE-SW streichende Sättel und Mulden aufgefaltet. Überwiegend danach erfolgte eine Zergliederung des Ge-



birges in Schollen durch parallel und senkrecht zum Streichen verlaufende Störungen, wobei die Querstörungen jünger als die Längsstörungen sind und diese daher häufig versetzen.

Der Velberter Sattel bildet das nördlichste Antiklinorium des Rheinischen Schiefergebirges. Der Großfaltenbau im Rheinischen Schiefergebirge ist durch eine Reihe von Sätteln und Mulden mit Faltungsweiten im km-Bereich gekennzeichnet, denen Spezialfalten in geringer Spannweite aufsitzen. Die Vergenz ist durchweg nach Norden gerichtet.

## Störungen

Im Deponieuntergrund sind Querstörungen vorhanden, die detaillierter in Kap. 5.5 beschrieben werden. An diesen Störungen ist der Ostflügel des Velberter Sattels staffelförmig abgesunken. Die senkrecht zur Streichrichtung verlaufenden Querstörungen sind im Untersuchungsraum durch Vererzungen gekennzeichnet. Hierbei kann es sich sowohl um Störungen mit Vertikalversatz als auch um Blattverschiebungen handeln. Mehrere NW-SE verlaufende Störungen mit Vertikalversatz queren den bestehenden und geplanten Deponiebereich. Das Störungssystem ist heute inaktiv.

Die **Schichtflächen** streichen generell in SW-NE-Richtung. Im Projektgebiet fallen sie aufgrund der Lage am Nordrand des Velberter Sattels generell nach NW ein. Innerhalb der feinkörnigen Tonschiefer kann jedoch eine Spezialfaltung ausgebildet sein.

Das i.d.R. steilstehende **Kluftsystem** wird durch Bohrungen nur unzureichend aufgeschlossen. Damit sind Aussagen zu den Trennflächenabständen nicht zuverlässig möglich.

Erfahrungsgemäß bilden die Querklüfte (a-c-Klüfte), hier in NW-SE-Richtung verlaufend, das dominierende Kluftsystem. Daneben sind Längs- (in NW-SE-Richtung streichend) und evtl. Diagonalklüfte ausgebildet. Die Kluftflächen fallen erfahrungsgemäß steil ein.

## 5.4 Gefährdungspotenziale des Untergrundes

Der Standort liegt nach der DIN EN 1998-1 in keiner Erdbebenzone.

In der GK 100 sind im Standortbereich keine bewegungsaktiven Störungen verzeichnet.

Im Planquadrat des Standortbereiches sind nach der Karte „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW“ bergbaubedingte Einflüsse wie oberflächennaher Bergbau und verlassene Tagesöffnungen vorhanden. Die um die Jahrhundertwende (19./20. Jhrhdt.) betriebene Erzgrube



"Vereinigte Glückauf" liegt nach dem Grubenbild der Stadt Velbert (1984) mit ihren Schächten und Gängen südlich außerhalb der geplanten Northwest-Erweiterung.

Im Bereich der Deponieerweiterung Northwest sind keine Hinweise auf tagesnahen Bergbau bekannt.

Im Standortbereich stehen zwar grundsätzlich verkarstungsfähige Kalksteine an, jedoch sind in o.g. Karte keine Verkarstungserscheinungen wie Erdfälle oder Dolinen (jedoch Höhlen) verzeichnet und im Gelände auch nicht erkennbar. Bei den hier ausgeführten Bohrungen zeigten sich jedoch Hinweise auf Verkarstungen wie starke Klüftigkeit, z.T. kavernöse (cm- Bereich) Strukturen im Gestein, aufgetretene z.T. starke Spülungsverluste sowie hohe Gebirgsdurchlässigkeiten.

## **5.5 Geologische Verhältnisse im engeren Standortbereich**

Nach der Bodenkarte (BK 50; 3. Auflage) sind im engeren Projektgebiet Braunerde- und Pseudogley-Parabraunerde-Böden ausgebildet. Schutzwürdige Böden sind nicht ausgewiesen.

Die geologische Situation im engeren Standortbereich geht aus den Anl. 1 und 2 hervor. Die Anl. 2 zeigt geologische Schnitte durch das Untersuchungsgebiet. Die Schichtgrenzen der Einheiten in der Geologischen Karte (Anl. 1) wurden nach den Bohrergebnissen festgelegt oder aus der Geologischen Karte 1 : 25.000 übernommen.

Das Untersuchungsgebiet ist tektonisch stark beansprucht worden und wird durch mehrere Störungen in einzelne Bruchschollen zerlegt. In der Folge grenzen im westlichen Teil der Erweiterung an der Geländeoberfläche verschiedene Gesteinsarten aneinander. Im Südwesten stehen Schichten des Etroeungt und Velberter Schichten an, im Nordosten Hangender Alaunschiefer und dazwischen, durch Störungen begrenzt, der Untere Kohlenkalk. Durch den westlichen Teil der Erweiterungsfläche verläuft die sogenannte "Hauptstörung" mit ihren Nebenstörungen in SE-NW-Richtung. Im östlichen Teil der Erweiterungsfläche hingegen steht flächendeckend Hangender Alaunschiefer an.

Im westlichen und zentralen Teil der Erweiterungsfläche Northwest wurden in den 1990er Jahren 9 Aufschlußbohrungen (davon 7 mit Ausbau zu Grundwassermessstellen) (B 1, B 2, PB 1 - PB 7) und 14 Schürfe zur Klärung der geologischen Verhältnisse angelegt (Geot. Büro 1991 und 1992-2). Die Bohraufschlüsse wurden nach Lage und Teufe mit dem damaligen Geologischen Landesamt (GLA) abgestimmt. Ziel der Aufschlußbohrungen war zum einen die Erkundung der räumli-



chen Ausdehnung und Mächtigkeit der dortigen Kohlenkalkscholle, zum anderen die Bestimmung der Mächtigkeit der nordöstlich gelegenen Hangenden Alaunschiefer. Ferner wurden der Verlauf der Hauptstörung und der südlich davon gelegenen Störung durch die Aufschlüsse hinreichend genau eingegrenzt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sind in der Umrandung der Erweiterungsfläche weitere 3 Grundwassermessstellen, in der Fläche selbst 2 Grundwassermessstellen und 13 Rammkernsondierungen hinzugekommen.

Der im westlichen Bereich der Erweiterungsfläche anstehende Untere Kohlenkalk ist verkarstet: Bei den Bohrungen im Kalkstein zeigten sich Hinweise hierauf wie starke Klüftigkeit, z.T. kavernöse (cm- Bereich) Strukturen im Gestein, aufgetretene hohe Spülungsverluste in fast allen Bohrungen sowie hohe Gebirgsdurchlässigkeiten. In PB 6 musste der Ringraum mit 15 Tonnen Filterkies verfüllt werden; ursächlich war ein Hohlraum im Bereich des Eisernen Hutes (s.u.) und/oder durch Verkarstung. Insbesondere im Schurf S/I wurden örtlich Hohlräume im dm-Bereich angetroffen. Die Verkarstung des Kohlenkalks fand vor der späteren (oberflächennahen) Verkieselung der Kalke statt, wodurch eine weitere Verkarstung verhindert wurde.

Die Mächtigkeit der Kalke beträgt max. 25 m im Nordwesten. Im Bereich der südlichen Störung nimmt die Mächtigkeit des Kohlenkalks von ca. 15 m im SW bis auf wenige Meter im SE ab. In der Nähe des ehemaligen Gehöftes Sondern keilt der Kohlenkalk aufgrund seiner Schichtneigung und dem Verschnitt mit der Geländeoberfläche aus.

Das Profil C in Anl. 2.2 veranschaulicht die geologischen Verhältnisse im Bereich der Kalkscholle. Durch die aus den Bohrungen bekannte Liegendgrenze wurde das Einfallen des Kohlenkalks mit  $18^\circ$  nach Norden bestimmt. Durch die Bohrung PB 7 (Geot. Büro 1992-2) wurde nachgewiesen, dass der Kohlenkalk an der Hauptstörung nach Norden abgeschoben worden ist. Aufgrund des geringen Versatzbetrages existiert im Bereich der Hauptstörung jedoch eine ca. 8 m mächtige Kontaktfläche zwischen dem Kohlenkalk der Hangend- und der Liegendscholle. Danach liegt der Untere Kohlenkalk lithologisch und hydraulisch nicht als isolierte Scholle vor. An einer weiteren nördlich davon vorhandenen Störung ist jedoch sehr wahrscheinlich kein Kontakt zwischen den Kohlenkalklagen vorhanden, an der Störung grenzt Alaunschiefer im Norden an Kohlenkalk im Süden. Nach der GK 100; Schnitt A-B taucht der Kohlenkalk nach Norden bis in Tiefen  $> 1.000$  m ab und tritt nicht wieder zu Tage.

Die Hauptstörung fällt nach Angabe des ehem. GLA mit ca.  $60^\circ - 90^\circ$  steil nach NE ein. Bei der Konstruktion der Schnitte wurde ein mittlerer Einfallswinkel der Störung von  $80^\circ$  angenommen.

Im Westen wird die Kalkscholle durch den Verschnitt der Hauptstörung mit der südlichen Störung begrenzt. Der Kohlenkalk wird nach E durch eine vermutete Störung begrenzt. Östlich dieser Störung befindet sich wiederum eine Scholle mit Velberter Schichten (AB 6).



In den zur Ermittlung des Verlaufs der südlichen Störung (Begrenzung der Kohlenkalkscholle) angelegten Baggerschürfe S/D, S/E und S/F wurde die Störungszone stark vertont, in einer Mächtigkeit von 3 - 5 m und einem Einfallen von ca. 60° nach NE festgestellt.

Im nördlichen Teil des Schnittes C wurden in der PB 14 – bedingt durch eine zwischen PB 7 und PB 14 verlaufende Störung - bis in 14 m Tiefe Sand- und Tonsteine des Flözleeren angetroffen. Im Liegenden folgen Alaunschiefer bis zur Endteufe von 32 m.

Die Bohrungen PB 2 - PB 4 dienten der Bestimmung der Mächtigkeit der Hangenden Alaunschiefer. Die Liegendgrenze wurde nur durch die Bohrung PB 2 aufgeschlossen (s. Anl. 2.1, Profil B). Die Mächtigkeit der Alaunschiefer beträgt hier 30 m. Im Liegenden wurde bis zu einer Endteufe von 34 m stark verkieselter Kohlenkalk (Oberer Kohlenkalk) durchörtert. In den nördlich gelegenen Bohrungen PB 3 und PB 4 wurde die Liegendgrenze des Alaunschiefers nicht aufgeschlossen, sie wurden bei Endteufen von 50 m (PB 4) und 80 m (PB 3) eingestellt. Gemäß der Geologischen Karte, Blatt Velbert, fallen die Schichten mit ca. 50° nach Norden ein. Die Mächtigkeit der Hangenden Alaunschiefer beträgt in der Erweiterung Nordwest NE' der Hauptstörung mindestens 10 m und nimmt nach Norden auf über 80 m zu. In PB13 wurde bis zur Endteufe von 34 m Alaunschiefer angetroffen, in PB 14 bis in 14 m Tiefe Sand- und Tonsteine des Flözleeren, darunter bis zur Endteufe Alaunschiefer.

Im östlichen Teil der Erweiterungsfläche sind nahezu ausschließlich Alaunschiefer verbreitet, in PB 17 und PB 18 wurden sie erwartungsgemäß bis zur Endteufe von 16 m angetroffen.

In der neuen westlich der Erweiterungsfläche gelegenen Gütemessstelle PB15 wurden durchgängig Velberter Schichten bis zur Endteufe von 26 m erbohrt.

### **Verwitterungs-/Hanglehm**

Der **Hanglehm** ist als toniger, sandiger Schluff mit einem stark schwankenden Anteil von Gesteinsbruchstückchen > 2 mm ausgebildet. Innerhalb des zumeist feinkörnigen Hanglehms sind einzelne, meist nicht zusammenhängende (lehmige) Gesteinsschuttlagen (Kieskornanteil > 50 %) eingelagert. Der Hanglehm ist fast flächendeckend in stark schwankender Mächtigkeit als Überlagerung des Verwitterungslehms des Grundgebirges vorhanden. Im Bereich von Kuppenlagen ist der Hanglehm geringmächtig (wenige dm), in Hanglagen nimmt die Mächtigkeit bis auf ca. 2 m zu. Der Hanglehm ist von beige-brauner Farbe und unterscheidet sich hierin deutlich von dem dunkelgrauen Verwitterungslehm der Hangenden Alaunschiefer. Der farbliche Unterschied zu dem etwas helleren Verwitterungslehm der Velberter Schichten ist weniger deutlich.

Beim **Verwitterungslehm** handelt es sich um einen schwach sandigen bis sandigen, (stark) tonigen Schluff mit stark schwankendem Kieskornanteil (Gesteinsbruchstückchen). Der Kieskorn- und

Steinanteil nimmt mit zunehmender Teufe zu. Der Übergang zum verwitterten und weiter zum unverwitterten festen Gestein ist somit i.d.R. fließend.

Die **zusammengefasste Mächtigkeit der Lehme** (ohne Mutterboden, incl. Übergang zum stark verwitterten Fels mit größeren Grobkornanteil) beträgt rechnerisch über alle Aufschlüsse im Mittel knapp 3 m. Nach der Mächtigkeitskarte der Lehmüberdeckung (Anl. 4) dominieren weitflächig Bereiche mit Lehmmächtigkeiten  $> 1$  m. Örtlich kann die Lehmstärke über den Alaunschiefern oder in Störungszonen auf bis zu 9 m anwachsen. Im westlichen Bereich ist vereinzelt auch kein Lehm oder in Stärken von nur wenigen dm vorhanden.

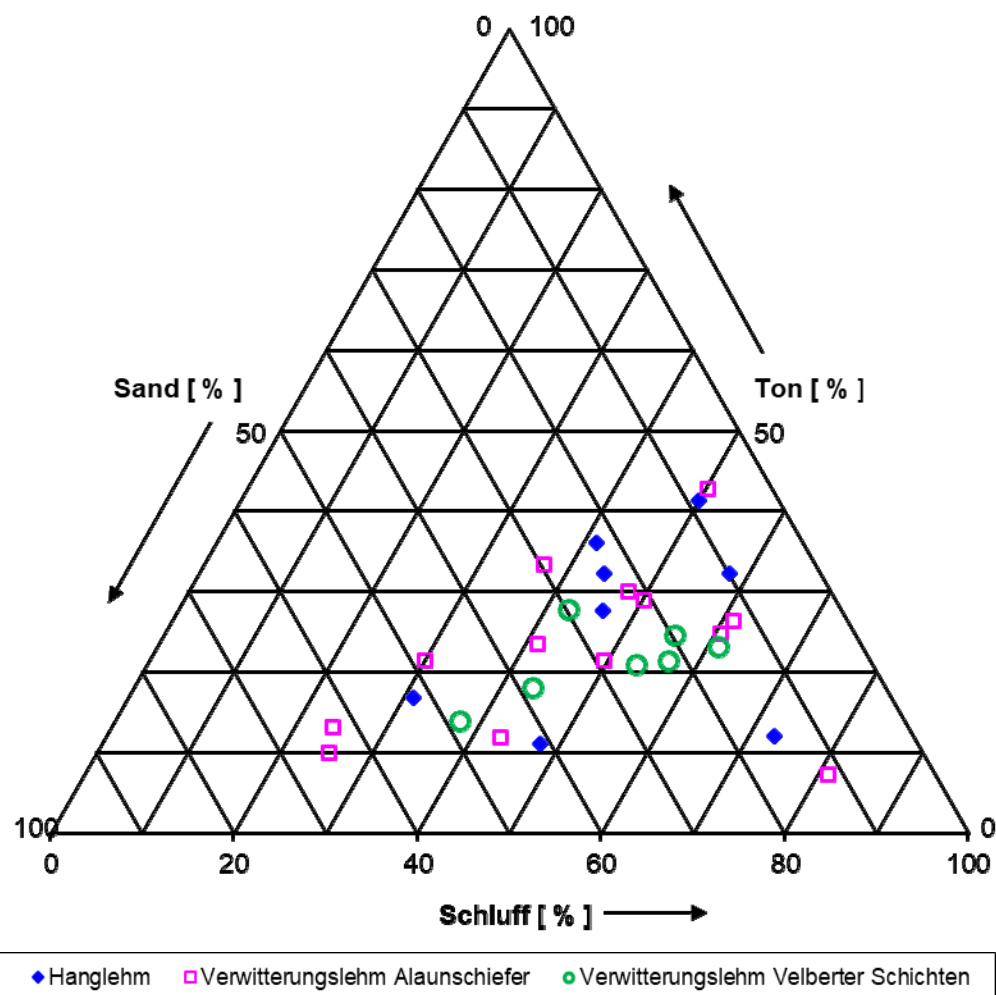


Abb. 5-2: Dreistoffdiagramm der Kornanteile (Geot. Büro 1992-1, 2015, 2017)



Die Lehme können nach CASAGRANDE (vgl. Abb. 5-3) hauptsächlich der Bodengruppe TM, daneben der Bodengruppe OU zugeordnet werden.

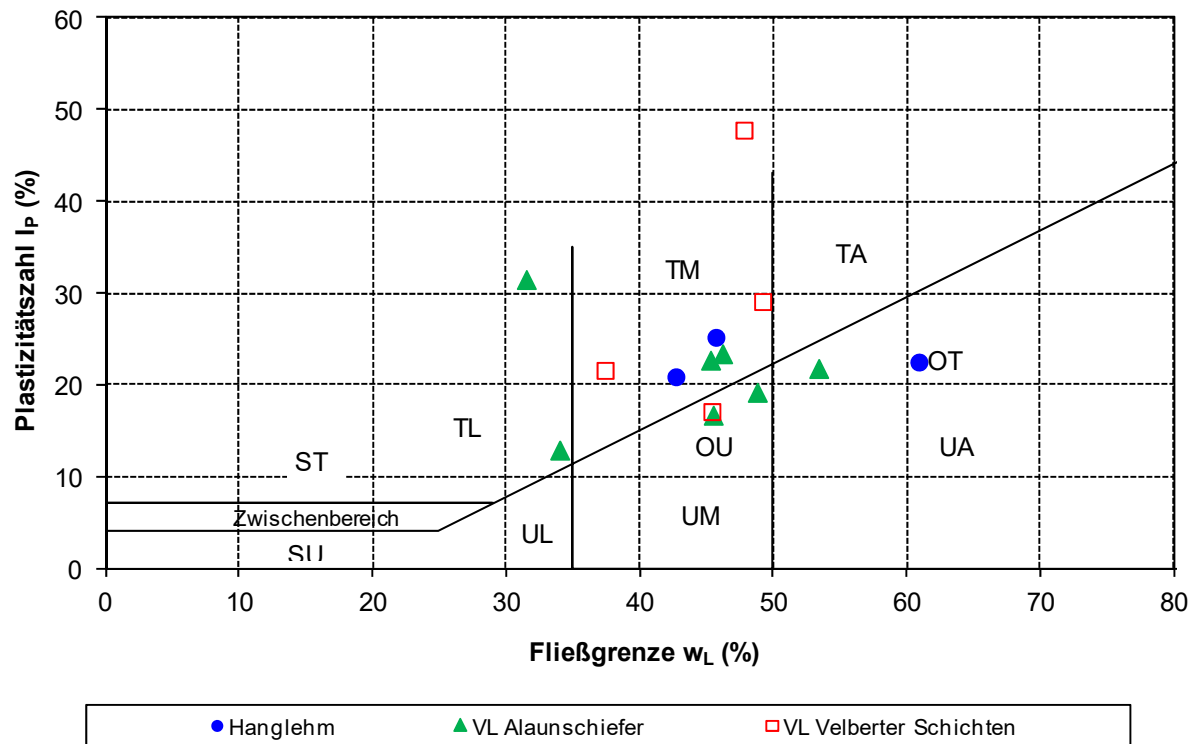


Abb. 5-3: Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE (Geot. Büro 1992-1, 2015, 2017)

Nach dem Aktivitätsdiagramm nach SKEMPTON (Abb. 5-4) handelt es sich bei den Lehm-Proben überwiegend um normal aktives Material. Damit sind aktive Tonminerale, die positiv im Sinne eines Schadstoffrückhaltevermögens wirken, in der Ton- und Schlufffraktion zu erwarten.



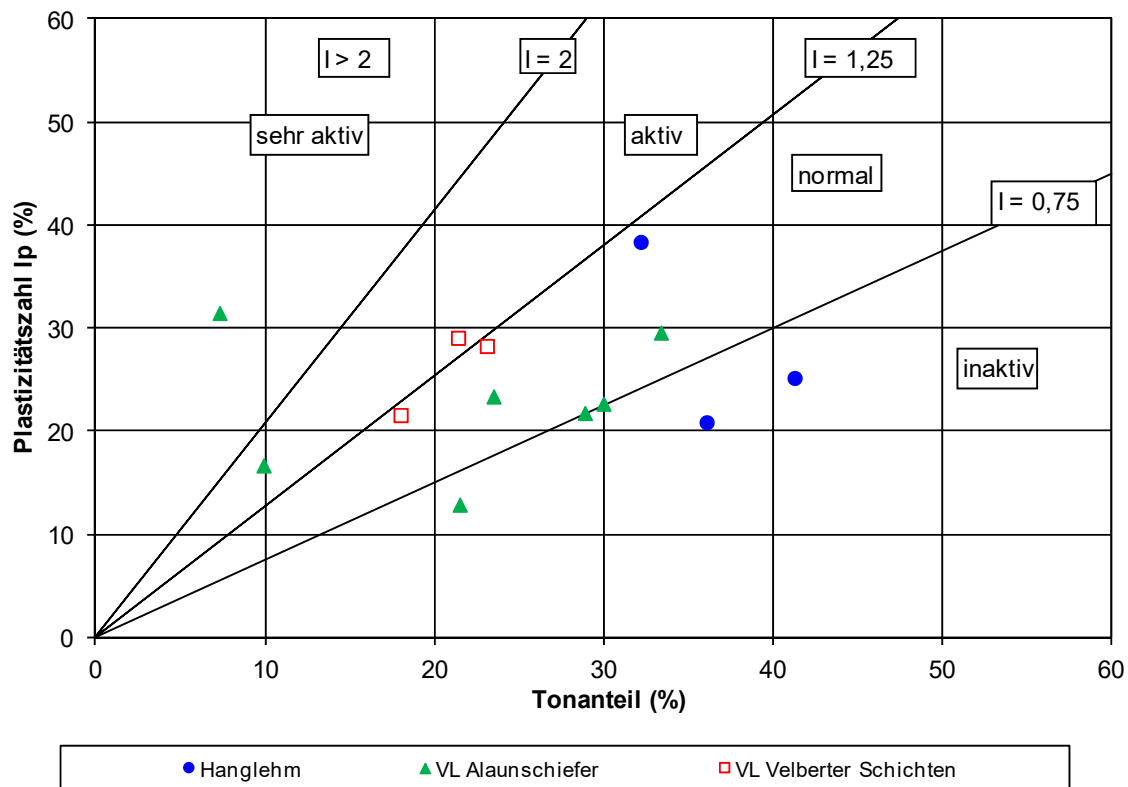


Abb. 5-4: Aktivitätsdiagramm nach SKEMPTON (Geot. Büro 1992-1, 2015, 2017)

## Eiserner Hut

Entlang der Hauptstörung - insbesondere im Kalkstein, untergeordnet aber auch in klastischen Gesteinen - streicht Gesteins- und Bodenmaterial des "Eisernen Hutes" aus. Als Eiserner Hut wird die Verwitterungszone bei Erzlagerstätten bezeichnet, die bis zum (ehemaligen) Grundwasserspiegel reicht. Die Vererzungen sind häufig an geologische Störungszonen gebunden, auf denen hydrothermale Lösungen aufgestiegen sind. Seine Mächtigkeit beträgt im Projektgebiet ca. 40 - 50 m. Durch Oxidation von sulfidischen Vererzungen entstanden durch Eisenverbindungen rotbraun gefärbte Verwitterungsreste dieser Erze, der s.g. Limonitmulum.

Der Limonitmulum liegt unterhalb des Hanglehms/-schutt in Tiefen ab ca. 1 bis 3 m u. GOK.

Bei dem Material des "Eisernen Hutes" handelt es sich um einen sehr weichen, schwach feinkiesigen, tonigen, sandigen bis stark sandigen Schluff (Limonitmulum) mit hohem natürlichen Wassergehalt (ca. 30 - 80 % (Dietrich & Leonhardt, 1989) bzw. 26 und 70 %, Geot. Büro 2010). Das Material des Eisernen Hutes liegt weder in der horizontalen noch in der vertikalen Erstreckung homogen vor. Auch die Feuchtdichte unterliegt starken Schwankungen (Steffen 1990: 0,92 bis 1,78 t/m<sup>3</sup>, i.M. 1,4 t/m<sup>3</sup>; n = 4). Die Trockendichte wurde von Dietrich & Leonhardt (1989) in 3 Versuchen mit  $\rho_d = 0,75$  bis 1,09 t/m<sup>3</sup> bestimmt. Das Material weist häufig eine hohlraumreiche Waben-



struktur auf, die ungestört standfest ist, aber durch mechanische Einwirkung wie Druck und/oder Vibration und/oder Wasserzufuhr sehr leicht zerstört werden kann. Im Bereich des Eisernen Hutes muss deshalb mit dem Vorhandensein von Hohlräumen gerechnet werden.

Der "Eiserne Hut" fällt entsprechend der Hauptstörungszone mit ca. 60° bis 80° nach Nordosten ein. Hinsichtlich der Verbreitung des Eisernen Hutes wird auf Kap. 7.1 verwiesen.

## **6 Grundwasser**

### **6.1 Hydrologische Basisdaten**

Der mittlere Jahresniederschlag im Projektgebiet beträgt nach der Karte „Mittlere jährliche Niederschlagssummen (1930-1961) NRW“ ca. 950 mm/a.

Die mittlere Jahreslufttemperatur liegt nach dem „Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland“ bei 9 °C.

Die mittlere Grundwasserneubildungsrate in den Velberter Schichten beträgt, abgeleitet aus Trockenwetterabflüssen, 2 – 3 l/s\*km<sup>2</sup> (LANGGUTH, 1965), entsprechend 63 - 95 mm/a. Dieser Wert stimmt sehr gut mit dem Wert 1,5 – 3 l/s\*km<sup>2</sup> gemäß dem GROWA-Verfahren überein, mit dem die mittlere Grundwasserneubildung für NRW für den Zeitraum 1961 – 2000 vom Geologischen Dienst und dem Forschungszentrum Jülich ermittelt wurde (Daten aus dem Geoportal NRW).

### **6.2 Gebirgsdurchlässigkeiten**

Die Gebirgsdurchlässigkeiten der im Deponieerweiterungsbereich anstehenden Schichten wurden im Festgestein mittels Auffüll- und Kurzpumpversuchen in Bohrlöchern oder Grundwassermessstellen, in der Lehmüberdeckung durch Versickerungsversuche ermittelt (Geot. Büro 1991, 1992-2, 2015, 2017).

Für die Festgesteinsschichten im Standortbereich wurden folgende Gebirgsdurchlässigkeiten ermittelt:



**Tab. 6-1:** Ergebnisse der Durchlässigkeitsbestimmungen aus den Bohrlochversuchen im Fels

GWM	Hydrauliktest	K-Wert [ m/s ]
<b>Flözleeres / Hangender Alaunschiefer</b>		
PB 14	Auffüllversuch	1,0E-06
<b>Hangender Alaunschiefer</b>		
B 2	Bohrlochtest	3,2E-07
PB 2	Bohrlochtest	1,5E-07
PB 3	Auffüllversuch	1,2E-08
PB 4	Auffüllversuch	8,6E-09
PB 13	Auffüllversuch	6,3E-07
PB 17	Auffüllversuch	2,6E-08
PB 18	Auffüllversuch	1,7E-07
	<b>Mittelwert</b>	<b>1,9E-07</b>
<b>Kohlenkalk</b>		
PB 1	Auffüllversuch	2,7E-06
PB 2	Auffüllversuch	5,1E-04
PB 5	Bohrlochtest	4,7E-08
PB 5	Auffüllversuch	> 2,7E-05
PB 6	Bohrlochtest	6,0E-03
PB 7	Auffüllversuch	> 1,0E-04
	<b>Mittelwert</b>	<b>1,1E-03</b>
<b>Etroeungtschichten</b>		
PB 1	Auffüllversuch mit Packer	3,0E-07
PB 5	Auffüllversuch	3,4E-08
PB 6	Auffüllversuch	7,4E-07
	<b>Mittelwert</b>	<b>3,6E-07</b>
<b>Velberter Schichten</b>		
AB 1	Pumpversuch	3,5E-06
AB 2	Pumpversuch	1,8E-07
AB 4	Pumpversuch	9,3E-07
PB 8	Auffüllversuch	> 2,2E-06
PB 9	Auffüllversuch	1,3E-06
PB 10	Pumpversuch	3,2E-06
PB 11	Auffüllversuch	1,6E-07
PB 12	Auffüllversuch	2,4E-08
PB 15	Auffüllversuch	5,6E-08
	<b>Mittelwert</b>	<b>1,3E-06</b>

### Flözleeres

Die Durchlässigkeit des nur in einer kleinen Teilfläche im geplanten Ablagerungsbereiches anstehenden Flözleeren beträgt in einem Versuch  $K = 1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

### Hangender Alaunschiefer

Der Mittelwert der Durchlässigkeit für den Hangenden Alaunschiefer liegt bei  $K = 2 \cdot 10^{-7}$  m/s. Die ermittelten 7 Werte haben eine Schwankungsbreite von  $9 \cdot 10^{-9}$  m/s bis  $6 \cdot 10^{-7}$  m/s. In den stark



verwitterten oberflächennahen Bereichen dürfte der Wert  $K = 1 \cdot 10^{-7}$  m/s i.d.R. unterschritten werden. Die Durchlässigkeit des Hangenden Alaunschiefers ist somit als gering bis sehr gering einzustufen.

### **Unterer Kohlenkalk**

Der Untere Kohlenkalk weist eine generell hohe Gebirgsdurchlässigkeit auf. Während der Bohrarbeiten traten bei den Grundwassermessstellen PB 1, PB 5, PB 6 und B 1 im Kohlenkalk z. T. sehr hohe Spülungsverluste auf. Die Bohrung B 1 musste aus diesem Grund aufgegeben werden. Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte schwanken zwischen  $K = 5 \cdot 10^{-8}$  und  $K = 6 \cdot 10^{-3}$  m/s. Der mittlere Durchlässigkeitsbeiwert beträgt  $K = \text{ca. } 1 \cdot 10^{-3}$  m/s. Die starke Schwankungsbreite bei den 6 Einzelwerten ist auch durch die unterschiedliche Länge der Prüfstrecken bedingt, da beim Prüfen kleinerer Bereiche im Gebirgsverband vorhandene Trennflächen u.U. nicht erfaßt werden und sich hieraus eine geringe Durchlässigkeit ergibt (PB 5;  $4,7 \cdot 10^{-8}$  m/s). Die hierbei festgestellte Durchlässigkeit entspricht der Gesteinsdurchlässigkeit und nicht der für hydraulische Betrachtungen relevanten Gebirgsdurchlässigkeit. Aufgrund des gut ausgebildeten Trennflächengefüges und möglicher Verkarstungen ist der Kohlenkalk als "stark durchlässig" einzustufen.

### **Etroeungtschichten**

Die Durchlässigkeit der Etroeungtschichten wurde über Auffüllversuche in den Grundwassermessstellen PB 1, PB 5 und PB 6 ermittelt. Die Durchlässigkeitsbeiwerte schwanken zwischen  $K = 7 \cdot 10^{-7}$  und  $K = 3 \cdot 10^{-8}$  m/s; der Mittelwert liegt bei  $K = 4 \cdot 10^{-7}$  m/s. Die klastisch ausgebildeten Bereiche der Etroeungtschichten (Tonschiefer, Feinsandstein) sind somit gering durchlässig. Innerhalb der inhomogen ausgebildeten Etroeungtschichten können gemäß der GK 25, Blatt Velbert, jedoch lokale Kalkeinschaltungen geringer Ausdehnung vorhanden sein, deren Mächtigkeiten bis ca. 8 m betragen können. Für diese Bereiche der Etroeungtschichten muss eine höhere Durchlässigkeit angenommen werden. Aufgrund der räumlichen Isoliertheit der kalkigen Schichtglieder können die Etroeungtschichten in ihrer Gesamtheit dennoch als gering durchlässig eingestuft werden.

### **Velberter Schichten**

Die über 9 Pump- und Auffüllversuche ermittelten Werte schwanken um etwa zwei Zehnerpotenzen im Bereich zwischen  $K = 2 \cdot 10^{-8}$  m/s und  $K = 4 \cdot 10^{-6}$  m/s. Für die Velberter Schichten kann eine mittlere Gebirgsdurchlässigkeit von  $K = 1 \cdot 10^{-6}$  m/s angesetzt werden, sie sind damit gering durchlässig.

In den vom Büro Christ im Jahre 1986 in den Bohrungen AB 1 bis AB 4 durchgeführten WD-Tests ( $n = 20$ ) zeigte sich bei einer mittleren Durchlässigkeit von  $K = 2,6 \cdot 10^{-6}$  m/s eine deutliche Tiefen-



abhängigkeit der Werte. Die größten Durchlässigkeiten wurden in geringen Teufen im Auflockerungsbereich der Velberter Schichten festgestellt (ca. bis 10 m - 15 m u. GOK). Mit zunehmender Teufe nimmt die Durchlässigkeit des Gebirges stark ab.

### Verwitterungs-/Hanglehm

Der Hanglehm ist im oberflächennahen Bereich bis etwa 0,5 m u. GOK aufgrund der starken Auflockerung infolge Durchwurzelung etc. durchlässig ( $K \cong 1 \cdot 10^{-5}$  m/s). Bei Tiefenlagen zwischen 1,0 und 2,3 m unter Geländeoberfläche liegen die Durchlässigkeiten in Versickerungsversuchen in 8 Rammkernsondierungen (Anh. 4.1) und 3 Aufschlußbohrungen (Anh. 4.3) im Bereich  $K \cong 4 \cdot 10^{-9}$  bis  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s. Unterhalb der Durchwurzelungszone ist der Hanglehm / Verwitterungslehm damit gering durchlässig.

Die Durchlässigkeiten im Verwitterungslehm über dem Alaunschiefer liegen im Mittel der 7 Versuche bei  $K = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s (Tab. 6-2).

**Tab. 6-2:** Ergebnisse der Durchlässigkeitsbestimmungen aus den Bohrlochversuchen in der Lehmüberdeckung über dem Alaunschiefer

Versuch	Endteufe (m u.GOK)	Boden	Stratigraphie	K-Wert (m/s)
RKS 4	3	Verwl/Tst,v*	Alaunschiefer	3,7E-09
RKS 6	4	Verwl/Tst,v*	Alaunschiefer	3,7E-09
RKS 13	2,5	Verwl/Tst,v*	Alaunschiefer	3,7E-09
RKS 15	12,8	Verwl	Alaunschiefer	7,5E-09
B 3	16,3	Verwl	Alaunschiefer	1,3E-08
B 4	17,5	Verwl	Alaunschiefer	8,6E-09
B 5	18,5	Verwl/Tst,v*	Alaunschiefer	2,3E-07
<b>Geomittel</b>				<b>1,0E-08</b>

## 6.3 Beschreibung des Aquifersystems

In den **Festgesteinen** erfolgt die Wasserbewegung i.w. über Klüfte und den aufgelockerten oberflächennahen Zonen, in den Kalksteinen auch über Karstwegsamkeiten. Die Gesteinsdurchlässigkeit selbst ist vernachlässigbar gering. Die Durchlässigkeit in einem solchen Kluft- und Karstgrundwasserleiter ist richtungsabhängig. Das in den Tonsteinen auch hydraulisch dominierende Trennflächenelement ist die Klüftung, i.d.R. insbesondere die Querklüftung.



Die **Velberter Schichten** umsäumen in 2 bis 5 km Breite den aus (hier nicht vorhandenen Flinzschiefern) und Massenkalken aufgebauten Kern des Velberter Sattels. Sie sind oberflächennah häufig stark aufgelockert. Die Mächtigkeit beträgt im Bereich des Velberter Sattels bis zu 1.000 m. Die Tonschiefer und Schluffsteine stellen einen Kluftgrundwasserleiter von geringer Durchlässigkeit dar.

Die **Etroeungtschichten** im Hangenden bilden mit den Velberter Schichten ein Grundwasserstockwerk. Der überwiegende Anteil der Etroeungtschichten wird durch klastische Gesteine wie z. B. Tonschiefer und Feinsandstein gebildet, die eine geringe Durchlässigkeit aufweisen. Gemäß der GK 25 können in den Etroeungtschichten lokale hydraulisch isolierte Kalkeinschaltungen geringer Ausdehnung auftreten.

Der **Kohlenkalk** steht sowohl südöstlich im angrenzenden Plöger Steinbruch als auch im westlichen Erweiterungsbereich an. Im Erweiterungsbereich wird das verkieselte Gestein nach N, E und S durch Störungen begrenzt. Der Kohlenkalk ist aufgrund seiner ausgeprägten Zerklüftung und Verkarstung stark durchlässig. Aufgrund des geringen Versatzbetrages im Bereich der nördlich verlaufenden Hauptstörung existiert eine Kontaktfläche zwischen dem Kohlenkalk der Hangendscholle und der nördlich anschließenden Liegendenscholle (s. Anl. 2.2). Somit wird der Kohlenkalk zwar durch die Hauptstörung versetzt, ist aber aufgrund des geringen Versatzbetrages nicht hydraulisch abgetrennt. An einer weiteren nördlich davon vorhandenen Störung ist jedoch sehr wahrscheinlich kein Kontakt zwischen den Kohlenkalklagen vorhanden, an der Störung grenzt Alaunschiefer im Norden an Kohlenkalk im Süden. Nach der GK 100; Schnitt A-B taucht der Kohlenkalk nach Norden bis in Tiefen > 1.000 m ab und tritt nicht wieder zu Tage.

Eine hydraulische Verbindung der Kohlenkalkscholle im Erweiterungsbereich mit dem im Plöger Steinbruch anstehenden Kohlenkalk ist nicht gegeben.

Der im Hangenden des Kohlenkalks folgende **Hangende Alaunschiefer** wirkt aufgrund seiner geringen Durchlässigkeit als hydrogeologische Barriere. In den Grundwassermessstellen PB 3, PB 4, PB 13, PB 17 und PB 18 liegen in der Folge oberflächennahe Grundwasserstände vor. Bei der Herstellung der Schürfe S/A und S/B wurde das Austreten von Schichtenwasser aus dem Verwitterungslehm des Hangenden Alaunschiefer beobachtet.

Das **Flözleere** liegt am Nordrand der Erweiterungsfläche. Die Gesteine des Flözleeren (Tonschiefern mit eingelagerten Grauwacken und Quarzitbänken, GK 25) wurden in PB 14 angetroffen, sie sind aufgrund der Gesteinsarten sowie des in PB 14 durchgeführten Auffüllversuches als gering durchlässig bis durchlässig einzustufen.



Im Bereich der Vorfluter sind **Tallehme** ausgebildet. Die an der Basis vorhandenen Schotterlagen bestehen vorwiegend aus Schiefergeröllen und besitzen eine mehr- oder weniger lehmige Zwickelfüllung. Das darin zirkulierende Porenwasser zeigt daher eine geringe Fließgeschwindigkeit. Die Ergiebigkeit des Tallehmes ist gering, so dass die Errichtung von Hausbrunnen nur geringe Wasserentnahmen erlauben (LANGGUTH, 1965).

Im **Hang- und Verwitterungslehm** kann es in sehr nassen Zeiten zumindest temporär über sehr gering durchlässigen Partien zu einem Aufstau versickerten Niederschlagswassers und zur Ausbildung von Schichtwasser kommen. Bei der Herstellung der Schürfe S/A und S/B wurde das Ausreten von Schichtenwasser aus dem Verwitterungslehm des Hangenden Alaunschiefer beobachtet.

## **6.4 Grundwasserfließrichtung**

### **6.4.1 Regionale Situation**

Die Kalksteinzüge des Velberter Sattels sind der ergiebige Hauptgrundwasserleiter innerhalb des weiteren Untersuchungsraumes. Die bankigen und massigen, z. T. dolomitisierten und stark verkieselten Kalksteine des Tournai und Visé bilden den Kohlenkalkzug, der von Hefel bis Zippenhaus reicht und durch Störungen z.T. in einzelne hydraulisch voneinander unabhängige Teilabschnitte zerlegt wird (vgl. Langguth 1965). Großräumig ist die Fließrichtung des Grundwassers auf die entsprechenden Vorfluter gerichtet, die nach Norden der Ruhr zufließen.

### **6.4.2 Situation im Standortbereich**

In Anl. 3 sind die Fließrichtungen des Grundwassers dargestellt. An den GWM sind hohe Grundwasserstände (Bezugsdatum: 20.01.1994: ältere GWM, 29.2.2016: neuere GWM) und mittlere Grundwasserstände (28.10.2015) eingetragen.

Die Fließrichtungen bei hohen Grundwasserständen entsprechen denen bei niedrigen Grundwasserständen (Geot. Büro 1994).

Die Grundwasserströmung in der Erweiterung Nordwest erfolgt entsprechend der topografischen Situation in Richtung auf die Vorfluter, d.h. hier in nördliche Richtung auf die Röbbbeck, im westlichen Teil der Erweiterungsfläche nach (Süd-)Westen / Nordwesten auf den Hauptvorfluter Hesperbach. Demnach verläuft durch die Erweiterungsfläche eine Grundwasserscheide in



NW/SE-Richtung. Der Nachweis ist über die Konstruktion hydrologischer Dreiecke zwischen PB 1, PB 5 bis PB 7 einerseits sowie zwischen AB 2, AB 4 und PB 15 andererseits möglich.

Die im Südwesten des Kreuzungsbereichs Eintrachtstraße/L 438 westlich des Hesperbaches auf ca. 139 m ü.NN gelegene Quelle (s. Anl. 3) liegt deutlich oberhalb des Niveaus des Hesperbaches (ca. 131 m ü.NN). In der ebenfalls westlich des Hesperbaches gelegenen GWM KWMS 1 (etwa 1.200 m westlich der Erweiterung nahe der L 438) liegen die Grundwasserstände bei ca. 172 m NN (Geot. Büro 1994). Der Hesperbach wird damit sowohl aus westlicher Richtung als auch aus Südosten vom Grundwasser gespeist. Hierdurch wird seine Vorflutfunktion nachgewiesen.

Durch die Grundwassermessstelle PB 7 konnte die hydrogeologische Situation im Bereich des nördlich der Erweiterungsfläche gelegenen Kohlenkalks geklärt werden. Der Kohlenkalk wird im Norden durch die Hauptstörung versetzt. Der Versatzbetrag reicht jedoch nicht aus, um eine hydraulische Isolation des mitten in dem geplanten Erweiterungsbereich anstehenden Kohlenkalks zu bewirken (s. a. Anl. 2.2: Profil C). Es existiert somit eine hydraulische Verbindung zwischen dem Kohlenkalk nördlich vom Erweiterungsbereich und einer nach Norden (jedoch nur bis zur nächsten Störung) aushaltenden Kohlenkalkbank. Die Grundwasserfließrichtung im Kohlenkalk ist damit über die Hauptstörung hinaus nach N bis NW gerichtet.

Die im Plöger Steinbruch anstehenden Kohlenkalke und die Kalkscholle im zentralen Bereich der Erweiterungsfläche sind entgegen den Angaben der Geologischen Karte und der Untersuchung der Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels durch LANGGUTH (1965) hydraulisch voneinander getrennt.

Der Hangende Alaunschiefer kann aufgrund seiner geringen Durchlässigkeit als Grundwasserhemmer angesehen werden. Dennoch bildet das in den Klüften der Hangenden Alaunschiefer zirkulierende Wasser einen Grundwasserspiegel nahe der GOK aus. Die Fließrichtung des Grundwassers ist mit einem hydraulischen Gradienten von ca.  $i = 0,08$  der Einfallrichtung des Hanges entsprechend nach Norden gerichtet.

Die Grundwasserförderung durch die Fa. Mittelman/Guß am Schacht 3 der Verein. Glückauf wurde im Oktober 1993 eingestellt, so dass im Januar 1994 höchstwahrscheinlich der natürliche Strömungszustand vorlag. Eine aktuelle Überprüfung ist nicht möglich, da PB 8, PB 9 und PB 10 nicht mehr vorhanden sind. Unter Berücksichtigung der topografischen Situation und der bis 1995 vorliegenden Grundwasserganglinien ergibt sich jedoch ein plausibles ungestörtes Strömungsbild. Der Einfluß der Grundwasserförderung auf die nächstgelegenen GWM PB 8 bis PB 10 war – vermutlich durch eine zuletzt niedrige Förderrate - allenfalls gering, wie der Vergleich der Grundwasserganglinien vor und nach Beendigung der Entnahme zeigt (Geot. Büro 2005). Die Grund-





wasserförderung hatte sich vermutlich ohnehin nicht bis zur nordwestlichen Erweiterungsfläche hin ausgewirkt.

Die zwischen dem Schacht 3 der Erzgrube Vereinigte Glückauf und den Schächten 1 und 2 bei ca. 160 m NN verlaufenden Stollensohle sowie die weiteren stark durchlässigen bergbaulichen Auflockerungszonen entwässern die Velberter Schichten im Bereich der Erweiterung West mit ca. 3 - 5 l/sec in Richtung auf den Hesperbach (LANGGUTH, 1965). Während Auswirkungen auf die Grundwasserstände in der nahegelegenen Messstelle PB 9 nicht erkennbar waren, wurde die Grundwasseroberfläche in PB 10 hierdurch wahrscheinlich abgesenkt.

#### 6.4.3 Abstromgebiet

Das Abstromgebiet der Erweiterung Nordwest reicht bis zu den Vorflutern; im Norden bis an die Röbbbeck, im Westen bis zum Hesperbach (s. Anl. 3).

#### 6.5 Grundwasserspiegelschwankungen, Flurabstände

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Grundwassermessstellen (GWM) wurden von z.T. Mai 1991 bis Oktober 1994 in ca. monatlichen Abständen gemessen, danach sporadisch in 2005, 2011 und 2014. Von Oktober 2015 bis Ende 2018 wurden die Grundwasserstände in den im Umfeld der Erweiterungsfläche Nordwest vorhandenen GWM etwa monatlich gemessen.

In Anl. 6 sind die Ganglinien von Grundwasserständen und Flurabständen dargestellt, in Tab. 6-3 sind die Ausbaudaten der GWM tabellarisch zusammengestellt.

Alle Grundwasserpiegelganglinien weisen einen deutlich ausgeprägten Jahresgang mit i.d.R. hohen Grundwasserständen im März/April und niedrigen Wasserständen im Oktober/November auf.

Die Grundwassermessstellen AB 1 – AB 4 und PB 15 sind in den **Velberter Schichten** verfiltert. Die jährliche Schwankungsbreite der Grundwasserstände beträgt bis zu etwa 8 m, die mehrjährige maximale Grundwasserspiegelschwankung ca. 12 m (Anl. 6.1 o). Die Ganglinien der einzelnen Messstellen verlaufen annähernd parallel.

Im Meßzeitraum wurden die höchsten Wasserstände im Januar 1994 mit ca. 166 m NN eingemessen.



Tab. 6-3: Stammdaten der Grundwassermessstellen

GWM		Lage	Filterstrecke			Koordinaten		Höhe GOK	Höhe MP
			OK (m u.GOK)	UK (m u.GOK)	DN [mm]	Rechts	Hoch	(m ü.NN) ab PB13 NHN	(m ü.NN) ab PB13 NHN
PB 1	m u MP m NN m u GOK	Kohlenkalk und Etroeungt	15,0	21,0	50	73682	91633	176,03	176,65
PB 2	m u MP m NN m u GOK	Kohlenkalk	25,5	33,5	50	73943	91596	182,47	183,14
PB 3	m u MP m NN m u GOK	Alaunschiefer	70,0	80,0	50	73907	91709	169,07	169,79
PB 4	m u MP m NN m u GOK	Alaunschiefer	39,5	49,5	50	73928	91633	177,54	178,24
PB 5	m u MP m NN m u GOK	Kohlenkalk und Etroeungt	19,5	31,5	50	73637	91665	168,78	169,38
PB 6	m u MP m NN m u GOK	Etroeungt	27,6	32,6	50	73683	91677	168,66	169,31
PB 7	m u MP m NN m u GOK	Kohlenkalk und Etroeungt	30,0	45,0	50	73684	91694	166,43	167,10
PB 8	m u MP m NN m u GOK	Velberter Schichten	42,0	52,0	50	73940	91418	201,60	202,50
PB 13	m u MP m NHN m u GOK	Alaunschiefer	3,0	31,0	125	2573806	5691745	158,6	159,76
PB 14	m u MP m NHN m u GOK	Flözleeres und Alaunschiefer	4,0	32,0	125	2573674	5691765	157,7	158,7
PB 15	m u MP m NHN m u GOK	Velberter Schichten	3,0	25,0	125	2573639	5691500	162,47	162,27
PB 17	m u MP m NHN m u GOK	Alaunschiefer	5,0	15,0	50	2573967	5691713	169,3	170,21
PB 18	m u MP m NHN m u GOK	Alaunschiefer	5,0	15,0	50	2574058	5691763	166,97	167,91
AB 1	m u MP m NN m u GOK	Velberter Schichten	18,0	48,0	125	73898	91539	188,41	189,21
			mehrere kurze Filter, Kies durchgehend						
AB 2	m u MP m NN m u GOK	Velberter Schichten	18,0	48,0	125	73837	91507	187,30	188,10
			mehrere kurze Filter, Kies durchgehend						
AB 4	m u MP m NN m u GOK	Velberter Schichten	20,0	48,0	125	73722	91579	182,50	183,38
			2 Filter, Kies durchgehend						
BR 1	m u MP m NN m u GOK	Alaunschiefer	keine Angaben vorh.			74150	91721	192,90	193,60
				31,5					

m u. MP = Meter unter Meßpunkt (hier: Rohroberkante)



Die Grundwassermessstellen PB 1, PB 2, PB 5, PB 6 und PB 7 sind im **Kohlenkalk und den Etroeungtschichten** verfiltert. Die Ganglinien verlaufen in den Messstellen annähernd parallel (s. Anl. 6.1 u). Die Schwankungsbreite der Grundwasserspiegelhöhen beträgt im Meßzeitraum maximal 3,4 m und liegt deutlich unterhalb der in den Velberter Schichten.

In der Grundwassermessstelle PB 1 besteht bei fast konstantem Verlauf der Ganglinie nur bei hohen Wasserständen Kontakt zum Grundwasserkörper. Der Grundwasserspiegel in PB 1 liegt zeitlich überwiegend in den Etroeungtschichten, der Kohlenkalk ist damit an dieser Stelle i.d.R. grundwasserfrei (vgl. Anl. 2.2).

Die Grundwassermessstellen PB 3, PB 4, PB 13, PB 14 (incl. Flözleeres), PB 17, PB 18 und Br 1 sind in den **Hangenden Alaunschiefern** verfiltert. Auch hier ist der Verlauf der Grundwasserganglinien zwischen den einzelnen GWM rel. gut korrelierbar (s. Anl. 6.2 o). Im Meßzeitraum betragen die Grundwasserspiegelschwankungen maximal 3,8 m.

### Flurabstände

Die Flurabstände in der Erweiterungsfläche Nordwest liegen bei hohen Grundwasserständen in den **Velberter Schichten**, im **Kohlenkalk** und im **Flözleeren** zwischen 10 m und 22 m unter Flur (s. Anl. 6.2, 6.3). In den geringer durchlässigen **Alaunschiefern** hingegen liegen sie oberflächennah zwischen 0,15 und 4 m (s. Anl. 6.3 u).

Da das Einzugsgebiet der Schichten auf die Erweiterungsfläche selbst beschränkt ist, ist bei Versiegelung der Geländeoberfläche durch die Deponiebasisabdichtung eine Zunahme der Flurabstände im Bereich der Erweiterungsfläche zu erwarten, dessen Maß aber nicht vorhergesagt werden kann. Die in dem Fall zu erwartenden Flurabstände dürften aber nicht kleiner sein, als die in längeren Trockenphasen bzw. zum Ende des hydrologischen Sommerhalbjahres maximal gemessenen Werte. Dies bedeutet in den Alaunschiefern kleinste zu erwartende Flurabstände zwischen 2 und 4 m.

## 6.6 Quellen, Vernässungszonen

In Anl. 3 sind die im Arbeitsgebiet zu Zeiten hoher Grundwasserstände kartierten Quellen und Vernässungszonen dargestellt (Begehung Januar 1994).

Zu Zeiten hoher Niederschläge (bzw. hoher Grundwasserstände) wurden im östlichen Teil der Erweiterung Nordwest in den Hangenden Alaunschiefern und dem Flözleeren Zonen ausgeprägter Vernässungen beobachtet. Vernässungen sind auch in 2015 noch vorhanden.



In der südlichen Talaue der Röbbbeck befindet sich ca. 350 m oberhalb der Einmündung in den Hesperbach ein Quellhorizont. In trockenen Zeiten, wie bei der Begehung im November 2017, war der Bereich trocken. Weitere, von LANGGUTH 1965 kartierte Quellaustritte wurden nicht mehr angetroffen.

Südwestlich des Kreuzungsbereiches Eintrachtstraße/L 438 (Hefel) befindet sich eine Quelle in einem Niveau von ca. 139 m ü.NN. Die Schüttung lag 1994 bei ca. 5 l/s.

## **6.7 Wasserwirtschaftliche Verhältnisse**

Im Abstromgebiet der Deponie incl. der Erweiterung Nordwest existieren keine festgesetzten oder geplanten Wasserschutzgebiete, Wasserreservegebiete und Wasservorranggebiete. Weiterhin liegt der Deponiestandort nicht in einem Überschwemmungsgebiet.

Nach Auskunft der Unteren Wasserbehörde des Kreises Mettmann 2015 sind im weiteren Untersuchungsgebiet 2 noch aktive Hausbrunnen vorhanden. Beide Hausbrunnen liegen nördlich der Röbbbeck, also nicht im Abstromgebiet der Deponieerweiterung (Lage s. Anl. 3).

## **6.8 Grundwasserbeschaffenheit**

Von der Bergisches Wasser- und Umweltlabor GmbH, Wuppertal, wurden im Dezember 2018 / Januar 2019 aus 4 in der Umrandung der gepl. Erweiterung angelegten Grundwassermessstellen Grundwasserproben mittels einer Tauchmotorpumpe entnommen und auf die Parameter der Übersichtsanalyse nach LAGA M 28 untersucht. Die Analysenergebnisse der Untersuchung sind in Anl. 7 tabellarisch zusammengestellt, wobei Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte nach LAGA farblich hervorgehoben sind.

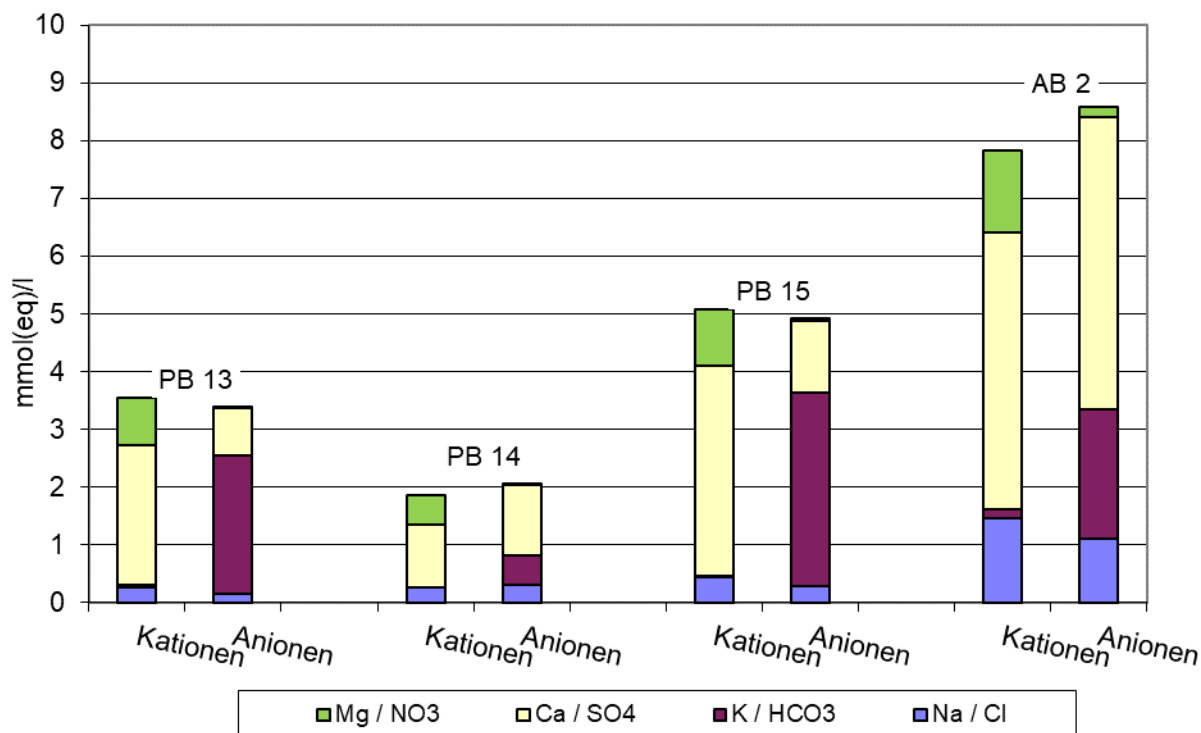
Das Grundwasser in PB 13, PB 14, PB 15 ist mit Gesamtlösungsinhalten von etwa 260 bis 460 mg/l rel. gering mineralisiert. In AB 2 liegt der Gesamtlösungsinhalt mit 583 mg/l etwas höher.

Der pH-Wert liegt in PB 13, PB 14 und AB 2 zwischen pH 5,9 und pH 6,4 im schwach sauren Bereich, in PB 15 ist er schwach basisch (pH 7,4).

Bei den Kationen herrscht in allen GWM Calcium mit Anteilen von rund 56 bis 71 mmol(eq) % vor, bei den Anionen Hydrogencarbonat (PB 13, PB 15 mit jeweils rund 70 mmol(eq) %) oder Sulfat



(PB 14, AB 2 mit jeweils knapp 60 mmol(eq) %) (s. auch Abb. 6-1). Eine Sondersituation liegt in PB 14 mit einem sehr hohen Eisenwert (wahrscheinlich Einfluss „Eiserner Hut“) von 322 mg/l bzw. 11,53 mmol(eq)/l vor.



**Abb. 6-1:** Gehalte an Massenionen im Grundwasser (Analysen vom Dezember 2018 bzw. Januar 2019)

Die organischen Parameter PAK, LHKW, BTEX/MTEB sowie die Summenparameter Kohlenwasserstoffe, Phenol und Phenolindex liegen mit Ausnahme vom Kohlenwasserstoff in PB 15 durchweg unterhalb der Nachweisgrenzen. Die AOX-Werte liegen bei < 10 bis 20 µg/l und sind unauffällig.

Die untersuchten Schwermetalle liegen häufig unterhalb der Nachweisgrenzen, jedoch werden die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) beim Zink in 3 GWM, beim Nickel und Blei in 2 GWM, beim Arsen, Cadmium und Kobalt in je 1 GWM überschritten (s. auch Anl. 7). Überschreitungen der GFS liegen in allen GWM vor. Ein Deponieeinfluss als Ursache scheidet aber sicher aus, da gleichzeitig die Chlorid-Werte in drei GWM zwischen 5 und 11 mg/l liegen und damit übliche Werte eines natürlichen unbelasteten Grundwassers aufweisen. Chlorid ist ein idealer Leitparameter für Deponieeinflüsse, da Salze im Deponat in größeren Mengen vorliegen und Chlorid leicht löslich und gleichzeitig chemisch sehr stabil ist. Chlorid gilt daher als idealer Tracer. Als potenzielle geogene Quelle für Schwermetallgehalte im Grundwasser sind im Bereich und im Nahfeld der Deponie Plöger Steinbruch an Querstörungen gebundene Vererzungszonen (u.a. Blei, Zink) vor-



handen, die teilweise in der Vergangenheit bergmännisch abgebaut wurden, so auch im Untergrund der südlich der geplanten Erweiterungsfläche sich anschließenden Erweiterung West.

Die Geringfügigkeitsschwellenwerte nach LAGA 2004 werden außer bei den Schwermetallen 1 x bei den Kohlenwasserstoffen in PB 15 (0,2 mg/l) und 1 x beim Sulfat in AB 2 knapp (243 mg/l) überschritten. In AB 2 liegt auch Chlorid mit 39 mg/l etwas über dem üblichen geogenen Background erhöht.

## 7 Geotechnische Verhältnisse

### 7.1 Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit

Die Beurteilung der Bodenfestigkeit und die Zuordnung von bodenmechanischen Kennwerten, die das Spannungs-Formänderungsverhalten und die Scherfestigkeit beschreiben, wird anhand von Erfahrungswerten an vergleichbaren Materialien bzw. Formationen vorgenommen. Gesonderte Laboruntersuchungen zum Scher- und Zusammendrückungs-Verhalten wurden an den im Deponeerweiterungsbereich anstehenden Bodenschichten nicht ausgeführt.

Der **Hang- und Verwitterungslehm** ist i.d.R. von steifer, zur Tiefe auch von halbfester Konsistenz. Oberflächennah kann er örtlich auch weich sein. Bei mindestens steifer Konsistenz ist eine ausreichende Tragfähigkeit gegeben.

Die **sandig-tonigen Festgesteine** sind hoch tragfähig. Der **Kalkstein** ist ebenfalls hoch tragfähig. Im Bereich größerer Verkarstungserscheinungen kann die Tragfähigkeit jedoch herabgesetzt sein. Außerdem kann die Kalksteinoberfläche zumindest nahe der Hauptstörung aufgrund unterschiedlich tief reichender Verwitterung ein sehr bewegtes kleinräumiges Relief aufweisen. Klüfte können spalten- bis trichterförmig erweitert und mit Limonitmull oder Lehm verfüllt sein.

Als Besonderheit auch hinsichtlich der Bodenfestigkeit ist hier der **Eiserne Hut** zu sehen. Das Material (Limonitmull) weist häufig eine hohlraumreiche Wabenstruktur auf, die ungestört standfest ist, aber durch mechanische Einwirkung wie Druck und/oder Vibration und/oder Wasserzufuhr sehr leicht zerstört werden kann. Der Limonitmull ist damit nur sehr eingeschränkt tragfähig, im Bereich des Eisernen Hutes muss deshalb mit dem Vorhandensein von Hohlräumen gerechnet werden.

Zur Abschätzung der Verbreitung des Eisernen Hutes in der Erweiterungsfläche Nordost wurden alle verfügbaren Bodenaufschlüsse ausgewertet. Aussagekräftig hierfür sind insbesondere die



z.T. mehrere Zehner Meter langen Schürfe des Büro Steffen (1990) und des Geot. Büros (1991), eingeschränkt aussagekräftig, da nur punktuelle Aufschlüsse, die Sondierbohrungen BS.. vom Büro Steffen 1990. Die Sondierbohrungen BS.. vom Büro Steffen 1984 sind von der Bodensprache her generell ungeeignet. Rammsondierungen wurden bisher nicht ausgeführt.

Die vorgesehenen Schürfe und Rammsondierungen im Bereich der Hauptstörung zur weiteren Eingrenzung des Eisernen Hutes wurden zunächst zurückgestellt, da hierbei die junge Aufforstung großflächig zerstört worden wäre (s. Kap. 9).

In Anl. 5 sind die Bodenaufschlüsse mit angetroffenem Limonitmull (= Material des Eisernen Hutes) gekennzeichnet sowie darauf aufbauend in einer ersten Abschätzung Teilflächen mit vorhandenem Limonitmull abgegrenzt worden. Die Aufschlußdicke ist teilweise bereits ausreichend hoch, teilweise aber noch recht weitständig; dort ist die Darstellung daher noch mit Unsicherheiten behaftet.

Der Limonitmull wird i.d.R. von Hanglehm oder Verwitterungslehm in Stärken von ca. 0,5 bis 2 m überdeckt.

Ausgehend von der bereits in 2012 mittels Rüttelstopfverdichtung (RSV) sanierten Teilfläche im Bereich der Erweiterung West, 2.BA, zieht sich die größte Teilfläche entlang der Hauptstörung über eine Länge von ca. 240 m bis zum Schurf S/G/B. Im Bereich des Kohlenkalkes verbreitert sich die Teilfläche von ca. 20 – 30 m auf bis 70 m. Eine weitere größere Teilfläche ist entlang der Hauptstörung an deren westlichem Ende vorhanden, 2 kleinere Teilflächen im Bereich des Kohlenkalkes. Erfahrungsgemäß muss damit gerechnet werden, dass die beiden größeren Teilflächen entlang der Hauptstörung zusammenhängen, gleichwohl in den hier vereinzelt Bodenaufschlüssen kein Limonitmull angetroffen worden ist.

Im Zuge des Baus des RRB wurde der Eisenerne Hut dort bereits durch einen Bodenaustausch saniert.

Die 4 vorläufig abgegrenzten Teilflächen umfassen eine Gesamtfläche von rund 11.600 m<sup>2</sup>. Unterstellt man ein Zusammenhängen der beiden größeren Teilflächen entlang der Hauptstörung kämen bei einer Mindestbreite des Eisernen Hutes von 25 m weitere ca. 2.300 m<sup>2</sup> hinzu.

Der Limonitmull wurde in der Erweiterung Nordwest bisher bis in Tiefen von max. gut 9 m erkundet (BS 4).



## 7.2 Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostempfindlichkeit

Für die im Untersuchungsgebiet anstehenden Bodenarten lassen sich die in Tab. 7-1 aufgeführten Bodengruppen (DIN 18196) und alten Bodenklassen (DIN 18300) angeben. Ferner werden die einzelnen Bodenschichten nach ihrer Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB-17) beurteilt.

**Tab. 7-1:** Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeit der anstehenden Bodenarten

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
Verwitterungs-/Hanglehm	TM, OU, GU*, GU	3, 4	gering - sehr frost-empfindlich (F 2 - F 3)
Limonitmulm	UA, (UL)	2, 4	sehr frostempfindlich (F 3)
mäßig verwitterter Fels	(GU)	(4), 6	
schwach verwitterter und unverwitterter Fels		7, (6)	

( ) in Spalten 2 bis 3 = örtlich, untergeordnet

Der Verwitterungs- und Hanglehm sowie der Limonitmulm sind wasserempfindlich, d.h. sie weichen bei Wasserzutritt und/oder dynamischer Beanspruchung unter Festigkeitsverlust auf und können in einen Boden der Klasse 2 (fließende Bodenarten) übergehen.

Die häufig hohlraumreiche Wabenstruktur des Limonitmulms kann durch mechanische Einwirkung wie Druck und/oder Vibration und/oder Wasserzufuhr sehr leicht zerstört werden, das Material fällt in sich zusammen.

Die z.T. weichen Mergelsteine und Tonsteine insbesondere der Alaunschiefer sind verwitterungsanfällig und können bei teilweise begonnener Entfestigung bereits leicht durch Frostsprengung aufgelockert werden.

## 7.3 Mittlere Bodenkennwerte

Die charakteristischen Bodenkennwerte werden nach den Ergebnissen der Material- und Konsistenzansprache in den Bohrungen, den Ergebnissen der Rammsondierungen und Erfahrungswerten abgeschätzt.





Tab. 7-2: Mittlere charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Wichte $\gamma_K$ [ KN/m <sup>3</sup> ]	Steifemodul $E_{s,K}$ [ MN/m <sup>2</sup> ]	Reibungswinkel $\varphi'_K$ [ ° ]	Kohäsion $c'_K$ [ KN/m <sup>2</sup> ]
Verwitterungs-/Hanglehm	i.M. 20	5 – 20, i.M. 12,5	i.M. 27,5	0 – 10, i.M. 5
Limonitmulm	9 – 18, i.M. 14	i.M. 4	ca. 27,5	0
schwach verwitterter und unverwitterter Fels: Tonstein, Mergelstein	i.M. 25	200	45 <sup>1</sup> bzw. 35 <sup>2</sup> (25 <sup>3</sup> )	
schwach verwitterter und unverwitterter Fels: Kalkstein, Sandstein	i.M. 25	≥ 500	60 <sup>1</sup> bzw. 35 <sup>2</sup> (25 <sup>3</sup> )	

<sup>1</sup> Ersatzreibungswinkel des Gebirges, <sup>2</sup> Ersatzreibungswinkel auf Trennflächen, <sup>3</sup> Ersatzreibungswinkel auf verlehnten Trennflächen

## 8 Bewertung des Standortes

### 8.1 Anforderungen an einen Deponiestandort

Die geologischen und hydrogeologischen Anforderungen an einen Deponiestandort sind in der DepV, Anhang 1 aufgeführt. Aus geologisch/hydrogeologischer Sicht sind die Anforderungen wie folgt:

*Die Eignung des Standortes für eine Deponie ist eine notwendige Voraussetzung dafür, dass das Wohl der Allgemeinheit nach § 15 Abs. 2 des KrWG durch die Deponie nicht beeinträchtigt wird. Bei der Wahl des Standortes ist insbesondere Folgendes zu berücksichtigen:*

- *geologische und hydrogeologische Bedingungen des Gebietes einschließlich eines permanent zu gewährleistenden Abstandes der Oberkante der geologischen Barriere vom höchsten zu erwartenden freien Grundwasserspiegel von mindestens einem Meter,*
- *besonders geschützte oder schützenswerte Flächen wie Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete, Wasservorranggebiete, Wald- und Naturschutzgebiete, Biotopflächen,*
- *Gefahr von Erdbeben, Überschwemmungen, Bodensenkungen, Erdfällen, Hangrutschen oder Lawinen auf dem Gelände,*
- *Ableitbarkeit gesammelten Sickerwassers im freien Gefälle.*

*Der Untergrund einer Deponie muss folgende Anforderungen erfüllen:*



- *Der Untergrund muss sämtliche bodenmechanischen Belastungen aus der Deponie aufnehmen können, auftretende Setzungen dürfen keine Schäden am Basisabdichtungs- und Sickerwassersammelsystem verursachen.*
- *Der Untergrund der Deponie und der im weiteren Umfeld soll auf Grund seiner geringen Durchlässigkeit, seiner Mächtigkeit und Homogenität sowie seines Schadstoffrückhaltevermögens eine Schadstoffausbreitung aus der Deponie maßgeblich behindern können (Wirkung als geologische Barriere), sodass eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder sonstige nachteilige Veränderung seiner Beschaffenheit nicht zu besorgen ist.*
- *Die Mindestanforderungen an die Wasserdurchlässigkeit (K) und Dicke (d) der geologischen Barriere sind für eine Deponie der Klasse DK I:*

$\text{Dicke} \geq 1 \text{ m}, K \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$  (Laborwert nach DIN 18130-1)

(Kommentar Geot. Büro: Ein im Labor ermittelter Durchlässigkeitsbeiwert von  $K \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$  entspricht einem im Gelände ermittelten Wert (Gebirgsdurchlässigkeit) von  $K \leq 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ . Letzterer Wert wird auch in LANUV A 13 genannt)

*Erfüllt die geologische Barriere in ihrer natürlichen Beschaffenheit nicht diese Anforderungen, kann sie durch technische Maßnahmen geschaffen, vervollständigt oder verbessert werden.*

## 8.2 Beurteilung der Standortbedingungen

Folgende Anforderungen an einen Deponiestandort werden von der geplanten Deponieerweiterungsfläche erfüllt bzw. positiv zu bewertende Faktoren sind:

- Im Abstromgebiet existieren keine festgesetzten oder geplanten Wasserschutzgebiete, Wasserreservegebiete oder Wasservorranggebiete.
- Im engeren und weiteren Projektgebiet sind keine aktiven Störungszonen vorhanden.
- Der Standort liegt nach der DIN EN 1998-1 in keiner Erdbebenzone.
- Bergsenkungen sind nicht zu erwarten.
- Die Ableitbarkeit gesammelten Sickerwassers im freien Gefälle ist möglich.

Folgende Anforderungen an einen Deponiestandort der Klasse DK I werden am Standort ohne zusätzliche technische Maßnahmen nicht erfüllt:

### Geologische Barriere

- Im Deponieuntergrund ist nahezu flächendeckend und über den Standort hinaus eine geologische Barriere in Form des Hang- und Verwitterungslehms vorhanden. Teilflächen mit geringer Mächtigkeit (vereinzelt ist kein Lehm vorhanden) finden sich nur im Westen des Standortes. Ansonsten betragen die Mächtigkeiten zwischen ca. 1 m und 3 m, im Bereich des Alaunschie-



fers auch bis über 5 m. Die Gebirgsdurchlässigkeiten liegen zwischen  $K = 4 \cdot 10^{-9}$  bis  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s (Geländewert), z.T. also deutlich oberhalb der geforderten  $K \leq 1 \cdot 10^{-8}$  m/s (Geländewert).

- Aufgrund der nicht durchgängig vorhandenen Mächtigkeit von mind. 1 m sowie der Durchlässigkeit von z.T. bis 2 Zehnerpotenzen oberhalb  $K = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s (Geländewert) erfüllt der Hang-/Verwitterungslehm abseits der Alaunschiefer die Anforderungen der DepV an eine geologische Barriere nicht vollständig. Andererseits ist bei Herrichtung und Verdichtung des Planums eine Reduzierung der Durchlässigkeit um mindestens 1 Zehnerpotenz zumindest auf den oberen 0,5 m zu erwarten.
- Im Hang-/Verwitterungslehm oberhalb der Alaunschiefer sind die Anforderungen der DepV an eine geologische Barriere vollständig erfüllt: In allen im Bereich der Erweiterung NW vorhandenen 31 Bodenaufschlüssen beträgt die Mächtigkeit der Lehmdecke über den Alaunschiefern mindestens 1,1 m, im Mittel 2,79 m (ohne Mutterboden). Die Gebirgsdurchlässigkeiten des Lehms liegen zwischen  $K = 3,7 \cdot 10^{-9}$  und  $K = 2,3 \cdot 10^{-7}$  m/s, der geometrische Mittelwert aus 7 Werten beträgt  $K = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s (Geländewert), liegt also genau auf dem geforderten Geländewert  $K \leq 1 \cdot 10^{-8}$  m/s. Ohne den Ausreißer  $K = 2,3 \cdot 10^{-7}$  m/s (ursächlich ist sehr wahrscheinlich der in der B 5 auf den letzten 0,2 m angetroffene verwitterte Tonschiefer) beträgt der Mittelwert  $K = 5,9 \cdot 10^{-9}$  m/s. Eine Ausnahme liegt im Bereich des vorh. RRB vor, einem Geländeeinschnitt, in dem der Lehm ausgekoffert wurde.

Auch unter dem Randwall des BA II des Altteils ist gemäß der 5 in 2016 ausgeführten Bodenaufschlüsse die geologische Barriere im Bereich der Alaunschiefer vollständig vorhanden. Zusätzlich wird der mehrere Meter hohe Randwall des BA II der Altdeponie aus bindigen oder gemischtkörnigen Böden mit maßgeblichen Tonanteilen aufgebaut. Aus Archivunterlagen der DBV geht hervor, dass auch im Bereich der Aufstandsfläche des BA II dieser Boden in unterschiedlichen Mächtigkeiten oberhalb des Verwitterungslehms eingebaut wurde.

- Bei Feinstkornanteilen (Tonkorn) von 10 % bis 41 %, i.M. 22 % ( $n = 15$ ) weisen die Lehme ein maßgebliches Schadstoffrückhaltevermögen auf (nach LANUV-Arbeitsblatt 13 (das Arbeitsblatt gibt Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung) ist bei einem Tonkorngesamtgehalt von  $\geq 20$  Gew.-%. bzgl. einer 1 m starken Barriere) ein ausreichend hohes Schadstoffrückhaltevermögen gegeben. Insbesondere in den durchwegs  $> 1$  m mächtigen Lehmen über dem Alaunschiefer ist die Bedingung „Mindesttongehalt“ sicher erfüllt.
- Weiterhin weisen die bis zu mehrere Zehner Meter mächtigen Alaunschiefer und Etroeungtschichten aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeiten von i.M.  $K = 2$  bzw.  $4 \cdot 10^{-7}$  m/s Barriereigenschaften auf.
- Die Erweiterung Nordwest liegt örtlich der Erweiterung West auf. In diesem Bereich wurde die geologische Barriere bereits beim Bau der Basisabdichtung der Erweiterung West verbessert



(mineralische Barriere, Mächtigkeit 0,5 m,  $K \leq 8,2 \cdot 10^{-10}$  m/s). Daher sind in diesem Bereich keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

### **Flurabstände**

- Bezüglich der natürlichen Geländeoberfläche liegen die Flurabstände in der Erweiterung Nordwest im westlichen Teil weitflächig bei über 10 m. Im Bereich der Hangenden Alaunschiefer jedoch liegen zeitweise und örtlich Flurabstände von 0,2 bis < 1 m vor. Da aber die Altdeponie mit den Erweiterungen in Kuppenlage liegt und daher die Grundwasserstände nach Aufbringen der Basisabdichtung tendenziell sinken werden, sind für die Bewertung hier nicht die höchsten, sondern die niedrigsten gemessenen Grundwasserstände anzusetzen. Die Flurabstände bei niedrigen Grundwasserständen liegen im Bereich der Hangenden Alaunschiefer zwischen 2 und 4 m. Für die Betriebsphase ist damit die Anforderung an den Abstand zum höchsten Grundwassertand erfüllt. Dies gilt jedoch nicht für die Bauphase. Daher wird empfohlen, auf Geländeeinschnitte im Bereich der Alaunschiefer zu verzichten.

### **Tragfähigkeit des Untergrundes**

- Die Tragfähigkeit des Untergrundes ist aufgrund des oberflächennahen Festgesteins weitflächig sehr hoch. Im Verbreitungsgebiet des Eisernen Hutes (überwiegend im Bereich verkarsteter Kalksteine entlang der Hauptstörung) ist die Tragfähigkeit jedoch nur sehr eingeschränkt. In dem Bereich sind Maßnahmen zur Bodenverbesserung (z.B. Rüttelstopfverdichtungen) erforderlich.

Im westlichen Zentralbereich der Erweiterungsfläche Nordwest steht der stark durchlässige und verkarstete Kohlenkalk an. Er liegt als von Störungen und Schichtgrenzen umrahmte Scholle vor, hat jedoch an der nördlichen Störung in der Tiefe Kontakt zum Kohlenkalk nördlich der Störung, an der darauf folgenden Störung sehr wahrscheinlich jedoch nicht mehr. Nach der GK 100 taucht der Kohlenkalk nach Norden bis in Tiefen > 1.000 m ab und tritt nicht wieder zu Tage. Die Errichtung einer Deponie für die in den 1990er Jahren vorgesehene Klasse II („klassischer“ Hausmüll) war nach damaligem Regelwerk (TA Siedlungsabfall) und nach Auffassung der Behörden nicht zulässig. Die jetzige Erweiterung ist als DK-I-Deponie vorgesehen. In der heute gültigen DepV wird eine Deponie auf stark durchlässigem Untergrund nicht explizit ausgeschlossen. Obwohl Kalkstein im Deponieuntergrund aufgrund der hohen Durchlässigkeiten und damit i.d.R. hohen Abstandsgeschwindigkeiten als ungünstig zu bewerten ist, stellt er u.E. hier aufgrund der Deponieklasse, der geringen grundwasserfüllten Mächtigkeit, seiner begrenzten Ausdehnung nahezu ausschließlich auf die Erweiterungsfläche selbst und der nicht vorliegenden wasserwirtschaftlichen Nutzung kein Ausschlusskriterium dar.



Der geplante Deponiestandort erfüllt bisher nicht alle der nach Deponieverordnung vorgegebenen Anforderungen an einen Deponiestandort der Klasse DK I vollständig. Die dztg. nicht erfüllten Anforderungen lassen sich grundsätzlich durch technische Maßnahmen und Nachbesserungen erreichen.

### **8.3 Mögliche und notwendige Maßnahmen zur Standortverbesserung**

Zur Erfüllung der Anforderungen an einen Deponiestandort nach DepV hinsichtlich der Kriterien geologische Barriere und Tragfähigkeit sind erdbautechnische Maßnahmen zur Standortverbesserung in folgendem Umfang erforderlich und möglich:

#### **Geologische Barriere**

Die natürlichen Schichten im oberflächennahen Untergrund der Deponie erfüllen die Anforderungen der DepV an eine geologische Barriere nicht vollständig. Sie kann jedoch nach DepV durch zusätzliche technische Maßnahmen vervollständigt und verbessert werden. Hierbei kann die Dicke einer technisch hergerichteten Barriere nach LANUV-A 13 auf eine Minstdicke von 0,5 Meter reduziert werden, wenn über eine entsprechend geringere Wasserdurchlässigkeit die gleiche Schutzwirkung wie nach den Vorgaben „Dicke  $\geq 1$  m,  $K \leq 1 \cdot 10^{-9}$  m/s“ erzielt wird. Bei einem Durchlässigkeitsbeiwert der technischen Barriere von  $K \leq 9 \cdot 10^{-10}$  m/s wird die geforderte Schutzwirkung trotz der geringeren Dicke gegenüber der Forderung der DepV erfüllt (LANUV-A 13). Nach LANUV-A 13 soll die technisch hergerichtete Barriere mind. 5 m über den Umriss des Ablagerungsbereiches einschließlich aller Sickerwasserschächte hinaus reichen.

Oberhalb des Kohlenkalks und allseitig etwa 3 m darüber hinaus sollte die technische Barriere aufgrund der geringen Lehm mächtigkeiten und der hohen Durchlässigkeiten des Kalksteins 1 m betragen.

Für die technischen Maßnahmen kommen in Anlehnung an die GDA-Empfehlung E 2-38 als natürliche Erdstoffe in erster Linie Lehm bzw. Ton und schluffiger Ton der Bodengruppen TA (ausgeprägt plastisch) und TM (mittelplastisch) nach DIN 18 196 in Betracht. Grundsätzlich denkbar ist die Verwendung des anstehenden Verwitterungslehms.

#### **Verbesserung der Tragfähigkeit**

Im Bereich des Eisernen Hutes ist die Tragfähigkeit stark herabgesetzt. Hier ist eine Bodenverbesserung z.B. durch die Rüttelstopfverdichtung (RSV), wie im Bereich der Erweiterung West be-



reits ausgeführt grundsätzlich möglich. Die dztg. einigermaßen sicher abgrenzbare Fläche des Eisernen Hutes in der Erweiterung Nordwest beträgt ca. 11.600 m<sup>2</sup> bis 13.900 m<sup>2</sup>.

Da sich die Deponiebasis gemäß Planung u.a. im Verbreitungsgebiet des Eisernen Hutes um z.T. mehrere Meter in den Untergrund einschneiden wird, wird im Zuge des Aushubs bereits ein großer Teil des Materials des Eisernen Hutes entfernt. Das Erfordernis weiterer Sanierungsmaßnahmen ist dann, wenn Material des Eisernen Hutes im Planum erkennbar ist, durch weitere Untersuchungen wie Schürfe und – zur Ermittlung der Tragfähigkeit – durch Rammsondierungen zu beurteilen.

Der Verwitterungslehm weist i.d.R. hohe natürliche Wassergehalte auf und kann zumindest oberflächennah von weicher Konsistenz sein. Er ist damit für eine - nach erfolgter Abschiebung des Mutterbodens und statischer Nachverdichtung des Planums - unmittelbare Auflagerung der geotechnisch verbesserten Barriere möglicherweise nur eingeschränkt geeignet. Dem kann durch eine Modifizierung des Einbauverfahrens der geotechnisch verbesserten Barriere (Einsatz leichter Verdichtungsgeräte, dünnere Einbaulagen) Rechnung getragen werden. Das Einbauverfahren ist in Probefeldern zu optimieren. Witterungsbedingt kann das Einwalzen von Grobschlag zur Stabilisierung des Planums erforderlich werden.

## **9 Empfehlungen**

Die geplante Erweiterungsfläche ist grundsätzlich als Deponiestandort geeignet, erfüllt bisher aber nicht alle der nach Deponieverordnung vorgegebenen Anforderungen an einen Deponiestandort der Klasse DK I vollständig. Die dztg. nicht erfüllten Anforderungen lassen sich grundsätzlich durch technische Maßnahmen und Nachbesserungen erreichen und werden in Kap. 8.3 beschrieben.



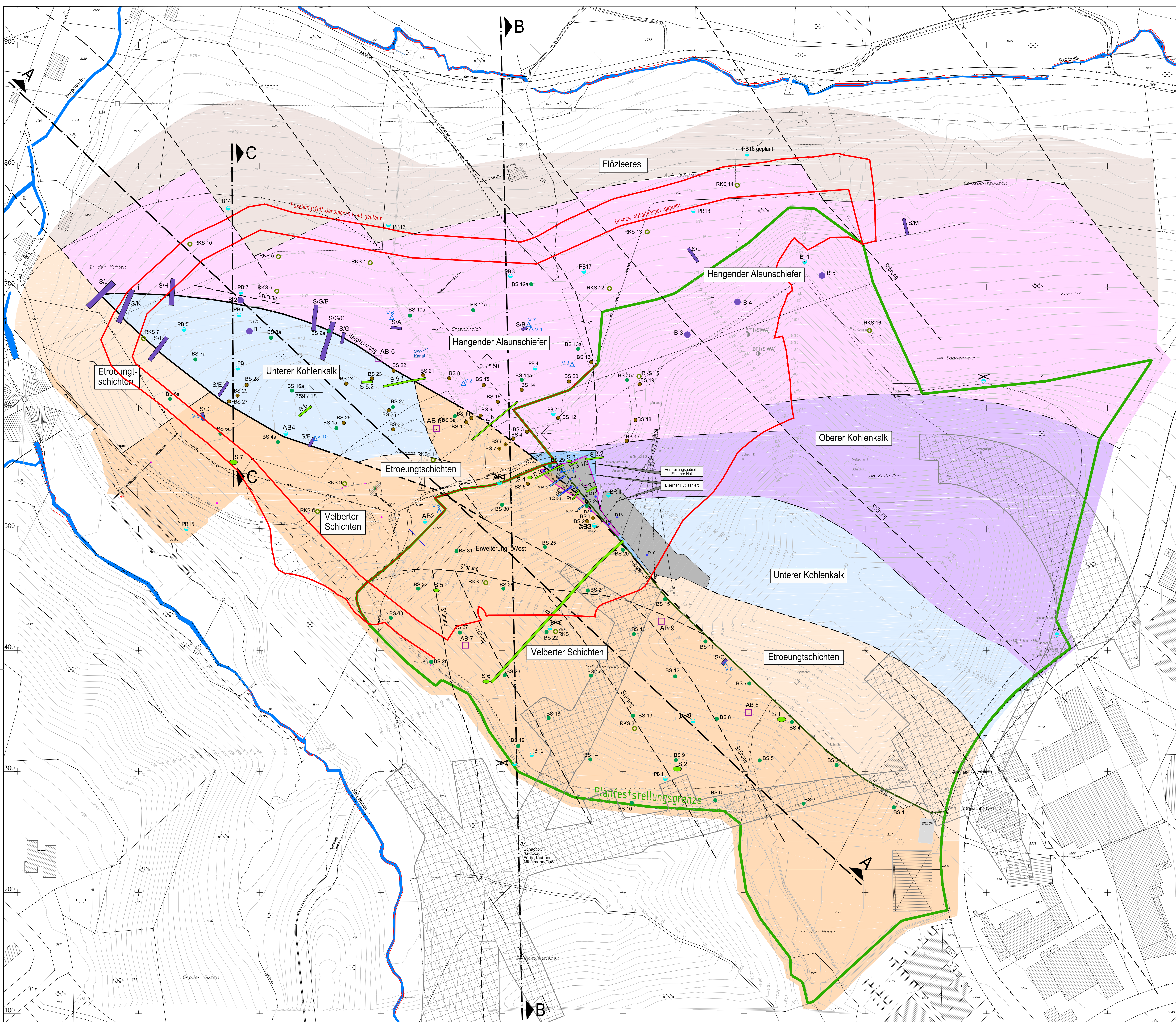
Folgende bisher aus Gründen der eingeschränkten Zugänglichkeit oder des Bewuchses zurückgestellte Untersuchungen sollten später, bei Vorliegen der Genehmigung, ausgeführt werden:

- Errichtung der Grundwassergütemessstelle PB 16 DN 125 im Osten des nördlichen Abstromgebietes der Erweiterung,
- Eingrenzung der Verbreitung des Eisernen Hutes und Untersuchung zu dessen Tragfähigkeit nach Herstellung des Planums (s. Kap. 8.3),
- eine nochmalige Beprobung der in Ende 2018 / Anfang 2019 untersuchten GWM zur Beweis-sicherung, dann unter Einbeziehung evtl. von Br 1 und der noch abzuteufenden GWM PB 16; Übersichtsanalysen nach LAGA M 28.

Dipl.-Geol. S. Krings

Dr.-Ing. M. Nendza





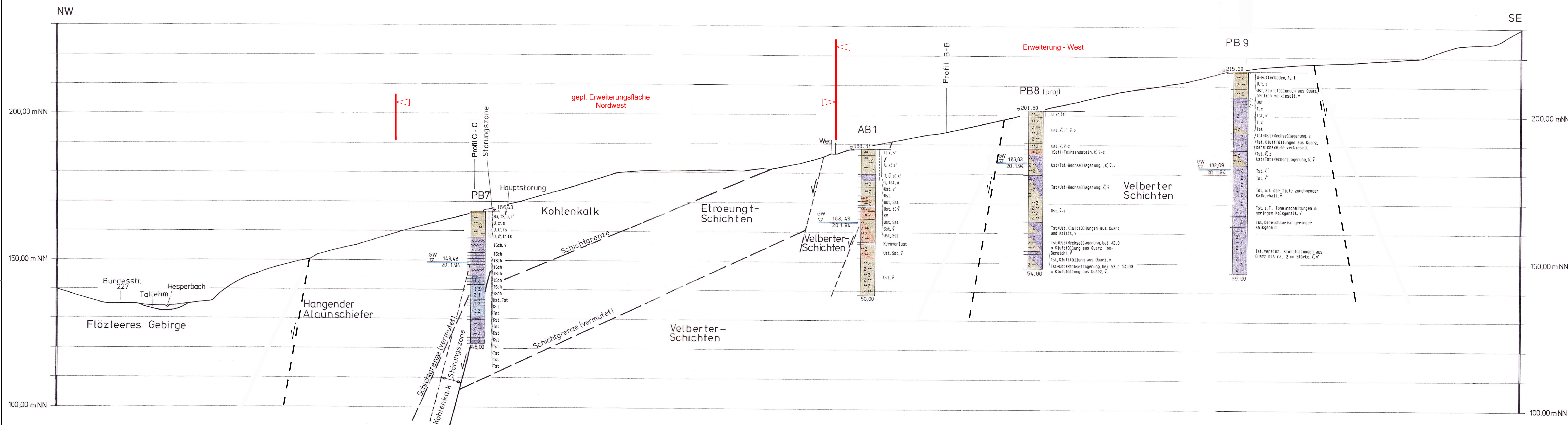
Legende:

- Eiserner Hut
- Eiserner Hut, saniert
- Flözleeres
- Hangender Alaunschiefer
- Oberer Kohlenkalk (Vise - Stufe)
- Unterer Kohlenkalk (Tournai - Stufe)
- Etroengtschichten
- Velberter Schichten
- Grundwassermessstelle
  - PB1-PB12 Geot. Büro, 1991-1992, 2011
  - PB13-PB18 Geot. Büro, 2015
  - Br1, Br11 Deponiekontrollbrunnen
  - AB 1-4 Büro Christ, 1986
- B1, B2 Aufschlußbohrungen (Geot. Büro, 1991)
- B3 - B5 Aufschlußbohrungen (Geot. Büro, 2017)
- AB 5-9 Aufschlußbohrungen (Büro Christ, 1986)
- BS 1-33 Schlitzsondierungen (Büro Steffen, 1984)
- BS 1-30 Bohrsondierungen (Büro Steffen, 1990)
- RKS 1-3 Rammkernsondierungen (Geot. Büro, 1994)
- RKS 4-16 Rammkernsondierungen ( " 2015, 2016)
- Baggerschürfe
  - S 1-7 Büro Steffen, 1984
  - S 1-6 Büro Steffen, 1990
  - S/A-S/M Geot. Büro, 1991
  - S 2010/.. Geot. Büro, 2010
- D.. Schwere Rammsondierung (Geot. Büro, 2010)
- V1-V10 Versickerungsversuche (Geot. Büro, 1991)
- Schächte 1-2 der Erzgrube Vereinigte Glück-Auf (verfüllt)
- Schacht 3 der Erzgrube Vereinigte Glück-Auf
- Bergbauliche Auflockerungszonen im Bereich von Vererzungszonen (stark durchlässig im Abbaubereich)
- Schichtgrenze
- Richtung und Neigung der Schichtung
- Tektonische Grenze (festgestellter Verlauf)
- Tektonische Grenze (vermuteter Verlauf)
- Schnittführung

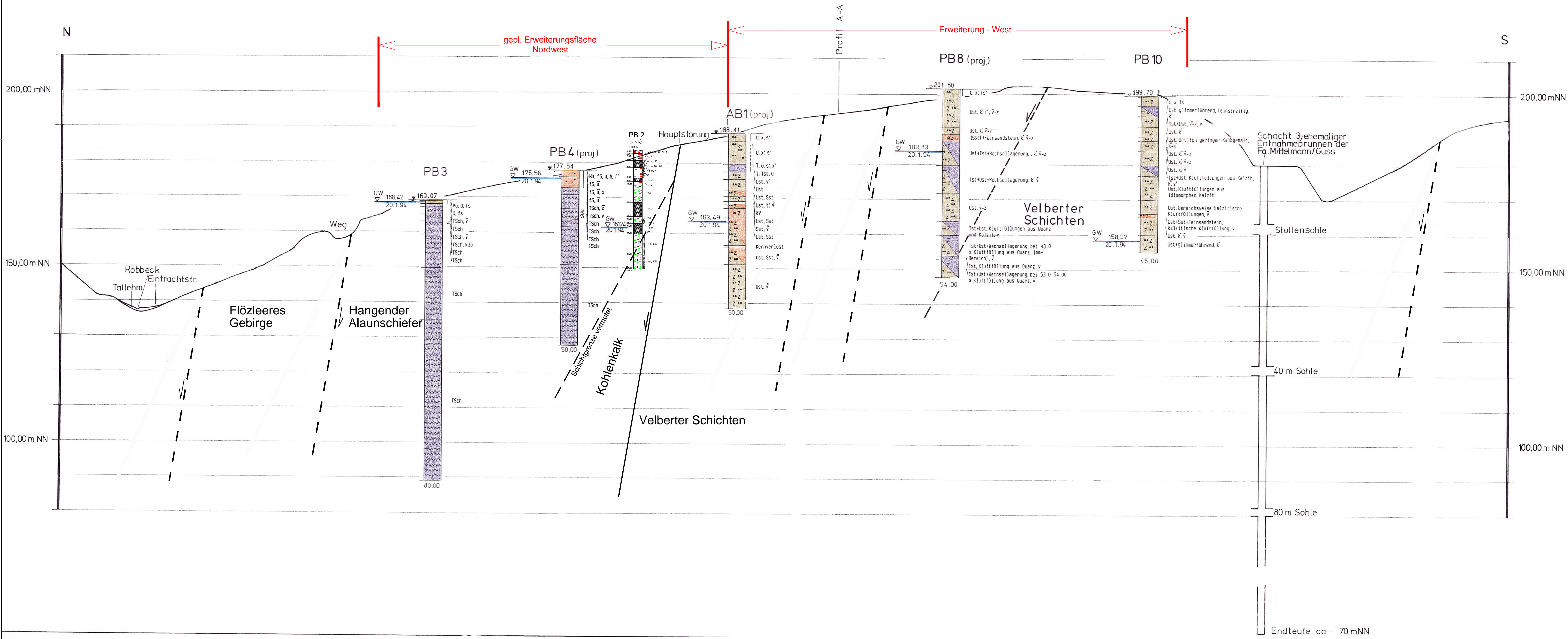
Nr.	Änderung oder Ergänzung			Datum	Name
<div><div><div>GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH</div><div>Neuenhofstraße 112</div><div>52078 Aachen</div><div>Tel. 0241 / 92839-0</div></div><div></div></div>					
AUFTRAGGEBER		<div><div></div><div>DEPONIEBETRIEBSGESELLSCHAFT VELBERT MBH</div></div>		Bearb. - Nr.:	
PROJEKT		Deponie Plöger Steinbruch Deponieerweiterung Nordwest		15.118	
TITEL		Lageplan Bodenaufschlüsse und Geologische Karte		Anlage - Nr.:	
				1	
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab & Länge	Maßstab & Höhe
Krings	Bünten	Nendza	15.12.2017	1:1.000	-







### Profil A-A



### Profil B-B



### Legende


- |   |   |
|---|---|
|                            | Tektonische Grenze (festgestellter Verlauf) |
|                            | Tektonische Grenze (vermuteter Verlauf)     |
|                            | Schichtgrenzen                              |
| GW<br><br>1684,2<br>20.194 | Grundwasserstand in mNN<br>Bezugsdatum      |

ZEICHENERKLÄRUNG (S. DIN 4023)

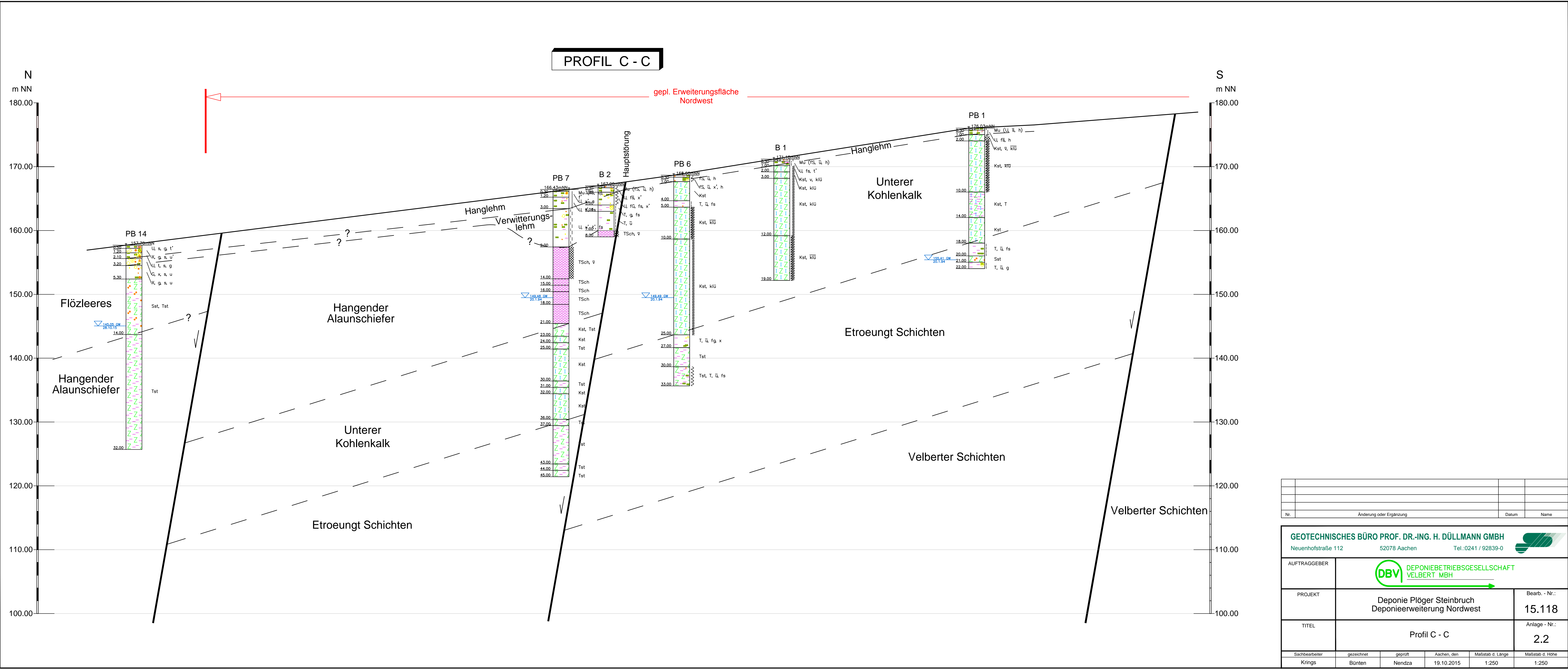
<b>BODENTARTEN</b>					<b>FELSGARTEN</b>	
Mutterboden	Mu				Toschacher	T
Steine	S	x			Sandstein	S
Kiese	G				Schiefenstein	S
Sand	S	s	*		Kalkstein	K
Schluff	U					
Ton	t					
Löss	L					
Zersetzt	Z					
<b>KÜHNIGSCHNEIDER</b>	f	fein	a	niedrig	<b>KERNHOLZLEITE</b>	f
m	mittel				schwach bis 20-40%	
<b>Konsistenz:</b>					<b>Feuchtheitsgrad:</b>	f
% breilig						
% weich						
% steif						
halbfest						
fest						
<b>Verwitterungsgrad:</b>	v					
w	schwach verwittert					
v	stark verwittert					
	sehr verwittert					
					<b>Klüftung:</b>	k
					< 10°	kleinfügig
					> 10°	stark klüftig
					> 45°	stark stark klüftig

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name


GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH


AUFTRAGGEBER	 <b>DEPONIEBETRIEBSGESELLSCHAFT KILBERT MBH</b>				
PROJEKT	<b>Deponie Profite Steinbruch Deponieerweiterung Nordwest</b>				Bearb. - Nr.: <b>15.118</b>
TITEL	<b>Profil A - A und B - B</b>				Anlage - Nr.: <b>2.1</b>
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Abgelesen	Maßstab & Länge	Maßstab & Stufe
Krings	Böhlen	Nagels	18.09.2015	1:1000	1:500





Nr.	Änderung oder Ergänzung			Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH							
Neuenhofstraße 112		52078 Aachen		Tel.:0241 / 92839-0			

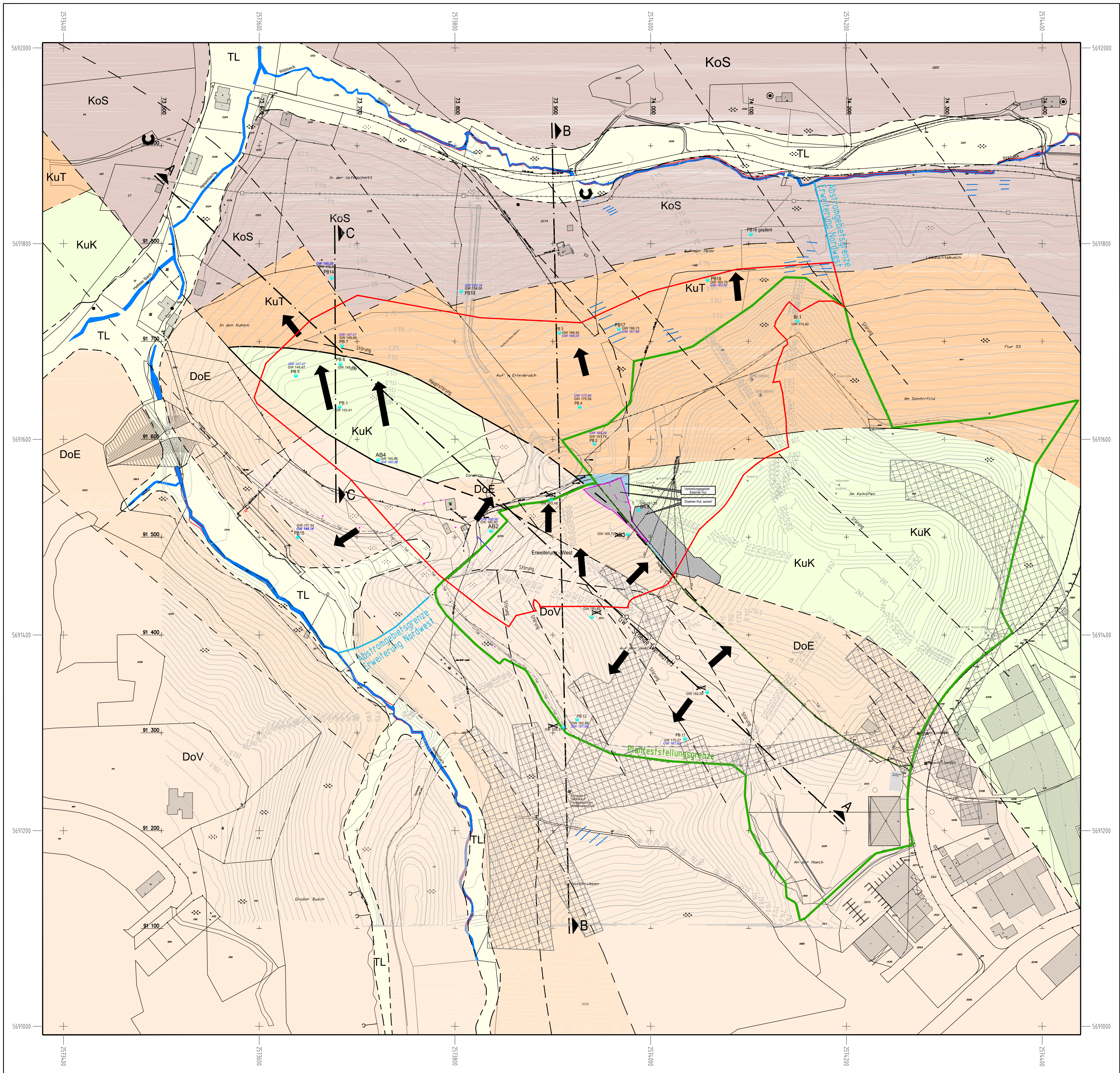
AUFTRAGGEBER	<div><div></div><div>DEPONIEBETRIEBSGESELLSCHAFT VELBERT MBH</div></div>				
--------------	---	--	--	--	--

PROJEKT	Deponie Plöger Steinbruch Deponieerweiterung Nordwest				Bearb. - Nr.:	15.118
---------	--	--	--	--	---------------	--------

TITEL	Profil C - C				Anlage - Nr.:	2.2
-------	--------------	--	--	--	---------------	-----

Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe	
Krings	Bünten	Nendza	19.10.2015	1:250	1:250	





Legende:

- Geologische Schichtglieder**
- |     |                        |             |
|-----|------------------------|-------------|
| TL  | Tallehm                | Holozän     |
| KoS | Flözleeres             | Oberkarbon  |
| KuT | Ton- und Alaunschiefer | Unterkarbon |
| KuK | Kohlenkalk             |             |
| DoE | Etroeungsschichten     | Oberdevon   |
| DoV | Velberter Schichten    |             |
- Tekt. Grenze (festgestellter Verlauf)  
- - - Tekt. Grenze (vermuteter Verlauf)  
— Grenze Deponieerweiterung (geplant)  
— Grenze Deponie Plöger Steinbruch  
— Schichtgrenze  
● Grundwassermessstelle  
PB1-PB18 Geot. Büro, 1991-1992, 2011, 2015  
Br1, Br11 Deponiekontrollbrunnen  
AB 1-4 Büro Christ, 1986
- GW 165,86 Grundwasserstand 20.01.1994  
GW 165,86 Grundwasserstand 28.10.2015
- Schächte 1-2 der Erzgrube Vereinigte Glück-Auf (verfüllt)  
□ Schächte 3 der Erzgrube Vereinigte Glück-Auf bzw. ehem. Industrieburten  
▨ Stollen der Erzgrube Vereinigte Glück-Auf
- Hausbrunnen, aktiv  
● Quelle  
— Vernässungszonen } gemäß Kartierung von Jan 1994

- Gebirgsdurchlässigkeiten**
- |   |  |
|---|--|
| ▨ | Eiserner Hut (stark durchlässig)   |
| ▨ | Eiserner Hut saniert (durchlässig)   |
| ▨ | Bergbauliche Auflockerungszonen im Bereich von Vererzungszonen (stark durchlässig im Abbaubereich) |
| ▨ | Tallehm (gering durchlässig bis durchlässig)   |
| ▨ | Flözleeres (gering durchlässig bis durchlässig)  |
| ▨ | Ton- und Alaunschiefer (gering bis sehr gering durchlässig)  |
| ▨ | Kohlenkalk (stark durchlässig)   |
| ▨ | Etroeungsschichten (vorwiegend gering durchlässig)   |
| ▨ | Velberter Schichten (gering durchlässig)   |

- Durchlässigkeitsbeiwerte (im GW Niveau) und Grundwasserfließrichtungen**
- |   |   |
|---|---|
| → | : < 10 <sup>-8</sup> [m/s]                  |
| → | : 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup> [m/s] |
| → | : 10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-6</sup> [m/s] |
| → | : > 10 <sup>-4</sup> [m/s]                  |

- Gebirgsdurchlässigkeiten**
- |                         |   |
|-------------------------|---|
| stark durchlässig       | : > 10 <sup>-4</sup> [m/s]                  |
| durchlässig             | : 10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-6</sup> [m/s] |
| gering durchlässig      | : 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup> [m/s] |
| sehr gering durchlässig | : < 10 <sup>-8</sup> [m/s]                  |

Schichtgrenzen und Störungen außerhalb der Deponie nach GK 25			
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH

Neuenhofstraße 11252078 AachenTel.:0241 / 92839-0

AUFTRAGGEBER

PROJEKT

TITEL

Sachbearbeiter

DBV

DEPONIEBETRIEBSGESELLSCHAFTVELBERT MBH

Deponie Plöger Steinbruch

Deponieerweiterung Nordwest

Hydrogeologische Karte

Zeitpunkt 20.01.1994 / 29.02.2016 (hohe GW-Stände) und 28.10.2015 (mittlere GW-Stände)

Krings

Bünten

Nendza

Aachen, den 17.09.2018

Maßstab d. Länge 1:2.000

Maßstab d. Höhe -

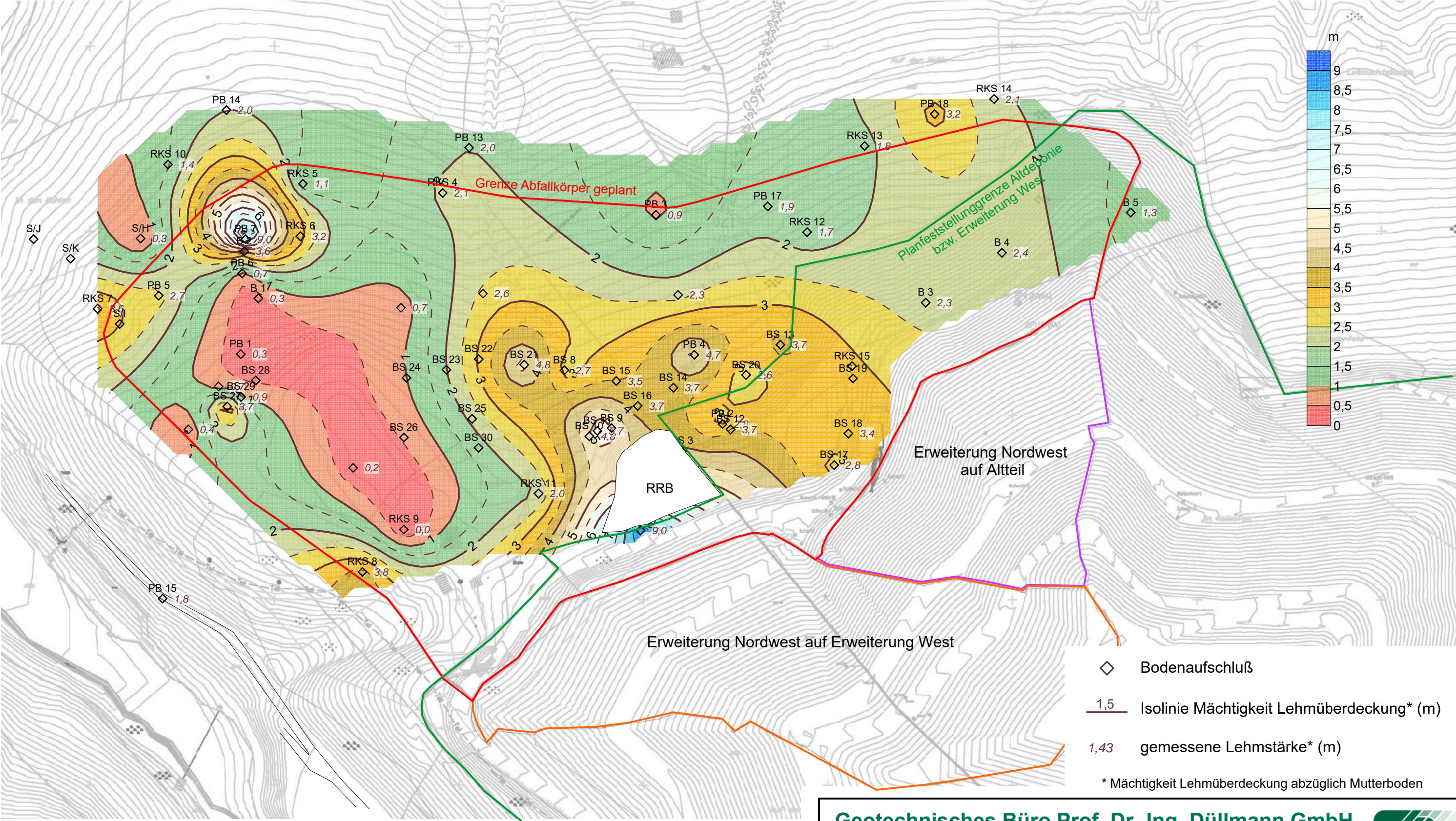
Bearb. - Nr.:

15.118

Anlage - Nr.:

3





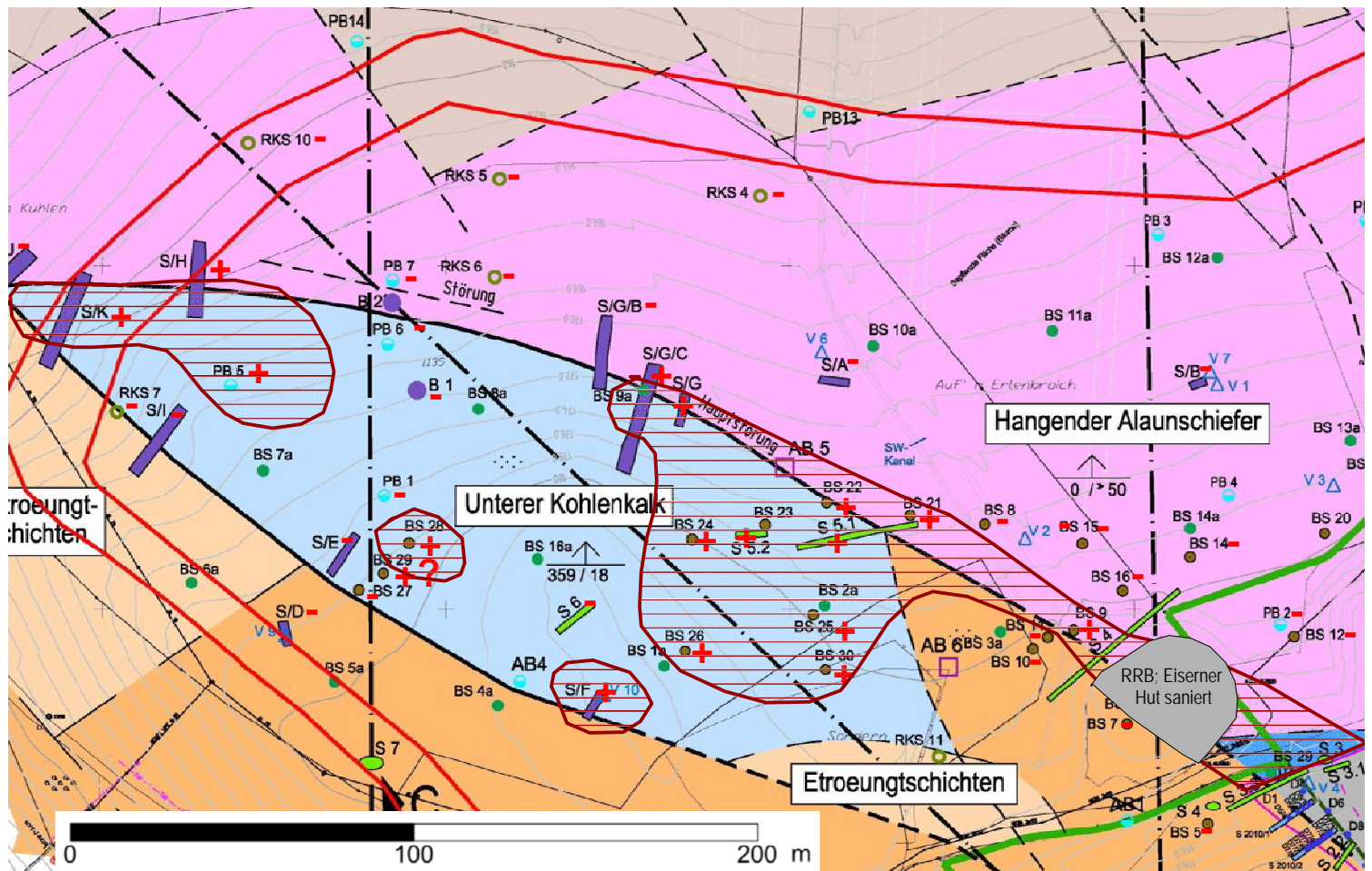
- ◇ Bodenaufschluß
- 1,5 Isolinie Mächtigkeit Lehmüberdeckung\* (m)
- 1,43 gemessene Lehmstärke\* (m)
- \* Mächtigkeit Lehmüberdeckung abzüglich Mutterboden

0 100 200 m

**Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann GmbH**  
Neuenhofstr. 112  
52078 Aachen  
Tel.: 0241 / 92839-0

<b>Deponiebetriebsgesellschaft Velbert mbH</b> Haberstraße 13a 42551 Velbert				Bearb.-Nr. <b>15.118</b>	
<b>Deponie Plöger Steinbruch - Erweiterung Nordwest</b> Mächtigkeitskarte Lehmüberdeckung				Anlage-Nr.: <b>4</b>	
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab der Höhe
Krings	Krings	Nendza	14.09.2018	1 : 2.000	-





- B1, B2      Aufschlußbohrungen (Geot. Büro, 1991)
- AB 5-9      Aufschlußbohrungen (Büro Christ, 1986)
- BS 1-33      Schlitzsondierungen (Büro Steffen, 1984)
- BS 1-30      Bohrsondierungen (Büro Steffen, 1990)
- RKS 1-3      Rammkernsondierungen (Geot. Büro, 1994)
- RKS 4-14      Rammkernsondierungen (Geot. Büro, 2015)

#### Baggerschürfe

- S 1-7      Büro Steffen, 1984
- S 1-6      Büro Steffen, 1990
- S/A-S/M      Geot. Büro, 1991
- S 2010/..      Geot. Büro, 2010

- + Eiserner Hut vorhanden
- Eiserner Hut nicht vorhanden
- ▨ Verbreitungsgebiet Eiserner Hut

## Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann GmbH

Neuenhofstr. 112

52078 Aachen

Tel.: 0241 / 92839-0



### Deponiebetriebsgesellschaft Velbert mbH

Haberstraße 13a 42551 Velbert

Bearb.-Nr.

**15.118**

### Deponie Plöger Steinbruch - Erweiterung Nordwest

Verbreitung des Eisernen Hutes (Vorauswertung)

Anlage-Nr.:

**5**

Sachbearbeiter

Krings

gezeichnet

Krings

geprüft

Nendza

Aachen, den

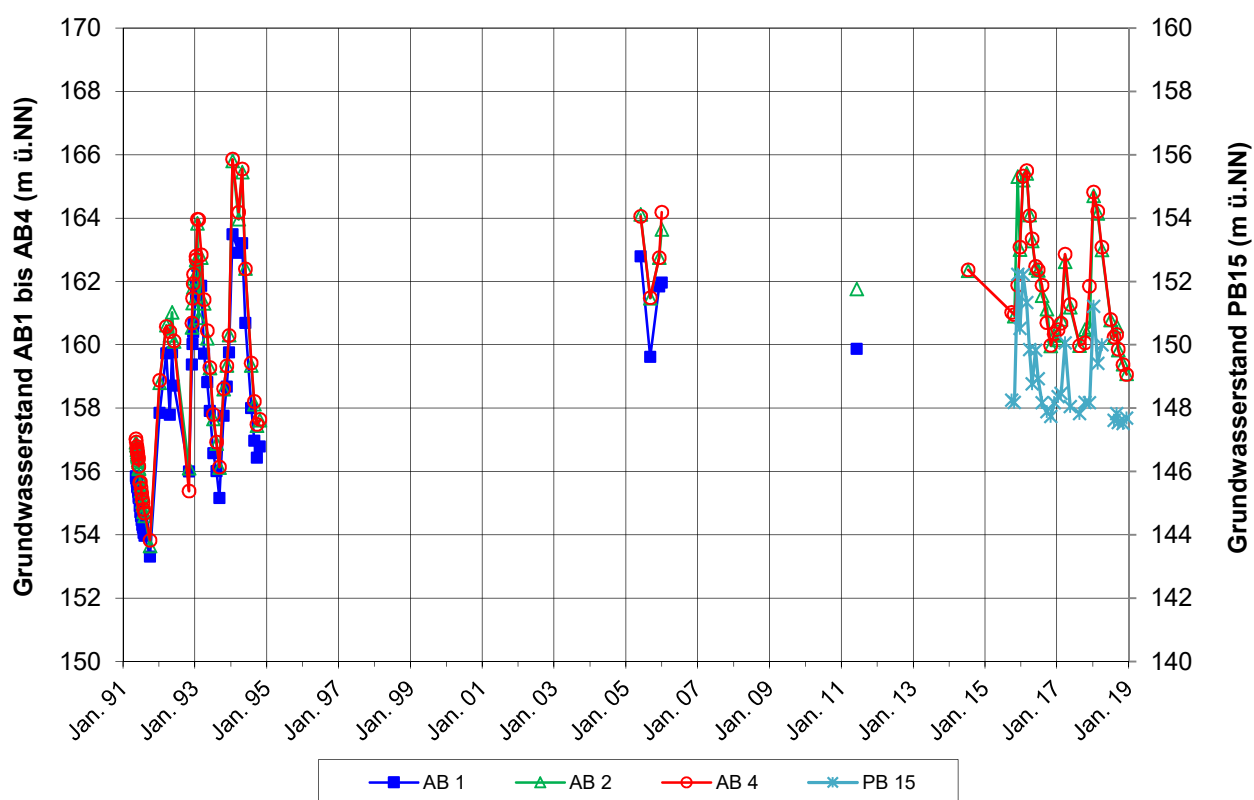
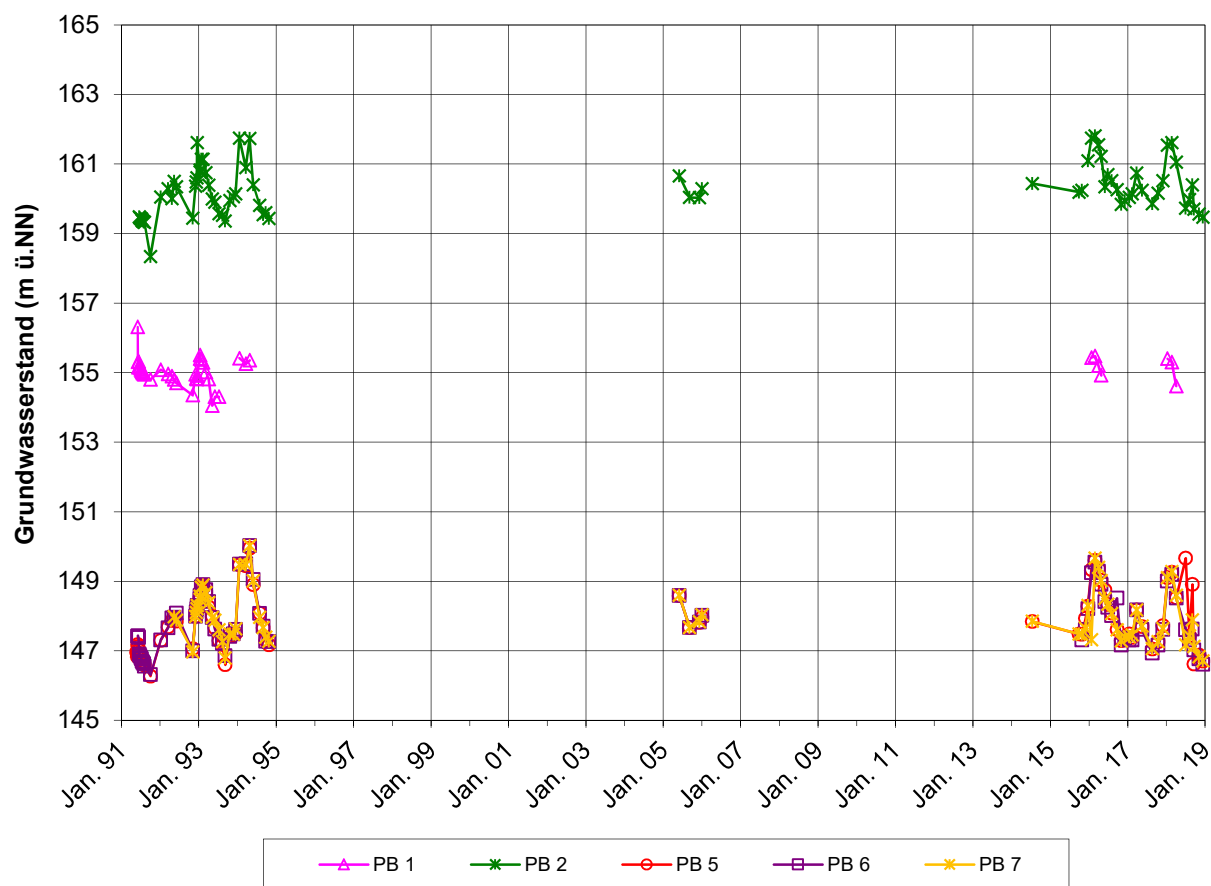
15.10.2015

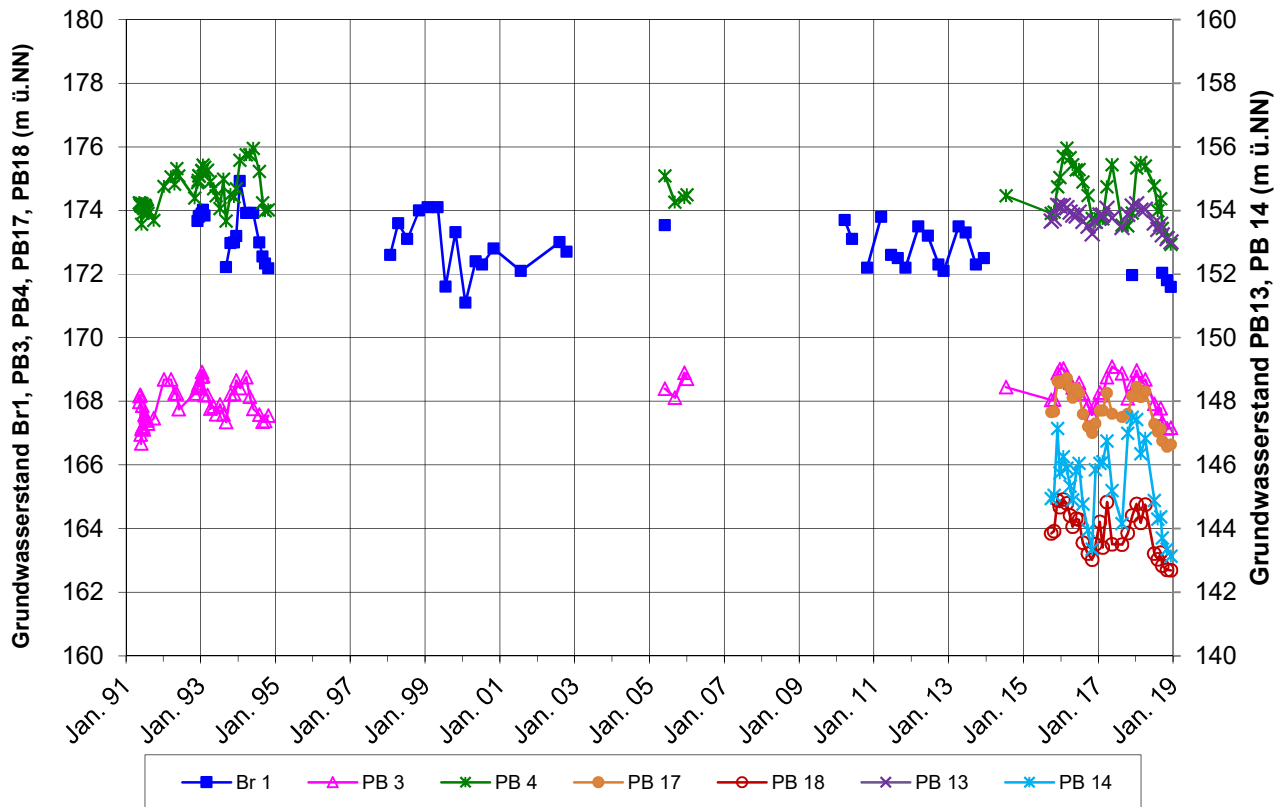
Maßstab d. Länge

1 : 2.000

Maßstab der Höhe

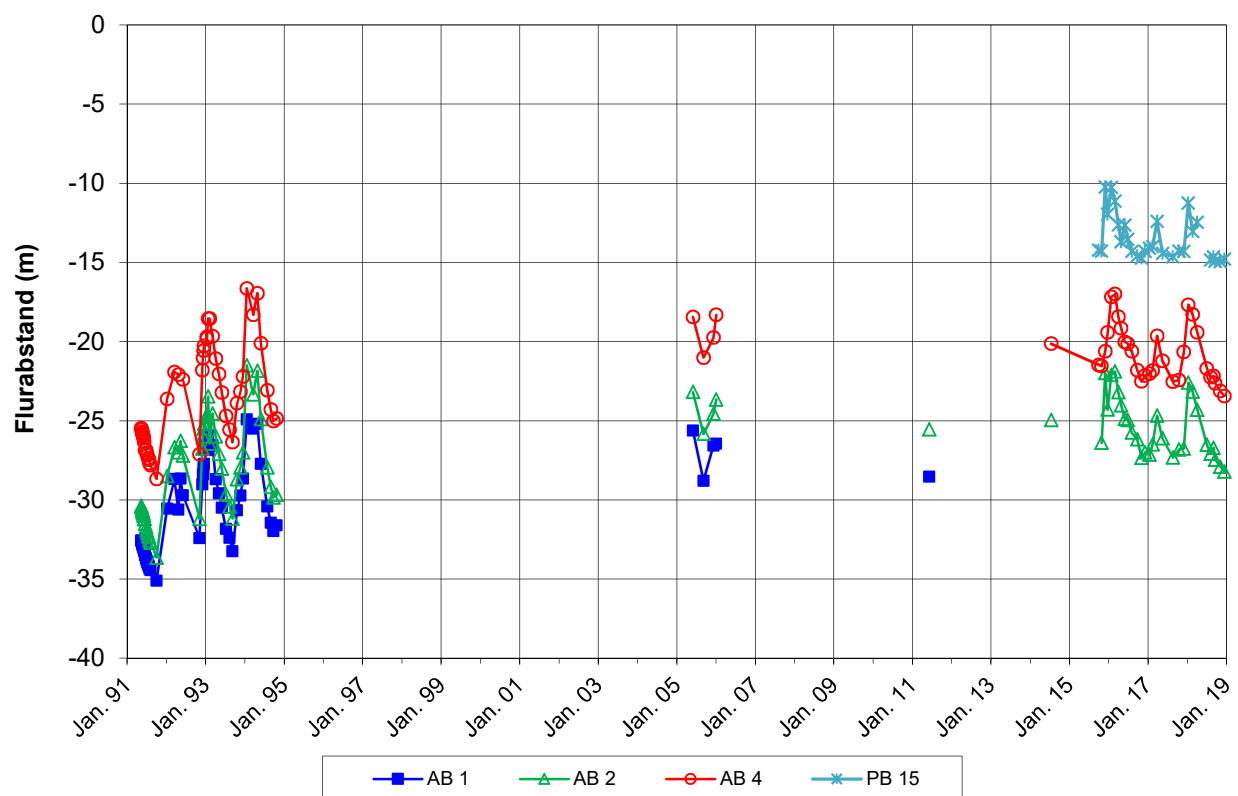
-

**Grundwasserspiegelganglinien Bereich Erweiterung Nordwest****Grundwassermessstellen mit Filter in den Velberter Schichten****Grundwassermessstellen mit Filter im Kohlenkalk**

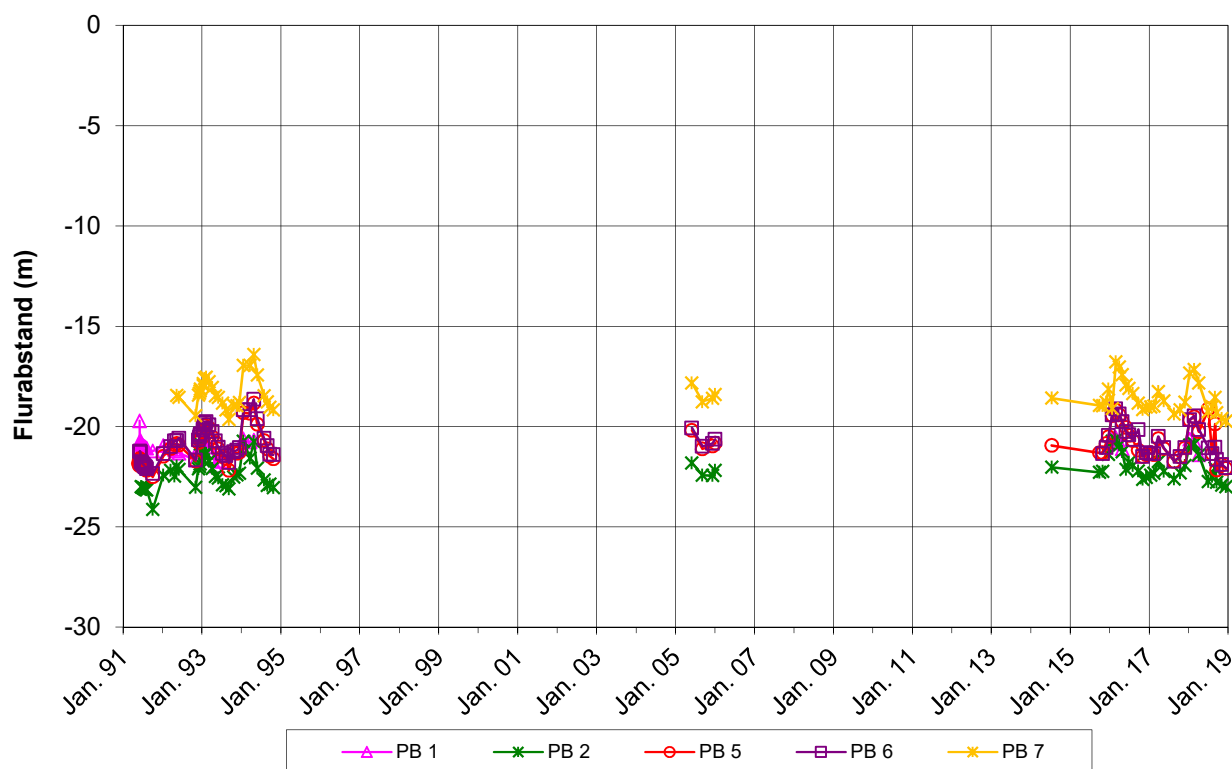


Grundwassermessstellen mit Filter in den Alaunschiefern

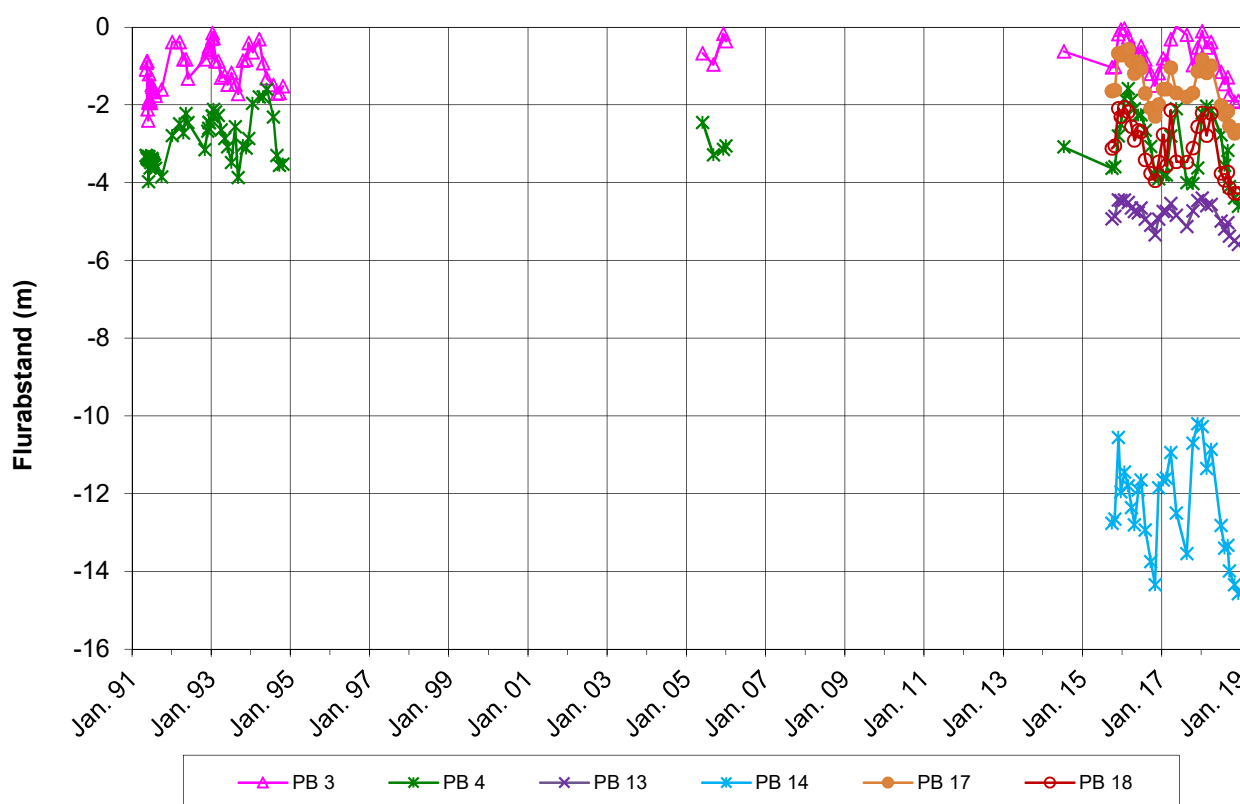
## Flurabstandsganglinien Bereich Erweiterung Nordwest



Grundwassermessstellen mit Filter in den Velberter Schichten



Grundwassermessstellen mit Filter im Kohlenkalk



Grundwassermessstellen mit Filter in den Alaunschiefern bzw. dem Flözleerem (PB 14)



## Grundwasseranalysen Deponie Plöger Steinbruch

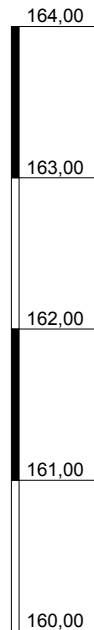
Parameter	Einheit	GFS LAWA 2004	PB 13 11.12.2018	PB 14 11.12.2018	PB 15 22.01.2019	AB 2 22.01.2019
Lage Filterstrecke			Alaunschiefer	Flözleeres	Velberter S.	Velberter S.
Färbung, qualitativ			farblos	rot-braun	farblos	farblos
Geruch			ohne	ohne	ohne	ohne
Grundwasserstand	m u. OKR		6,7	16,8	14	27
Leitfähigkeit	µS/cm		331	276	488	751
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm		332	257	481	775
pH-Wert			6,38	5,85	7,32	6,31
pH-Wert bei Messtemperatur			6,62	5,83	7,4	6,48
Sauerstoff	mg/l		0,3	0,1	1,7	2,6
Sauerstoffsättigung	%		3	1	16	24
Säurekapazität bis zum pH-Wert 4,3	mmol/l		2,41	0,51	3,36	2,23
Trübung, quantitativ	NTU		0,71	1040	143	9,35
Wassertemperatur	°C		11,6	11,4	11,5	11,6
Leuchtbakterientest	GL		2	2	2	2
Ammonium-Stickstoff	mg/l		< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Barium	mg/l	0,34	0,0287	0,035	0,0661	0,0653
Bor	mg/l	0,74	0,021	< 0,010	0,015	0,136
Calcium	mg/l		48,6	21,6	72,9	96,3
Chlorid	mg/l	250	4,83	10,9	9,53	39,4
Cyanid, gesamt	mg/l	0,05	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluorid	mg/l	0,75	0,13	< 0,10	0,12	0,1
Iodid	mg/l		< 0,20	< 0,20	< 0,10	< 0,10
Kalium	mg/l		1,49	0,647	1,23	6,03
Magnesium	mg/l		9,83	6,11	11,8	17,1
Mangan	mg/l		0,287	2,33	0,129	0,098
Natrium	mg/l		6,12	5,69	9,88	33,5
Nitratstickstoff	mg/l		0,32	< 0,12	0,74	2,46
Nitrit	mg/l		0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Phosphat	mg/l		< 0,200	< 0,200	0,166	< 0,100
Sulfat	mg/l	240	39,4	58,4	59,6	243
Sulfid, gelöst	mg/l		< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
gesamter gebundener Stickstoff TNb	mg/l		< 0,50	< 0,50	0,75	2,5
Benzol	µg/l	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ethylbenzol	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
m-, p-Xylol	µg/l		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
o-Xylol	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toluol	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2
1,4-Dichlorbenzol	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Summe BTX			n.b.	n.b.	n.b.	0,2
2-Methylphenol	µg/l		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
3-Methylphenol	µg/l		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
4-Methylphenol	µg/l		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,2-Dihydroxybenzol	µg/l		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,3-Dihydroxybenzol	µg/l		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,4-Dihydroxybenzol	µg/l		< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
1,1,1-Trichlorethan	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,1-Dichlorethen	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
1,2-Dichlorethan	µg/l	2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Bromdichlormethan	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
cis-1,2-Dichlorethen	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibromchlormethan	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dichlormethan	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
R 113 (1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluorethan)	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetrachlorethen	µg/l	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tetrachlormethan	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
trans-1,2-Dichlorethen	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

## Grundwasseranalysen Deponie Plöger Steinbruch

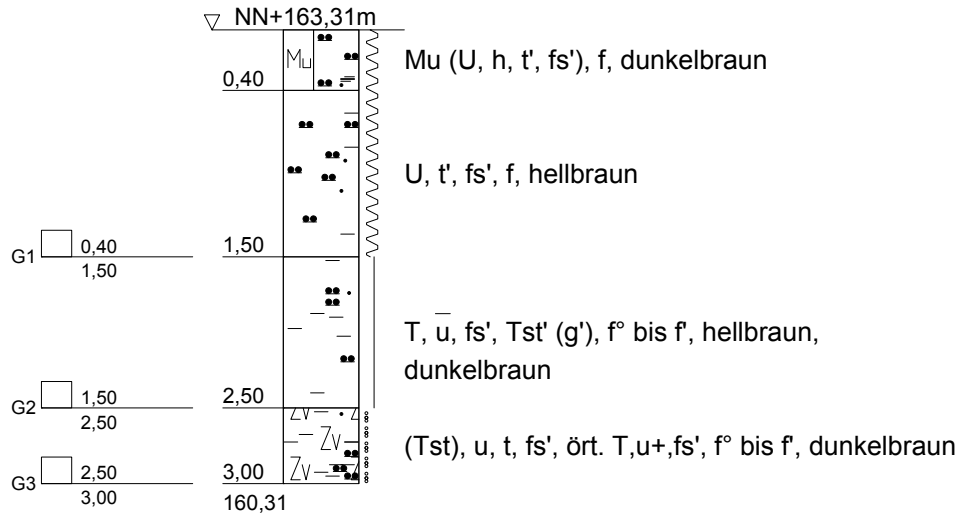
Parameter	Einheit	GFS LAWA 2004	PB 13 11.12.2018	PB 14 11.12.2018	PB 15 22.01.2019	AB 2 22.01.2019
Tribrommethan (Bromoform)	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Trichlorethen	µg/l	10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Trichlormethan (Chloroform)	µg/l		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Trichlornitromethan (Chlorpikrin)	µg/l		< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Summe LHKW	µg/l	20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
AOX	µg/l		< 10	< 10	14	20
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1
Phenol	µg/l	8	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Phenol-Index	mg/l		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
TOC	mg/l		0,28	0,27	1,2	3,4
Acenaphthen	µg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Acenaphthylen	µg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Anthracen	µg/l	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benz[a]anthracen	µg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benz[a]pyren	µg/l	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benz[b]fluoranthren	µg/l	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benz[g,h,i]perylene	µg/l	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benz[k]fluoranthren	µg/l	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chrysen	µg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenz[a,h]anthracen	µg/l	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluoranthren	µg/l	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluoren	µg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/l	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Naphthalin	µg/l	1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Phenanthren	µg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	µg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	µg/l	0,2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Antimon	mg/l	0,005	< 0,0010	< 0,0010	0,0031	< 0,0010
Arsen	mg/l	0,01	< 0,0010	0,0034	0,0334	< 0,0010
Beryllium	mg/l		< 0,0010	0,0016	< 0,0010	< 0,0010
Bismut	mg/l		< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Blei	mg/l	0,007	< 0,0010	< 0,0010	0,0104	0,295
Cadmium	mg/l	0,0005	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,0031
Chrom	mg/l	0,007	< 0,0010	0,0058	0,0014	< 0,0010
Chrom(VI)	mg/l		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobalt	mg/l	0,008	0,0014	0,0088	< 0,0010	0,0078
Eisen	mg/l		0,178	322	0,388	0,104
Gallium	mg/l		< 0,0010	< 0,0010	0,0135	0,0136
Kupfer	mg/l	0,014	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	0,0141
Lithium	mg/l		0,011	0,012	0,0038	0,004
Molybdän	mg/l	0,035	< 0,0010	< 0,0010	0,0025	< 0,0010
Nickel	mg/l	0,014	0,0021	0,02	0,0044	0,0368
Quecksilber	mg/l	0,0002	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Rubidium	mg/l		0,002	0,0012	0,0028	0,009
Selen	mg/l	0,007	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	0,0017
Silber	mg/l		< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Strontium	mg/l		0,0911	0,0606	0,175	0,211
Tellur	mg/l		< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
Thallium	mg/l	0,0008	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Titan	mg/l		< 0,0100	< 0,0100	0,0215	0,0144
Uran	mg/l		< 0,0010	0,001	0,004	0,0011
Vanadium	mg/l	0,004	< 0,0010	< 0,0010	0,0019	< 0,0010
Zink	mg/l	0,058	0,0611	0,335	0,0251	0,316
Zinn	mg/l		< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010

n. b.: nicht berechenbar, da zur Summenbestimmung nur Werte > Bestimmungsgrenze verwendet werden

NN+m



## RKS 4



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.1

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

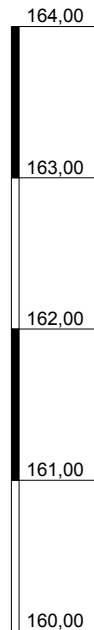
Bearbeiter: Krings



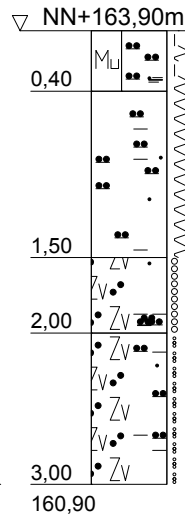
**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# RKS 5



G1 0,40  
3,00



Mu (U, h, t', fs'), f bis f', dunkelbraun

U, t', fs', f, hellbraun

(Sst), Tst im Wechsel, u, t, fs', f', braun,  
dunkelbraun

(Sst), Tst im Wechsel, u, t, fs', f° bis f', braun,  
dunkelbraun

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.2

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Krings



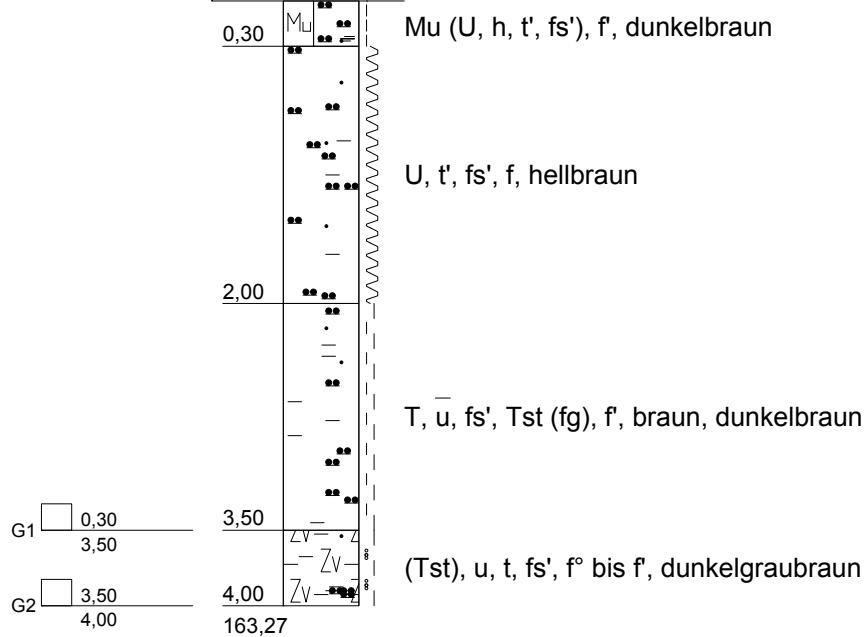
**Geotechnisches Büro**  
Prof.Dr. -Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m



## RKS 6

▽ NN+167,27m



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.3

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

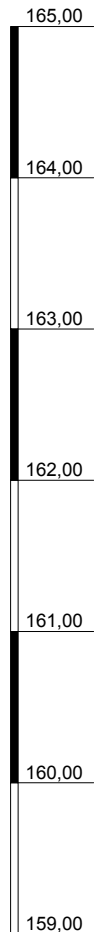
Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Krings



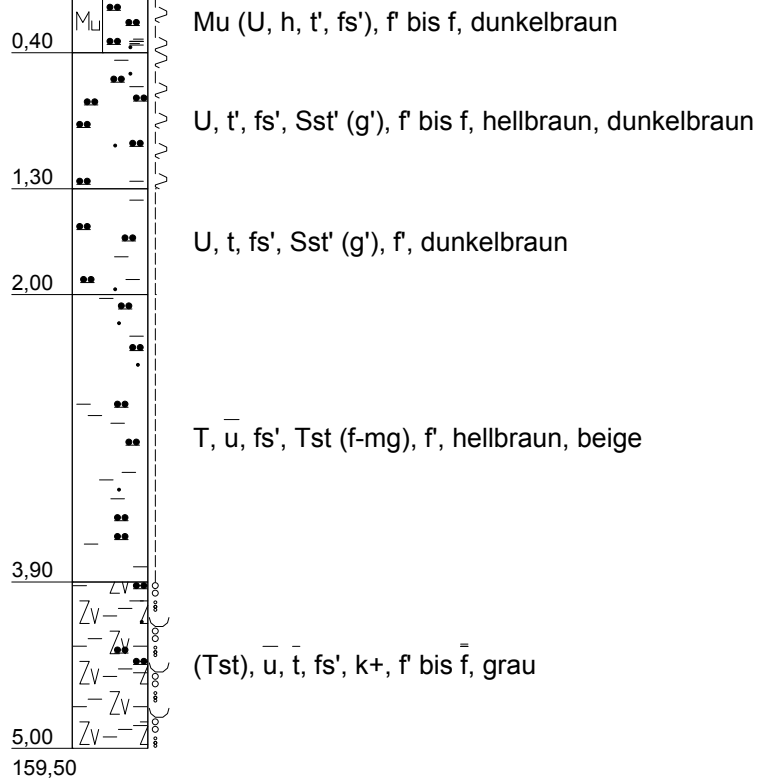
**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m



## RKS 7

▽ NN+164,50m



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.4

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

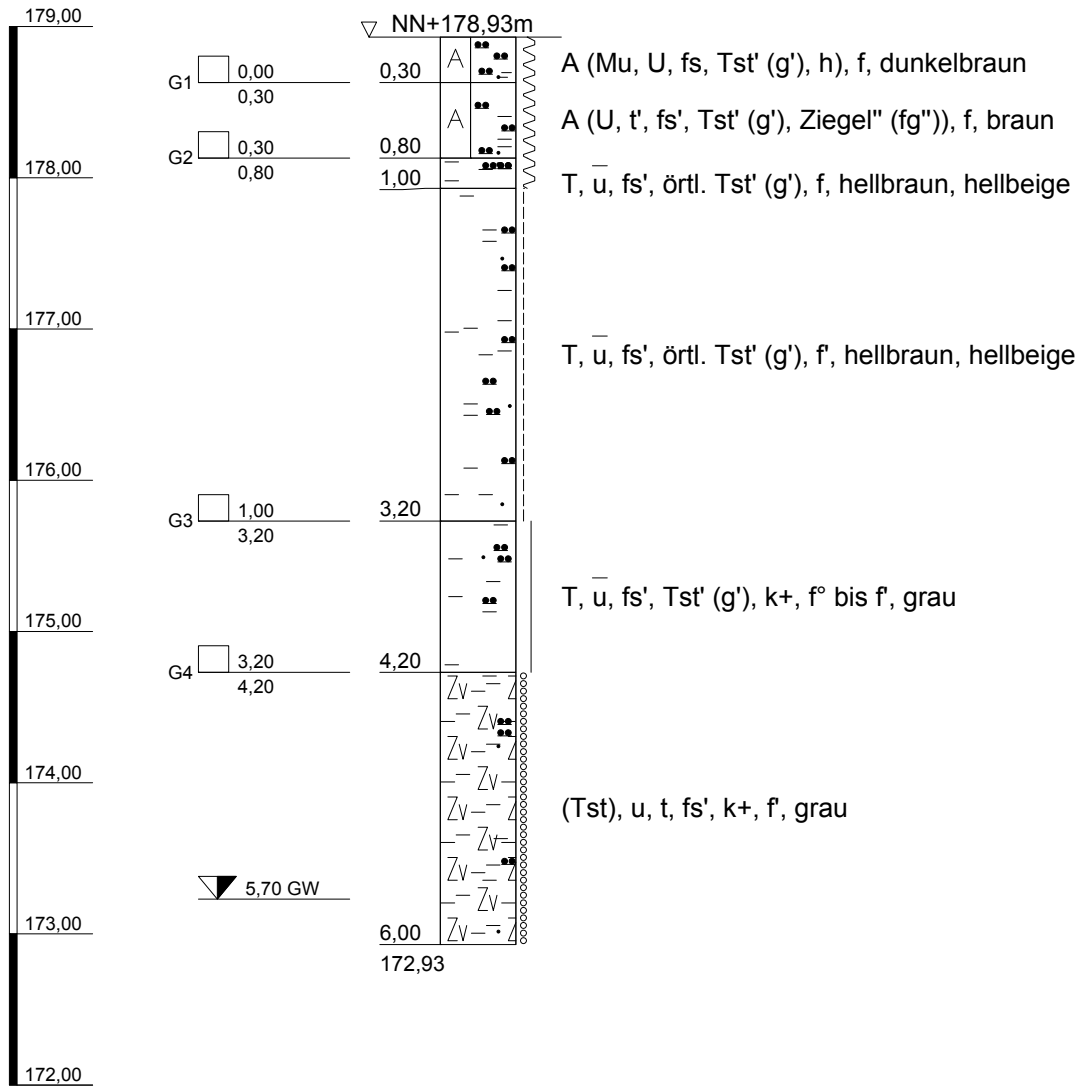
Bearbeiter: Krings



Geotechnisches Büro  
Prof.Dr. -Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

## RKS 8



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.5

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

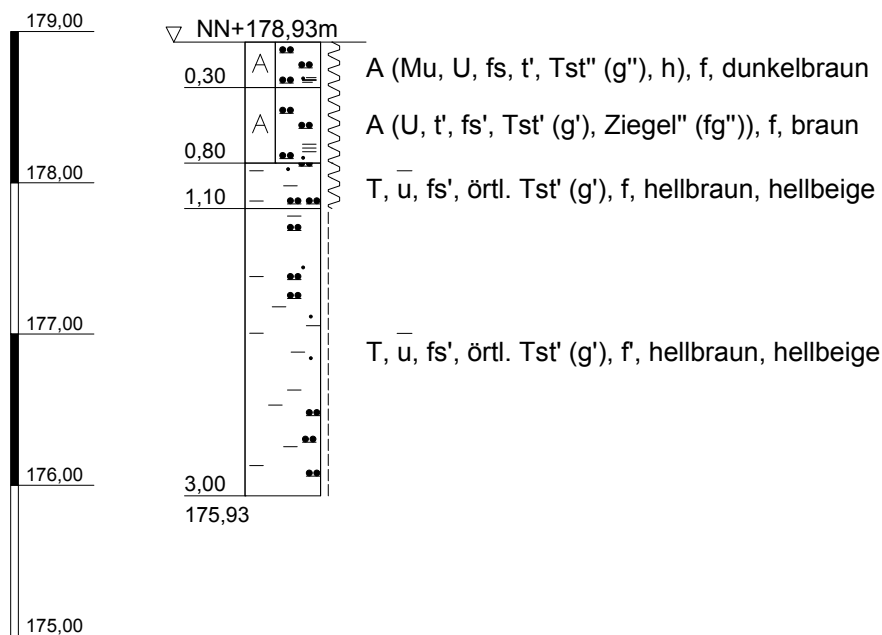
Bearbeiter: Krings



Geotechnisches Büro  
Prof. Dr. -Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# RKS 8a



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.6

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

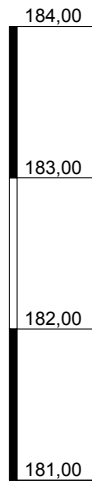
Bearbeiter: Krings



Geotechnisches Büro  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

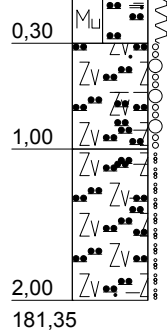


NN+m



## RKS9

▽ NN+183,35m



Mu (U, fs, t', Ust' (g'), h), f, dunkelbraun

(Ust), t', fs', u'', f, hellbeige, hellbraun

(Ust), t', fs', u'', f° bis f', hellbeige, hellbraun

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.7

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

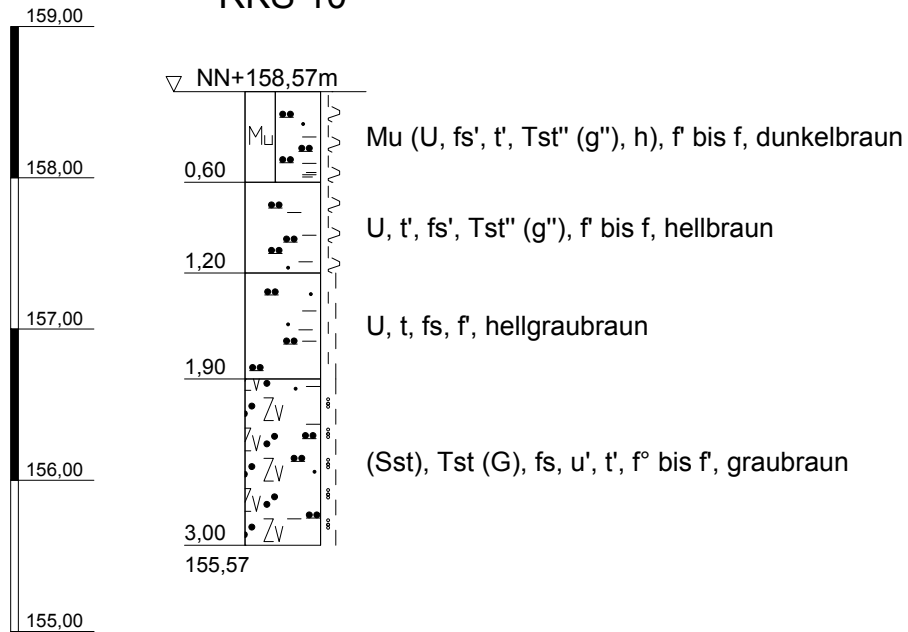
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

## RKS 10



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.8

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

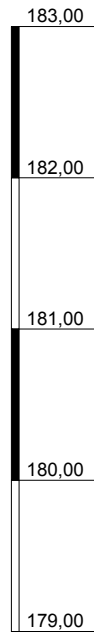
Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Krings

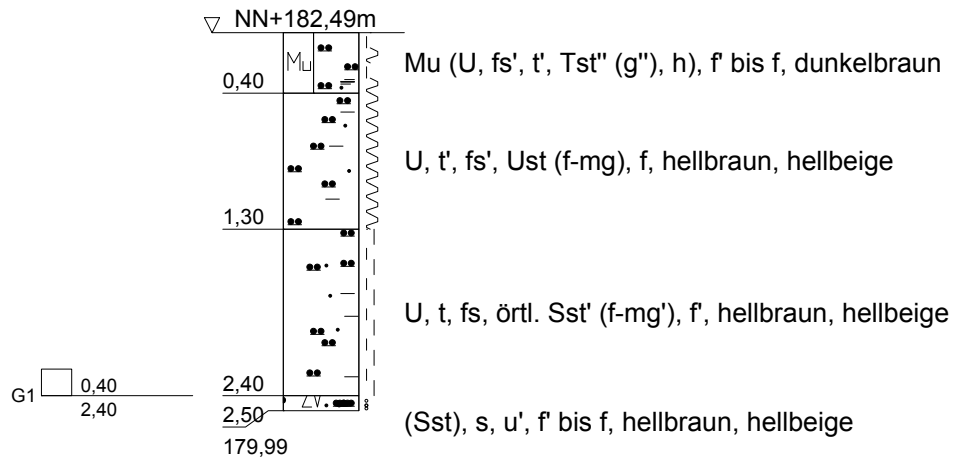


**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m



## RKS 11



Kein Bohrfortschritt

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.9

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

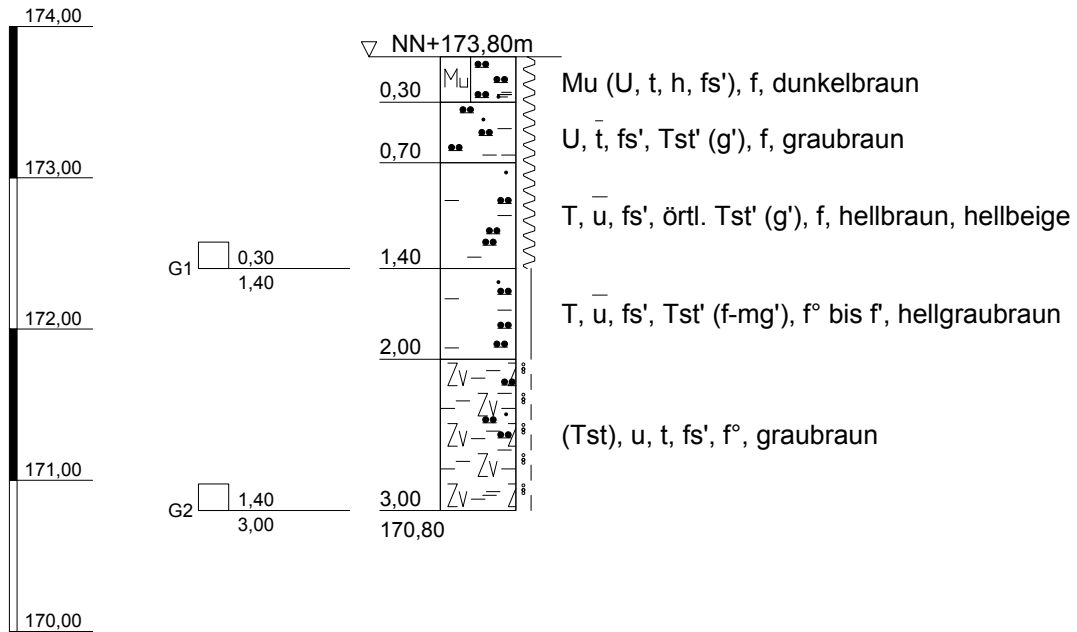
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# RKS 12



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.10

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

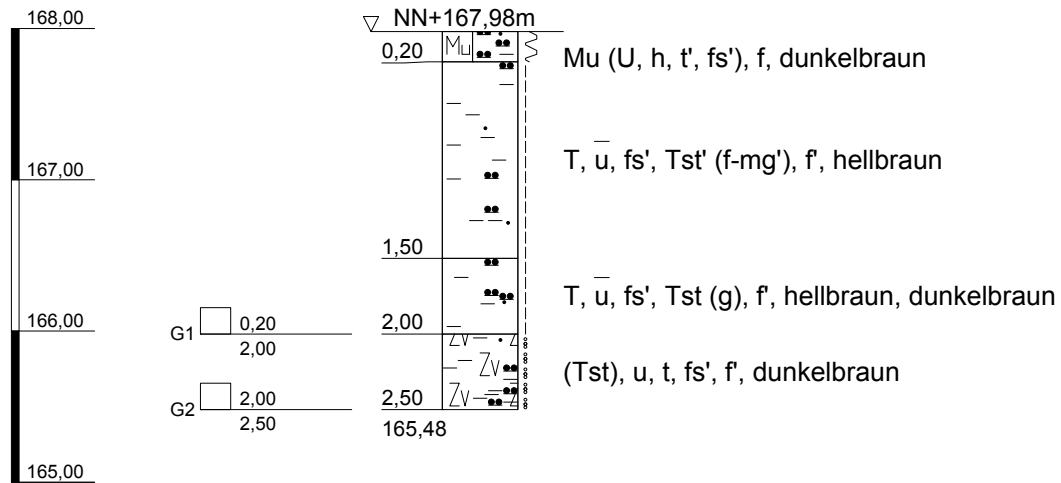
Bearbeiter: Krings



Geotechnisches Büro  
Prof.Dr. -Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# RKS 13



Kein Bohrfortschritt

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.11

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

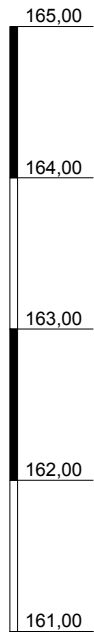
Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Krings

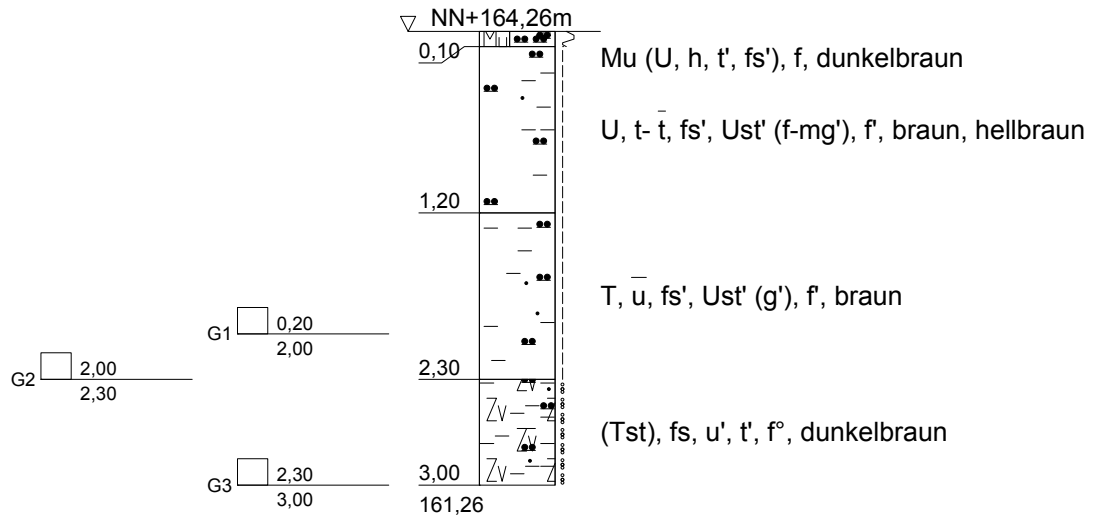


**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m



## RKS 14



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.12

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab: 1 : 50

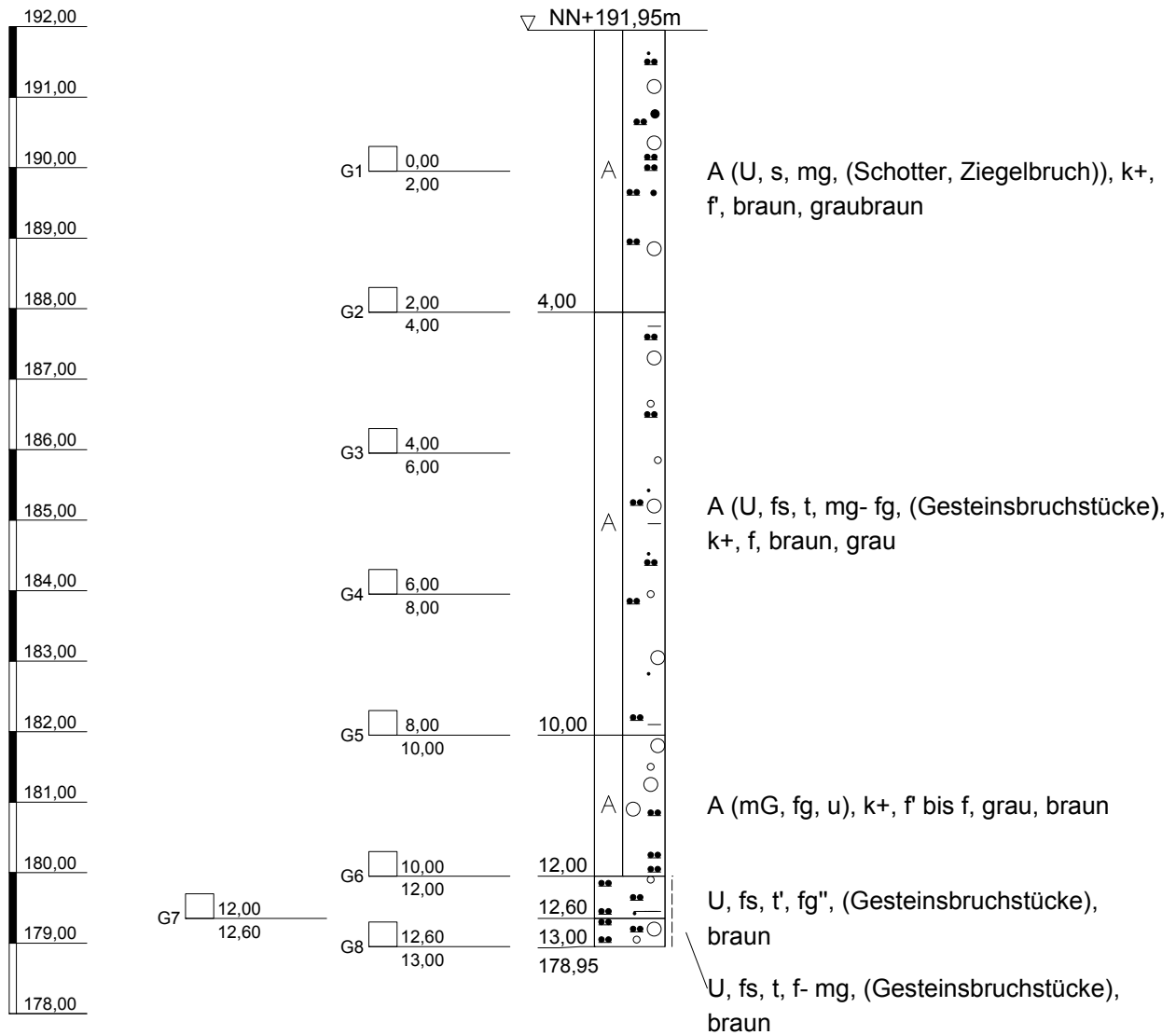
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

## RKS 15



Kein Bohrfortschritt

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung NW

Anhang-Nr: 1.13

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 01.12.2016

Maßstab: 1 : 100

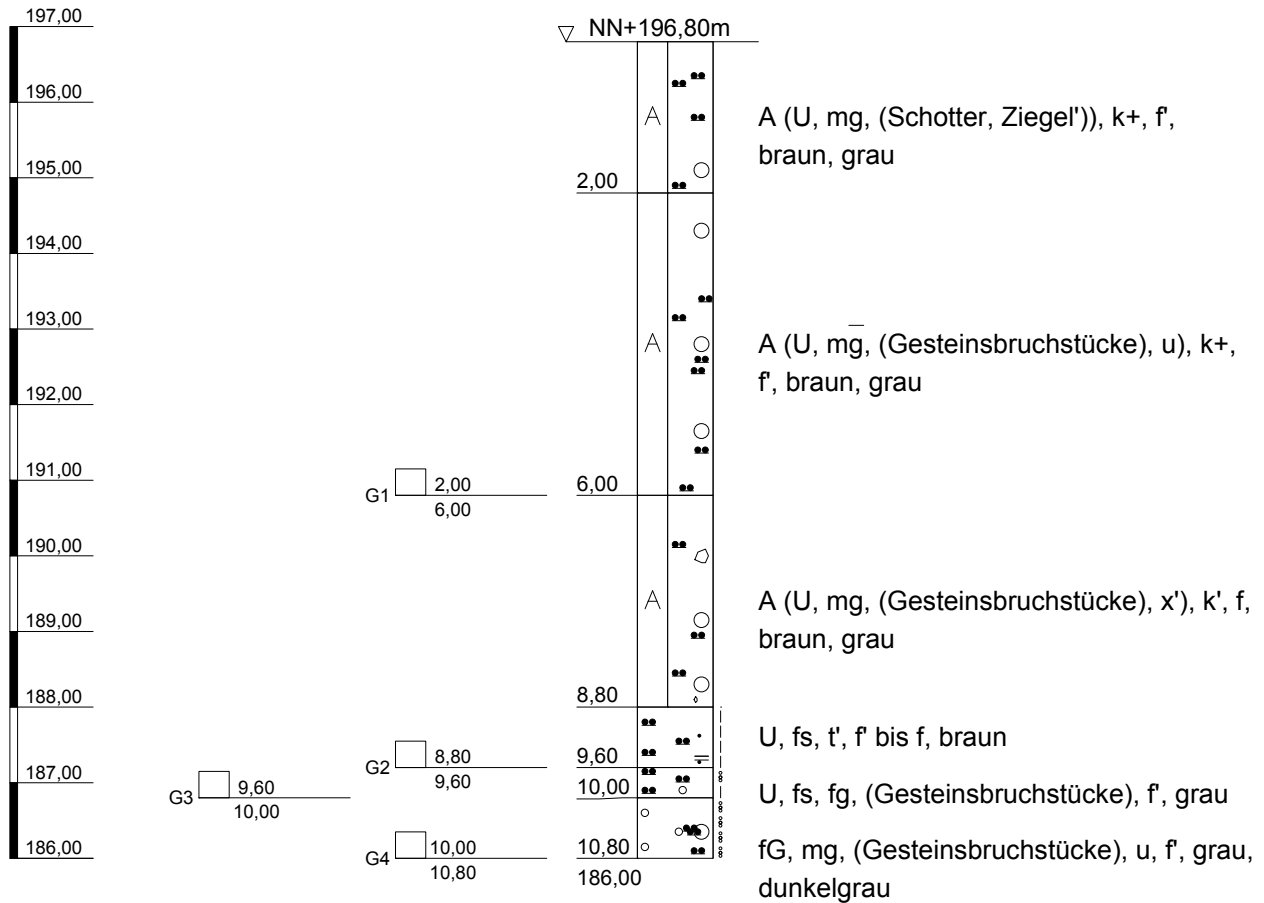
Bearbeiter: Krings



Geotechnisches Büro  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

## RKS 16



Kein Bohrfortschritt

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung NW

Anhang-Nr: 1.14

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 01.12.2016

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: Krings



Geotechnisches Büro  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762



# ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

## UNTERSUCHUNGSSTELLEN

● RKS Rammkernsondierung

## BODENARTEN

Auffüllung		A
Mutterboden		Mu
Sand	sandig	S s
Schluff	schluffig	U u
Ton	tonig	T t
Torf	humos	H h

## KORNGRÖßENBEREICH

f fein  
m mittel  
g grob

## KALKGEHALT

k+ kalkhaltig

## KONSISTENZ

wch weich stf steif  
hfst halbfest loc locker  
mdch mitteldicht dch dicht

## PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab.1

▼ Grundwasser nach Bohrende  
□ Bohrprobe (Glas 0.7l)

## FELSARTEN

Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	

## NEBENANTEILE

' schwach (< 15 %)  
- stark (ca. 30-40 %)  
" sehr schwach; = sehr stark

## FEUCHTIGKEIT

f° trocken  
f' schwach feucht  
f feucht  
f nass

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 1.15

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 18.08.15

Maßstab:

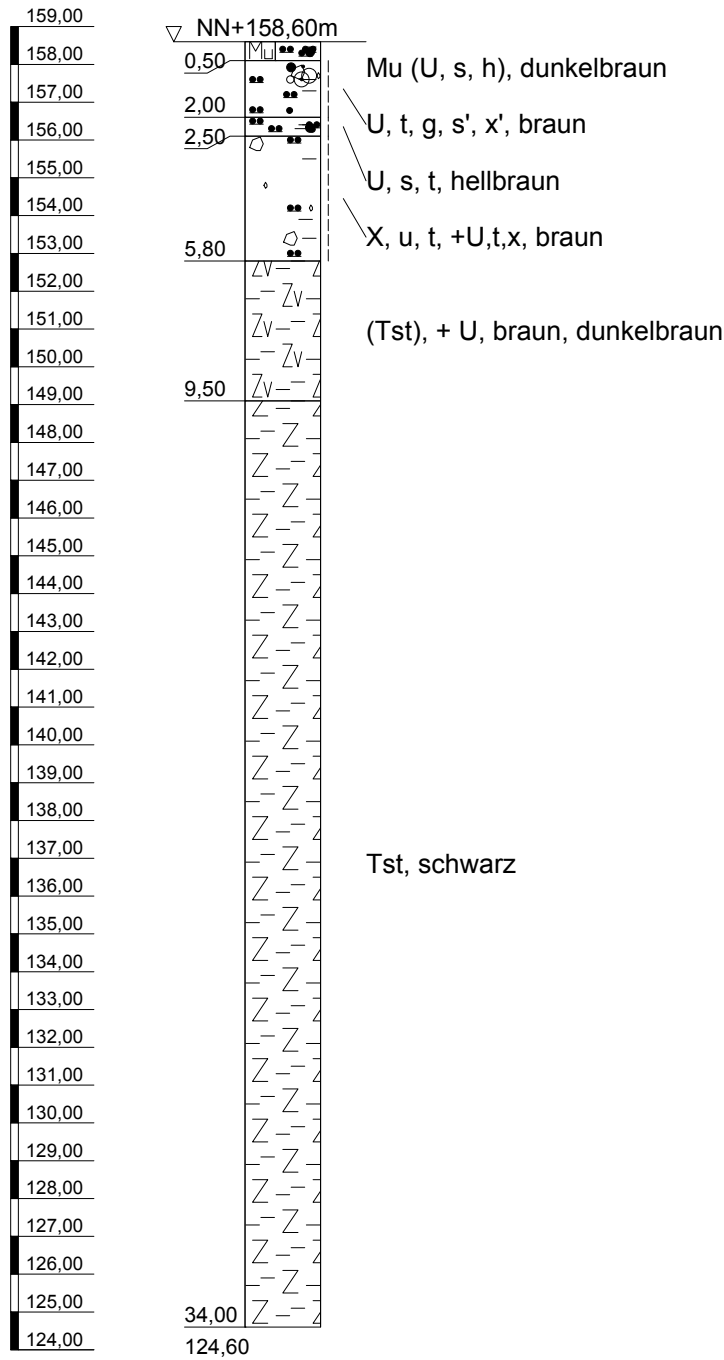
Bearbeiter: Krings



Geotechnisches Büro  
Prof.Dr. -Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# PB 13



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 2.1

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 29.09.15

Maßstab: 1 : 200

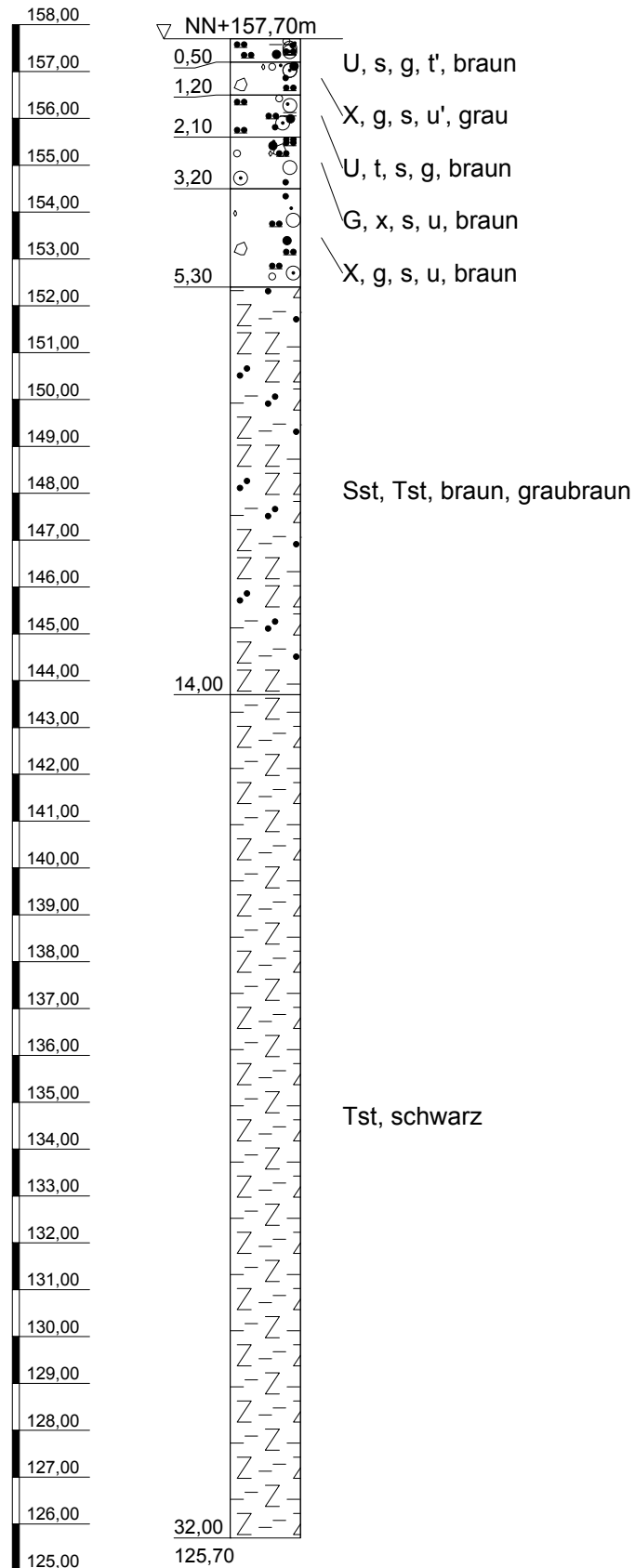
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# PB 14



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 2.2

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 29.09.15

Maßstab: 1 : 150

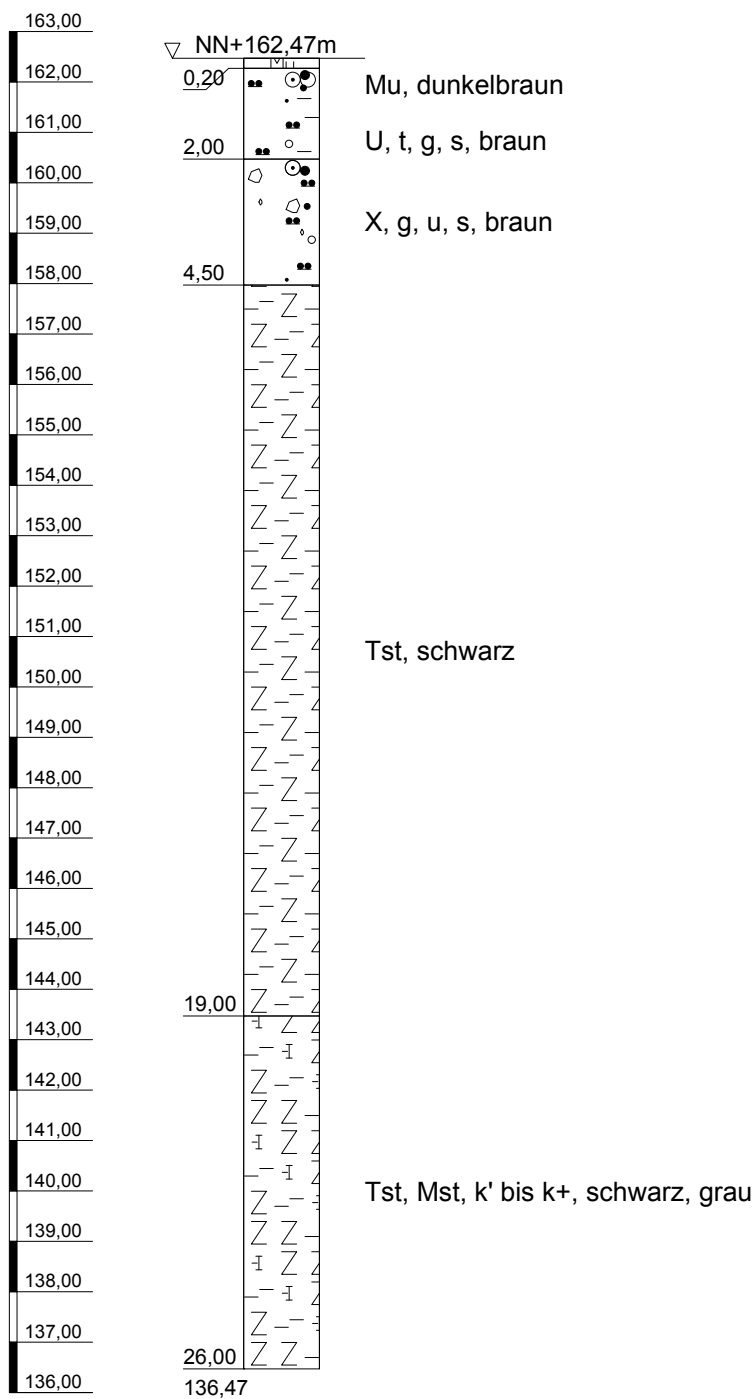
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# PB 15



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 2.3

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 29.09.15

Maßstab: 1 : 150

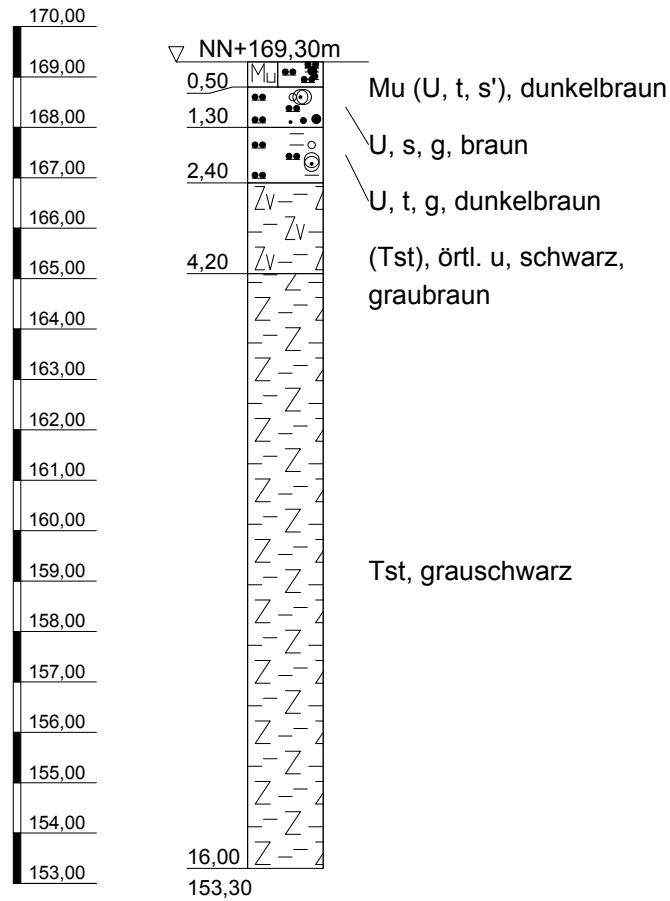
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof.Dr. -Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# PB 17



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 2.4

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 29.09.15

Maßstab: 1 : 150

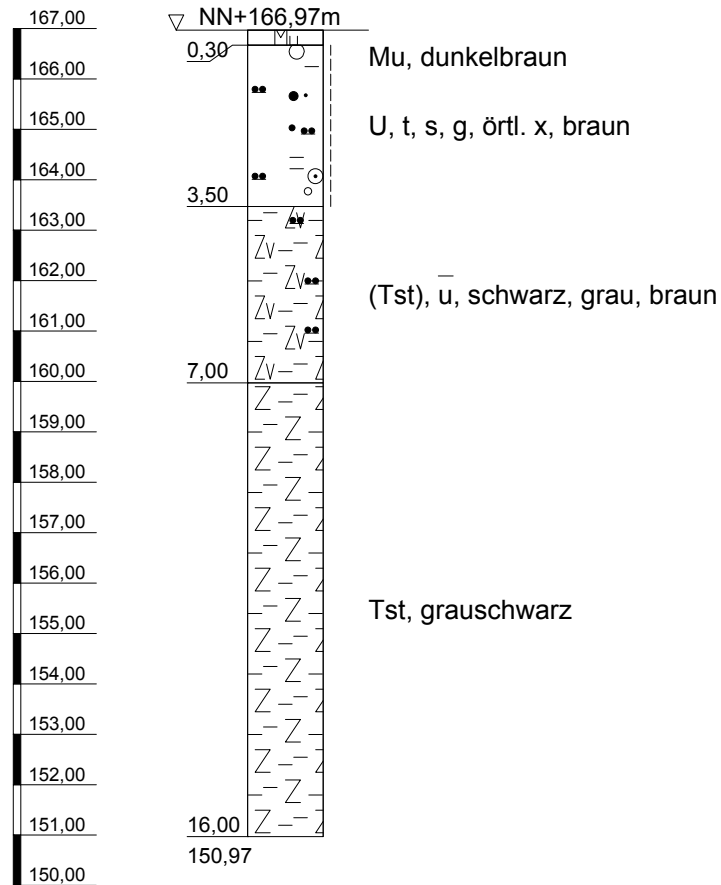
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

# PB 18



Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 2.5

Projekt-Nr: 15.118

Datum: 29.09.15

Maßstab: 1 : 150

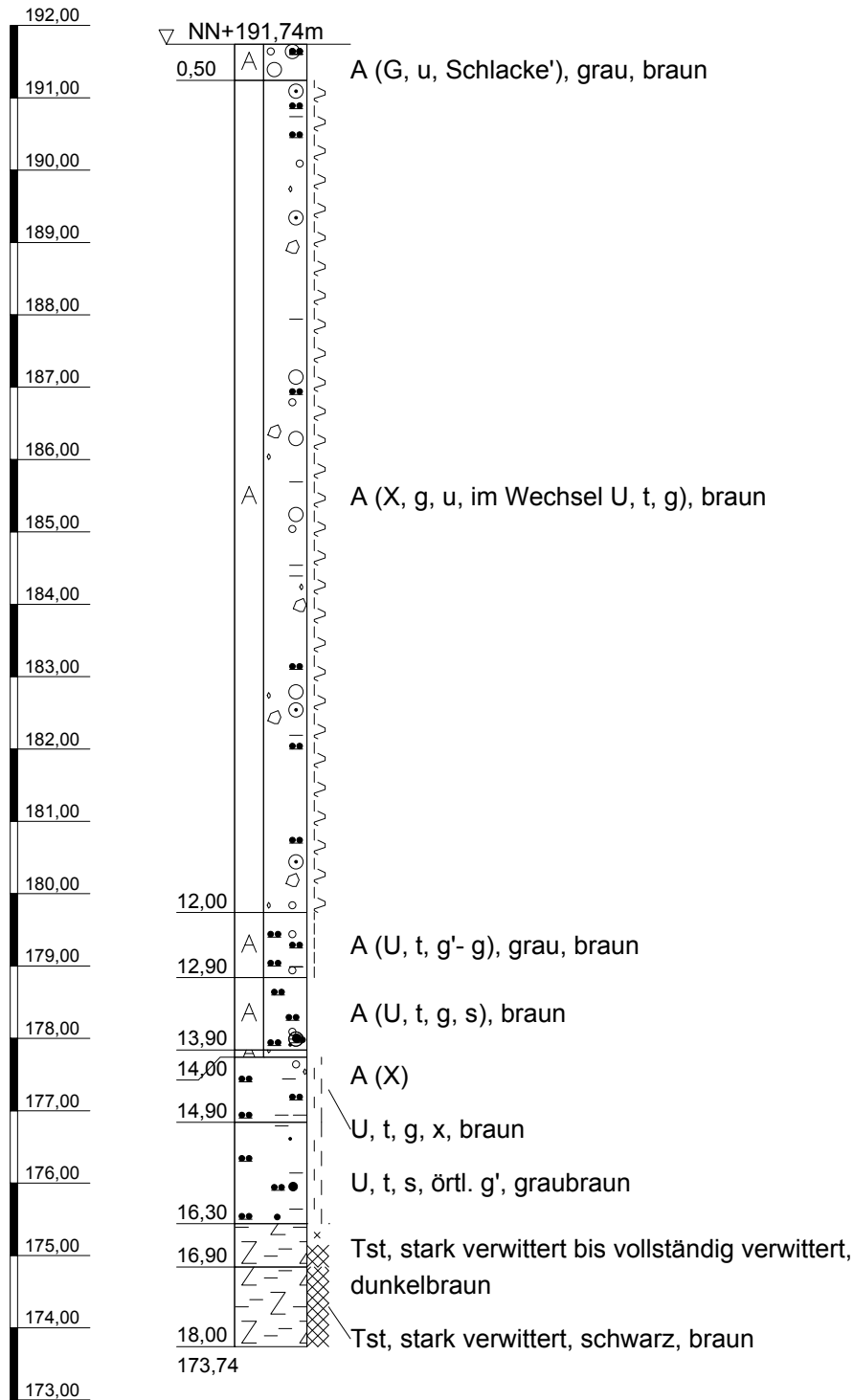
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

B3



Bauvorhaben: Dep. Plöger Steinbruch  
Erweiterung NW

Anhang-Nr: 2.6

Projekt-Nr: 17.011

Datum: 06.11.2017

Maßstab: 1 : 100

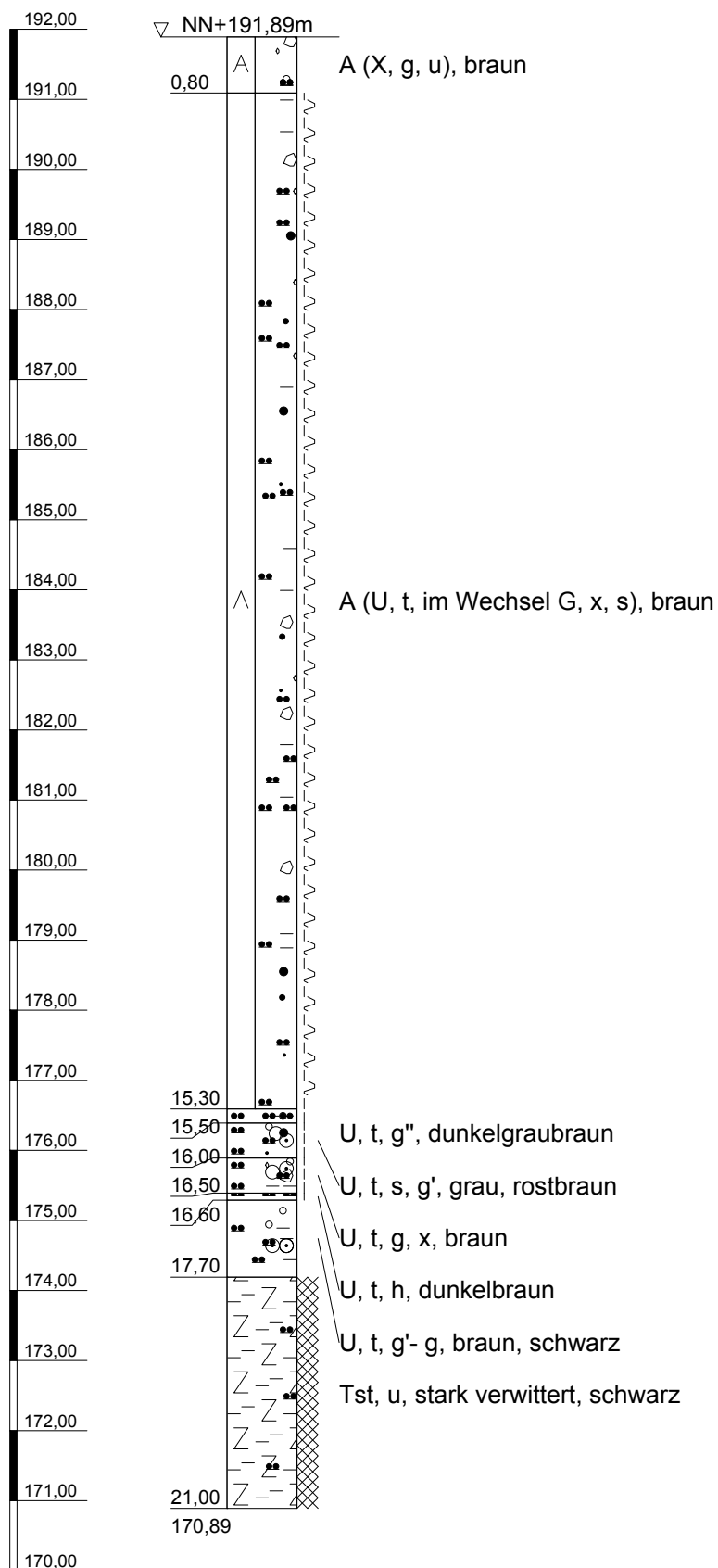
Bearbeiter: Krings



**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

NN+m

B4



Bauvorhaben: Dep. Plöger Steinbruch  
Erweiterung NW

Anhang-Nr: 2.7

Projekt-Nr: 17.011

Datum: 06.11.2017

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: Krings

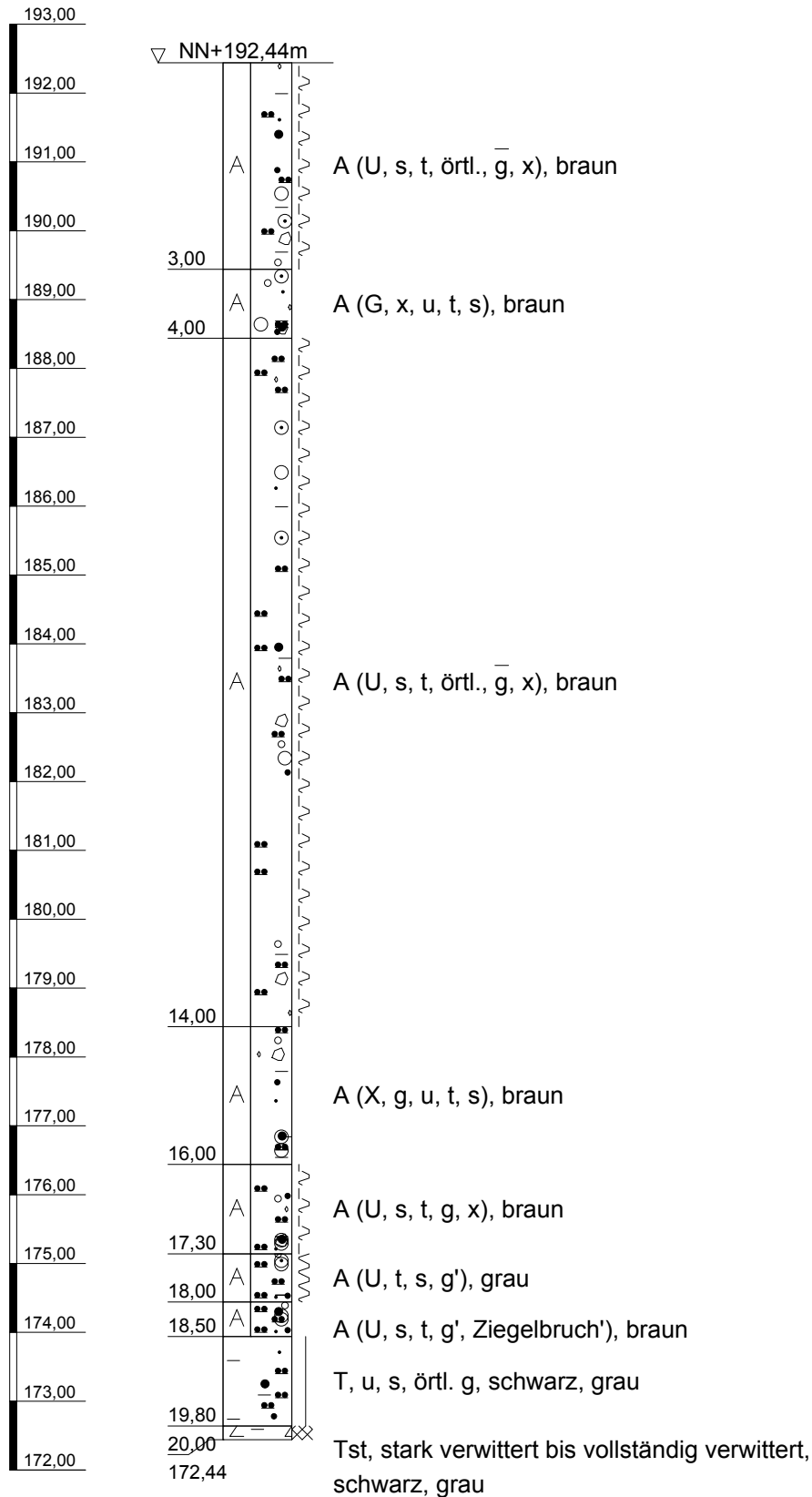


**Geotechnisches Büro**  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762



NN+m

B5



Bauvorhaben: Dep. Plöger Steinbruch  
Erweiterung NW

Anhang-Nr: 2.8

Projekt-Nr: 17.011

Datum: 06.11.2017

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: Krings

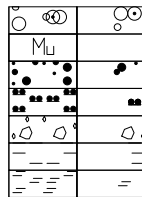


Geotechnisches Büro  
Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762

## ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

### BODENARTEN

Kies	kiesig	G g
Mutterboden		Mu
Sand	sandig	S s
Schluff	schluffig	U u
Steine	steinig	X x
Ton	tonig	T t
Torf	humos	H h



### FELSARTEN

Mergelstein
Sandstein
Tonstein

Mst
Sst
Tst



### KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

### NEBENANTEILE

'	schwach (< 15 %)
—	stark (ca. 30-40 %)
"	sehr schwach; " sehr stark

### KALKGEHALT

k+	kalkhaltig
k'	schwach kalkig

### KONSISTENZ

stf	steif
-----	-------

Bauvorhaben: Deponie Plöger Steinbruch  
Erweiterung Nordwest

Anhang-Nr: 2.9

Projekt-Nr: 15.118

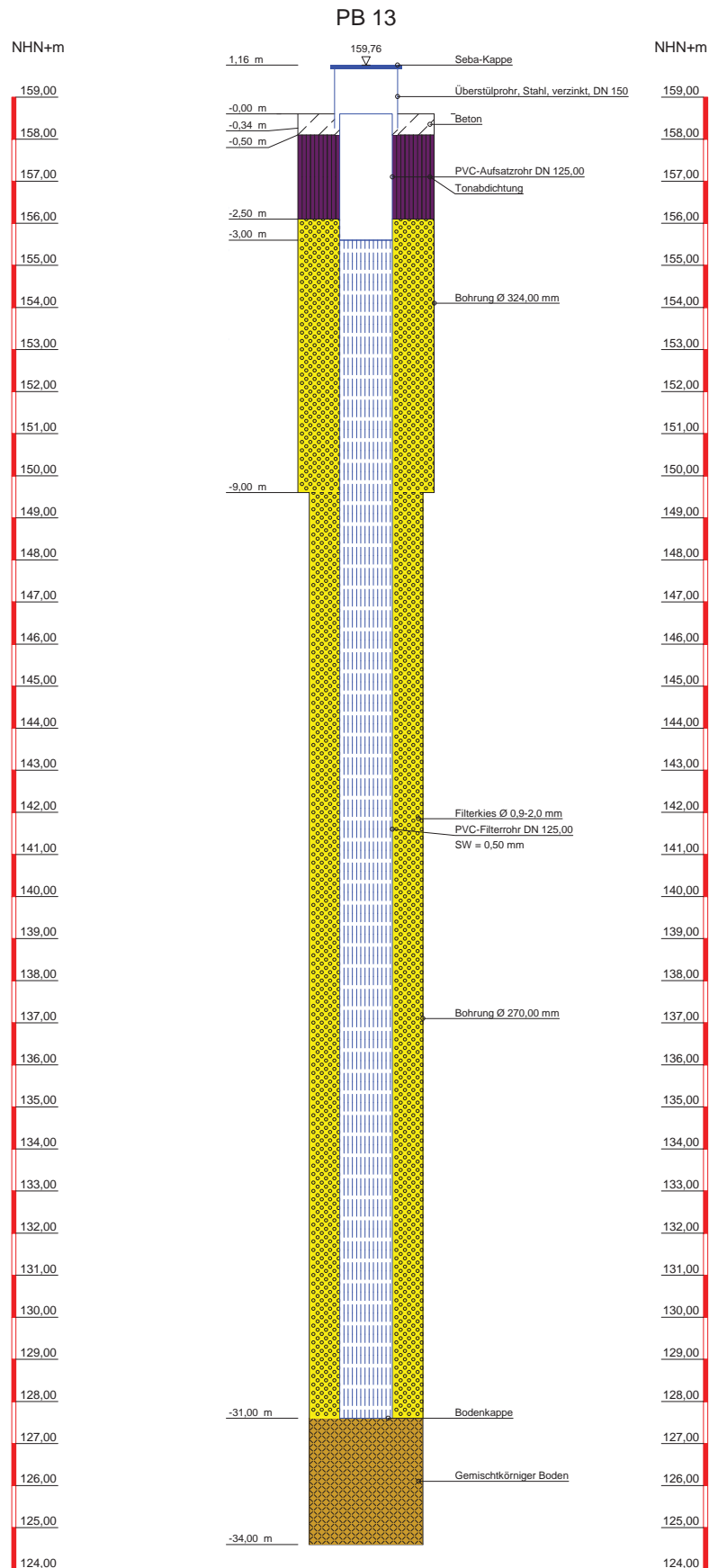
Datum: 29.09.15

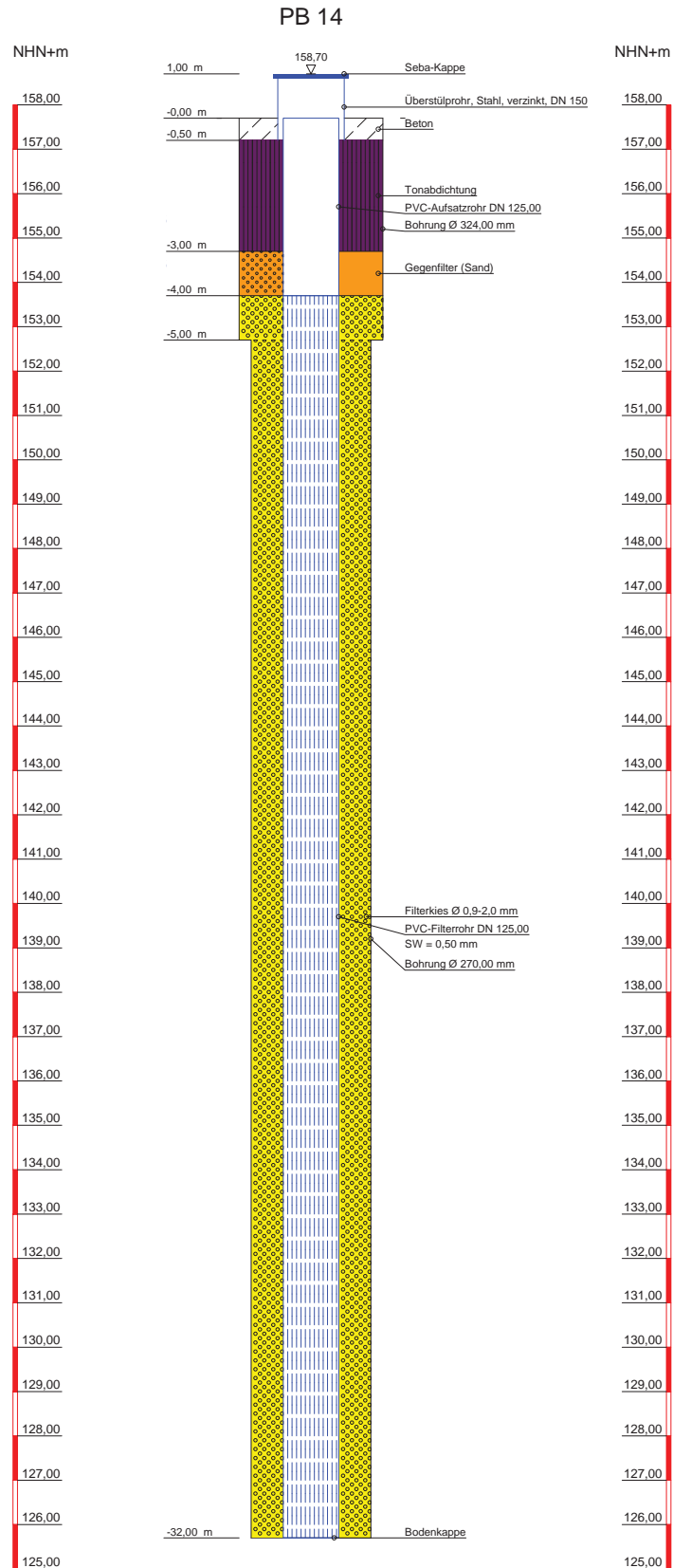
Maßstab:

Bearbeiter: Krings

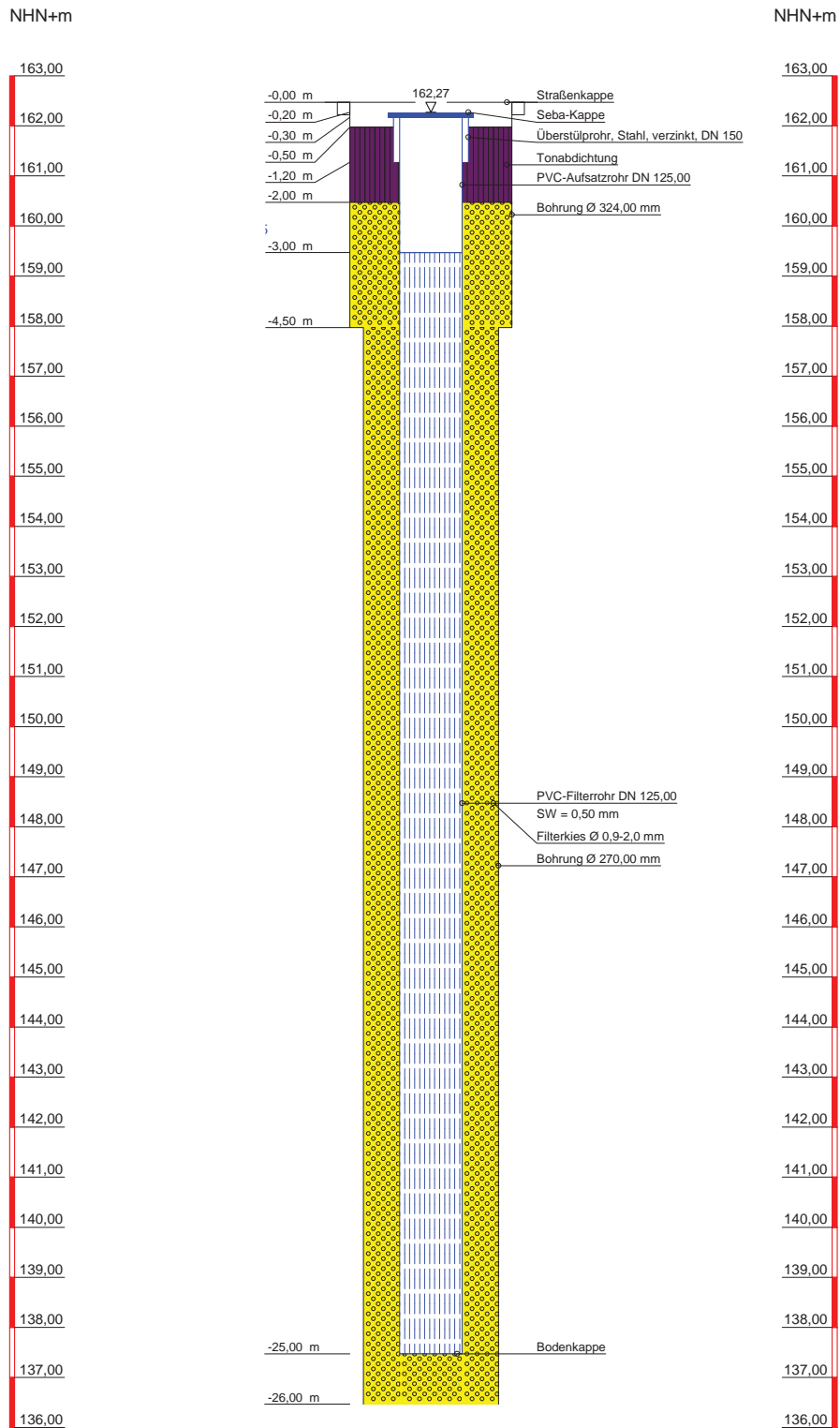


Geotechnisches Büro  
Prof.Dr. -Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen  
Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762





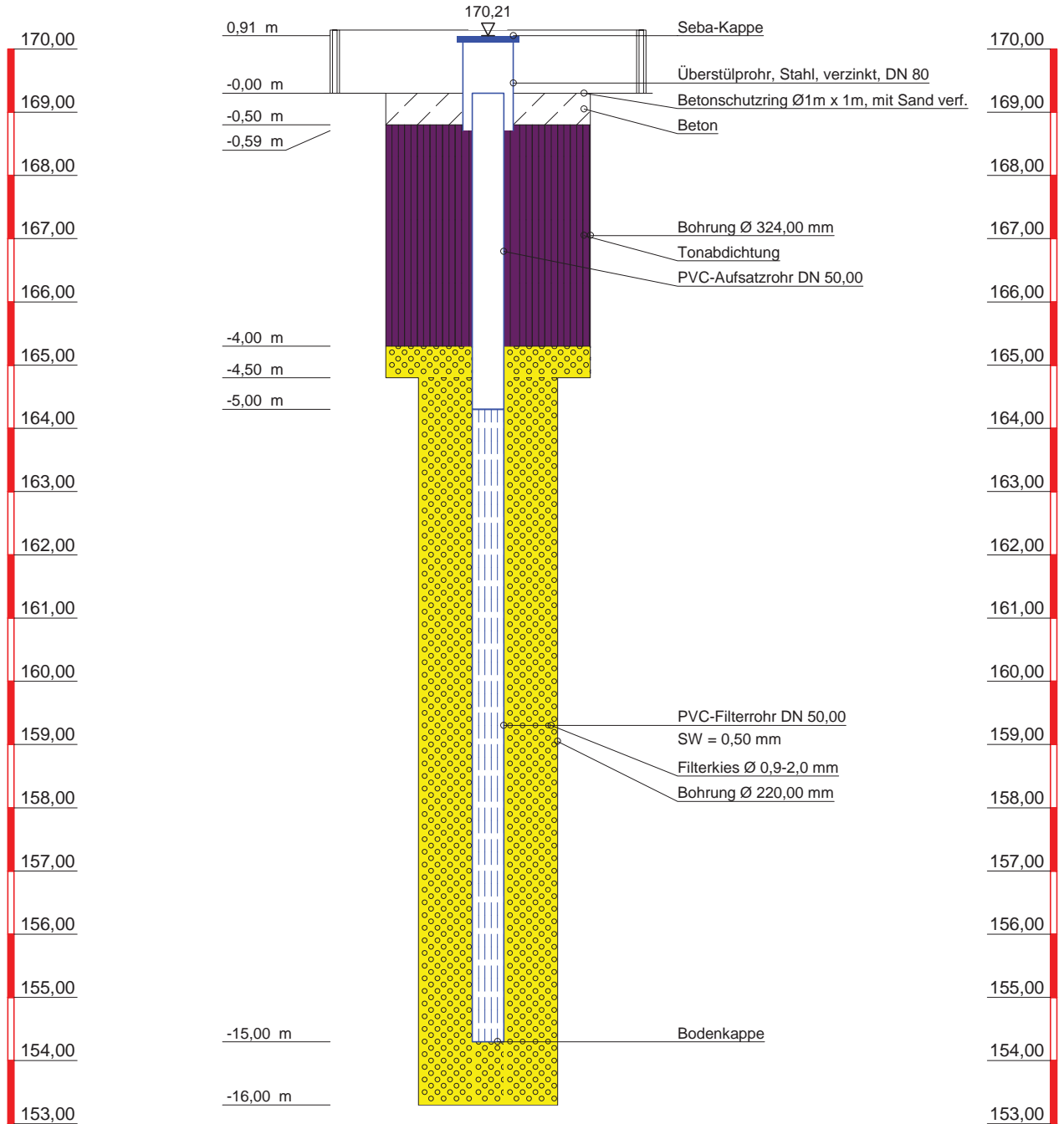
# PB 15



# PB 17

NHN+m

NHN+m



Stölben GmbH  
Barlstraße 42  
56856 Zell/Mosel

Tel.: +49 6542 9366-0  
Fax: +49 6542 9366-99  
verwaltung@stoelben-gmbh.de

Projekt:  
Velbert  
Deponieerweiterung Plöger Steinbruch

Planbezeichnung:  
Messstellenausbauzeichnung

## Anhang 3.4

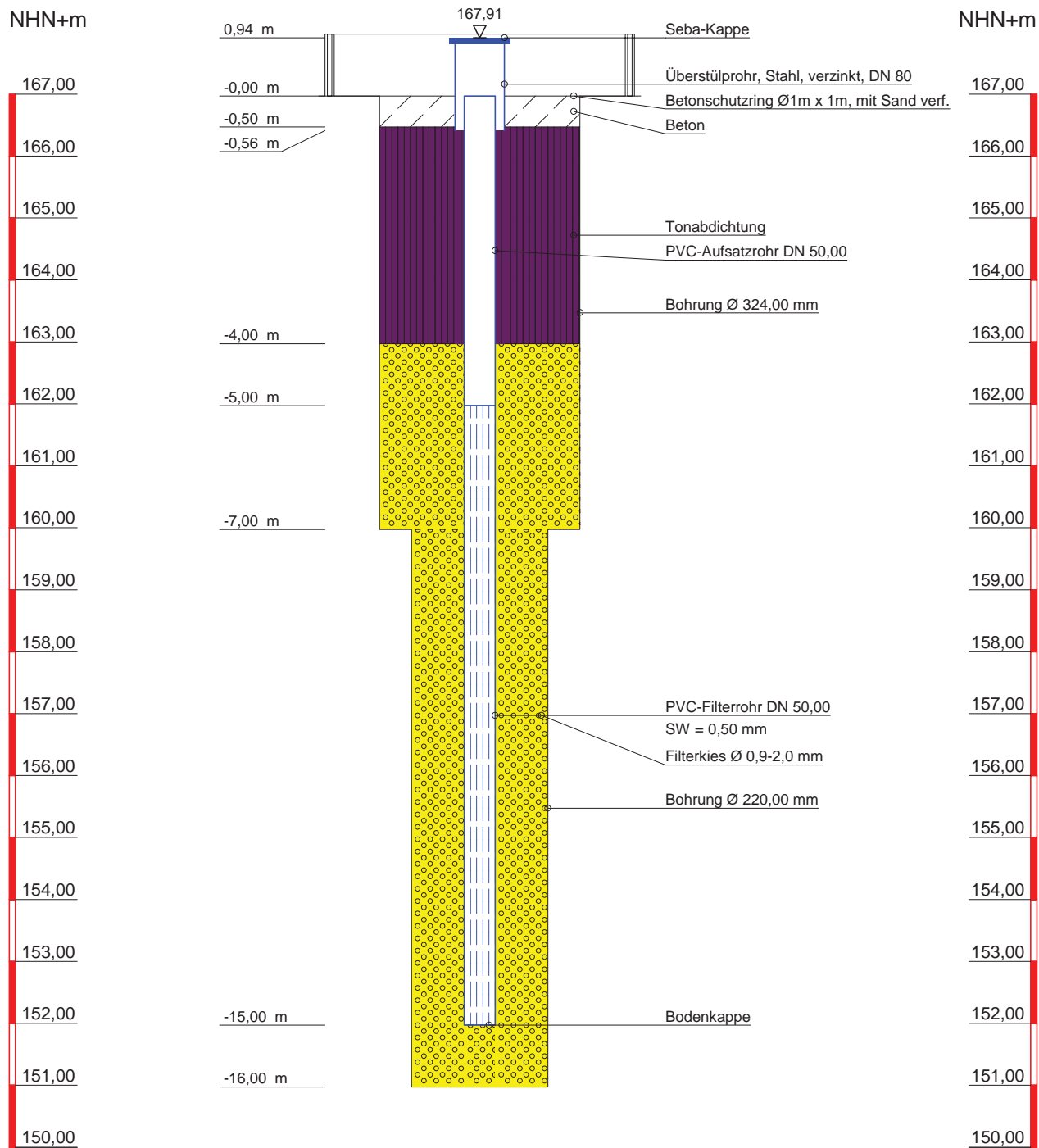
Projekt-Nr: 27062

Datum: 02.10.2015

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: M. Zirbes

# PB 18



## VERSICKERUNGSVERSUCH IM BOHRLOCH

(Bohrlochtest nach EARTH MANUAL)

Beim Bohrlochtest nach EARTH MANUAL, Designation E-19 (1974) wird die Versickerung in einem unverrohrten Bohrloch bei konstanter Druckhöhe gemessen.

Die Auswertung erfolgt in ungesättigten Schichten und für  $h \geq 10r$  nach der Beziehung:

$$K = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{h}{r} \cdot \{\operatorname{arc} \sinh \left( \frac{h}{r} \right) - 1\} \quad [\text{m/s}]$$

mit:

Q = konstante Sickerrate (zugegebene Wassermenge/Zeit) [m³/s]

h = konstante Wasserhöhe im Bohrloch [m über Sohle]

r = Radius des Bohrlochs [m]

Versuch	Endteufe (m u.GOK)	Schicht )	Wasser- menge (l)	Zeit (s)	h (m)	Radius (m)	K-Wert (m/s)
<b>Verwitterungslehm / stark verwitterter Fels</b>							
RKS 4	3,0	Verwl/Tst,v	0,005	1200	1	0,025	3,7E-09
RKS 6	4,0	Verwl/Tst,v	0,005	1200	1	0,025	3,7E-09
RKS 8	3,0	Verwl	0,01	1200	1	0,025	7,5E-09
RKS 11	2,5	Verwl/Sst,v	1	21	1	0,025	4,3E-05
RKS 13	2,5	Verwl/Tst,v	0,005	1200	1	0,025	3,7E-09
RKS 14	3,0	Verwl/Tst,v	0,25	384	1	0,025	5,8E-07
RKS 15	12,8	Verwl	0,01	1200	1	0,025	7,5E-09
RKS 16	9,8	Verwl/Tst,v	0,1	185	1	0,025	4,8E-07
<b>geometrischer Mittelwert</b>							<b>4,9E-08</b>
<b>stark verwitterter Fels</b>							
RKS 5	3,0	Tst,v	0,5	29	1	0,025	1,5E-05
RKS 9	2,0	Sst,v	0,5	150	1	0,025	3,0E-06
RKS 10	3,0	Sst / Tst,v	1	7	1	0,025	1,3E-04
RKS 12	3,0	Tst,v	0,005	1200	1	0,025	3,7E-09
<b>geometrischer Mittelwert</b>							<b>2,2E-06</b>

\*) Hl = Hanglehm, Verwl = Verwitterungslehm, Tst / Sst,v = (stark) verwitterter Tonstein / Sandstein

Projekt:	Deponie Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest	Proj.-Nr.:	Anh.
Auftraggeber:	Deponiebetriebsgesellschaft Velbert mbH	15.118	4.1



### Auffüllversuch im Bohrloch

Die Bestimmung des K-Wertes bei instationären Auffüllversuchen im Bohrloch mit freiem Prüfabschnitt erfolgt nach der Beziehung:

$$K = \frac{r_i^2}{2 \cdot L \cdot \Delta t} \cdot \ln(L/r_a) \cdot \ln(h_1/h_2) \quad [\text{m/s}] \quad \text{für } L \geq 10r_a$$

mit

- L = Länge des Prüfabschnitts (m)
- r<sub>a</sub> = Radius des Bohrlochs (m)
- r<sub>i</sub> = Innenradius der Verrohrung (m)
- h<sub>1</sub> = Druckhöhe zu Beginn des Zeitintervalls (m über GW-Ruhe Spiegel)
- h<sub>2</sub> = Druckhöhe am Ende des Zeitintervalls (m Wassersäule (WS) über GW-Ruhe Spiegel)
- Δt = Zeitintervall (s)

Bohrung	Schicht )	Prüfabschnitt		r <sub>a</sub> (m)	r <sub>i</sub> (m)	h <sub>1</sub> (m WS)	h <sub>2</sub> (m WS)	Δt (s)	K-Wert (m/s)
		OK (m u. GOK)	Länge (m)						
PB 13	cdn	2,5	28,5	0,135	0,0625	0,81	0,29	600	6,3E-07
PB 14	cdn/cnF	3,0	29,0	0,135	0,0625	3,68	1,88	240	1,0E-06
PB 15	dV	3,0	22,0	0,135	0,0625	12,22	11,35	600	5,6E-08
PB 17	cdn	4,0	11,0	0,11	0,025	0,99	0,91	420	2,6E-08
PB 18	cdn	4,0	11,0	0,11	0,025	1,33	1,05	180	1,7E-07

\*) dV = Velberter Schichten, cdn = Hangender Alaunschiefer, cnF = Flözleeres

Projekt:	Deponie Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest	Proj.-Nr.:	Anh.
Auftraggeber:	Deponiebetriebsges. Velbert mbH	15.118	4.2

### Auffüllversuch im Bohrloch

(Packertest nach EARTH MANUAL)

Die Bestimmung des K-Wertes bei stationären Auffüllversuchen im Bohrloch mit freiem Prüfabschnitt erfolgt nach EARTH MANUAL (1974), Designation E-18 nach der Beziehung:

$$K = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot H} \cdot \ln(L/r) \quad [m/s] \quad \text{für } L \geq 10r$$

mit Q = konstante Sickerrate (m³/s)

L = Länge des Prüfabschnitts (m)

r = Radius des Bohrlochs (m)

H = aufgebrachte Druckhöhe (m Wassersäule (WS) über Grundwasserruhepegel)

Anwendung des Auswerteverfahrens für Versuche unter und oberhalb des Grundwasserspiegels

Bei Messungen über GW ist H = Wassersäule im Bohrloch abzüglich L/2.

Bohrung	Schicht )	Prüfabschnitt			Radius (mm)	Druckhöhe (m WS)	Wassermenge (l)	Zeit (s)	K-Wert (m/s)
		von (m u.GOK)	bis (m u.GOK)	Länge (m)					
B 3	Verwl	15,0	16,3	1,3	89	17,30	2,5	3600	1,3E-08
B 4	Verwl	16,0	17,5	1,5	89	16,00	1,1	2400	8,6E-09
B 5	Verwl/Tst,v	18,5	20,0	1,5	89	19,85	9,1	600	2,3E-07

\*) Verwl = Verwitterungslehm, Tst / Sst,v = (stark) verwitterter Tonstein

Projekt:	Deponie Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest	Proj.-Nr.:	Anh.
Auftraggeber:	Deponiebetriebgesellschaft Velbert mbH	15.118	4.3



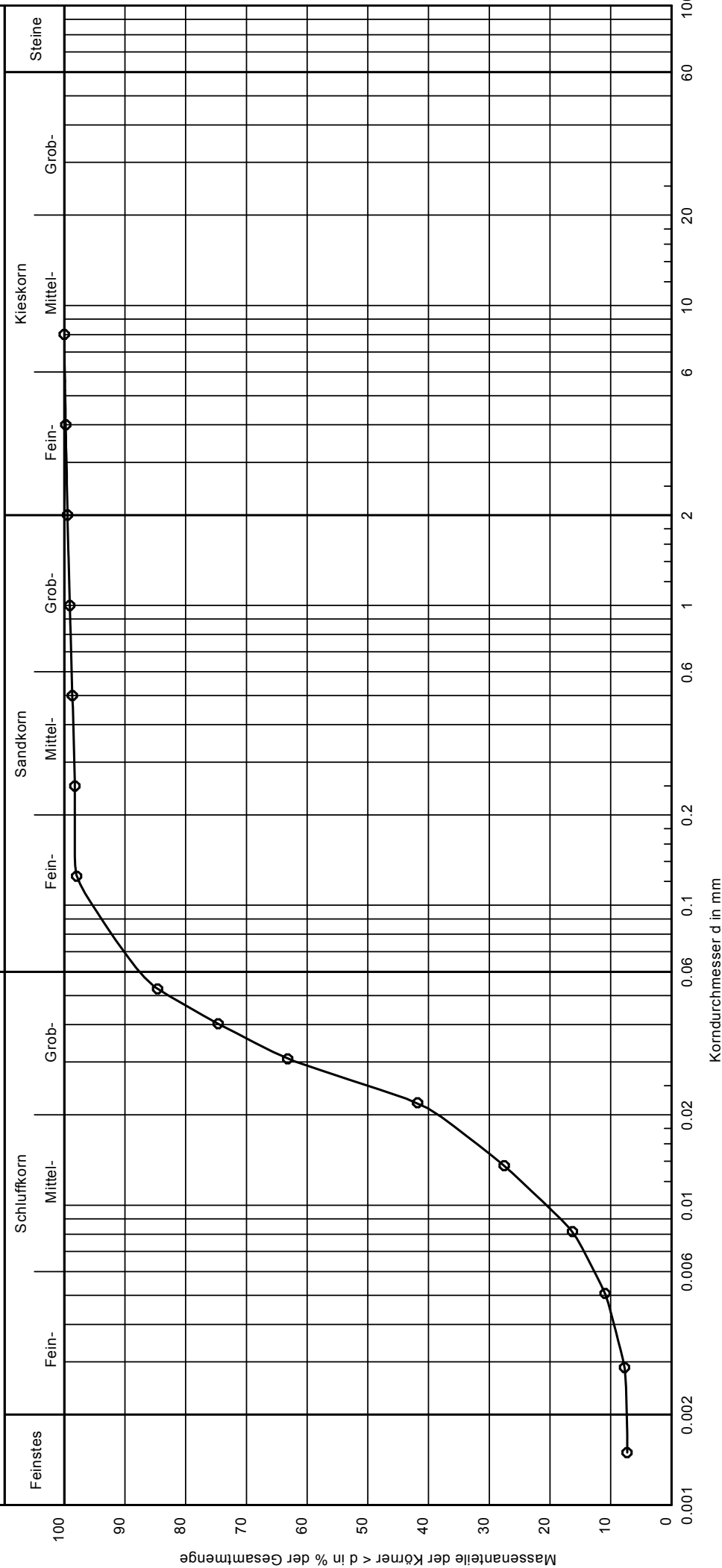
Körnungslinie  
DBV Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, geot. Deponiestandortuntersuchung Erw. NW

Entnahmedatum: 18.08.15  
ausgeführt durch: Bruchmann  
ausgeführt am: 31.08.15  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse

Schlammkorn

Siebkorn



Probenbezeichnung:  
Entnahmestelle:  
Entnahmetiefe:  
Art der Entnahme:  
Bodenart:  
Anteile:  
U/Cc:  
d<sub>10</sub> [mm]:  
Bodengruppe:  
k-Wert nach Beyer:

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
15.118

Anh. 5.1



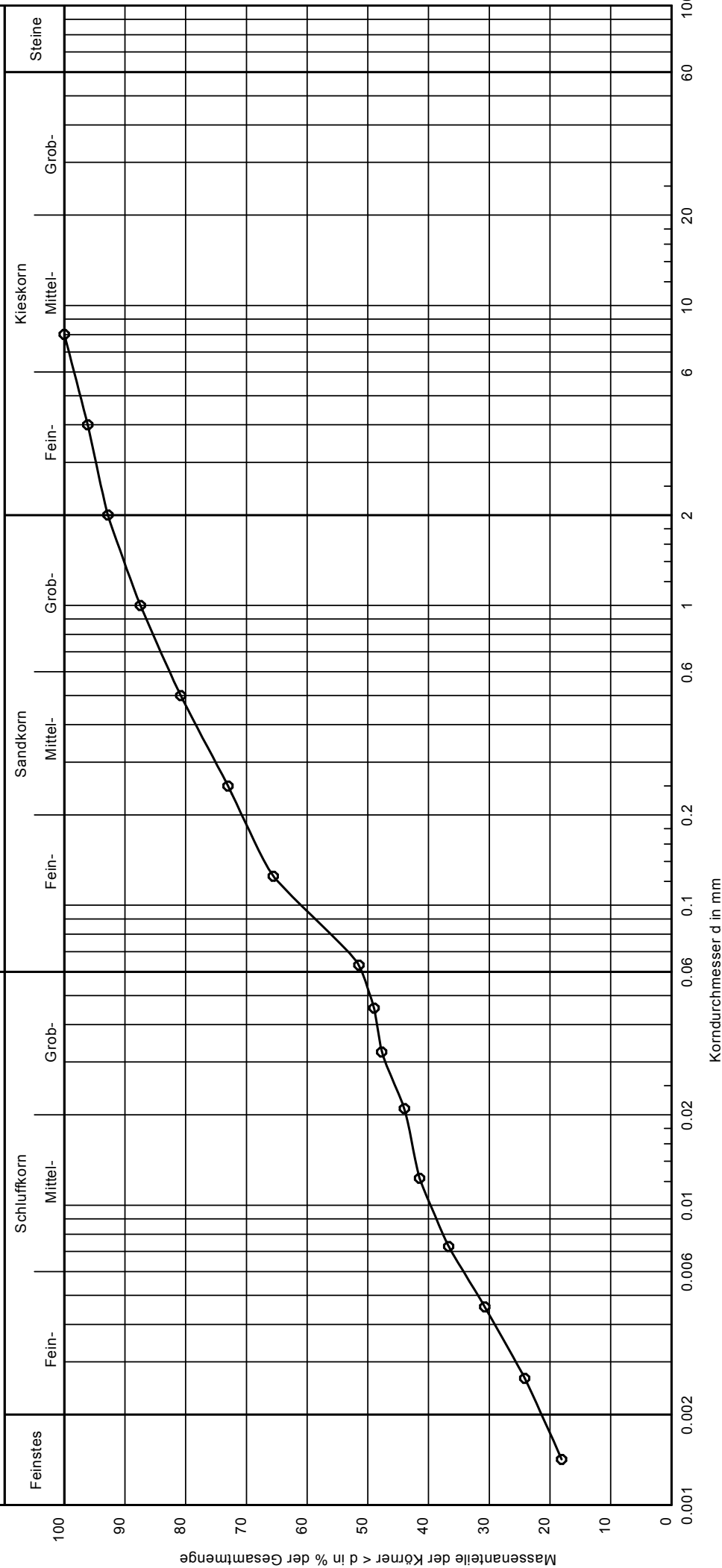
Körnungslinie  
DBV Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, geot. Deponiestandortuntersuchung Erw. NW

Entnahmedatum: 18.08.15  
ausgeführt durch: Bruchmann  
ausgeführt am: 31.08.15  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse

Schlammkorn

Siebkorn

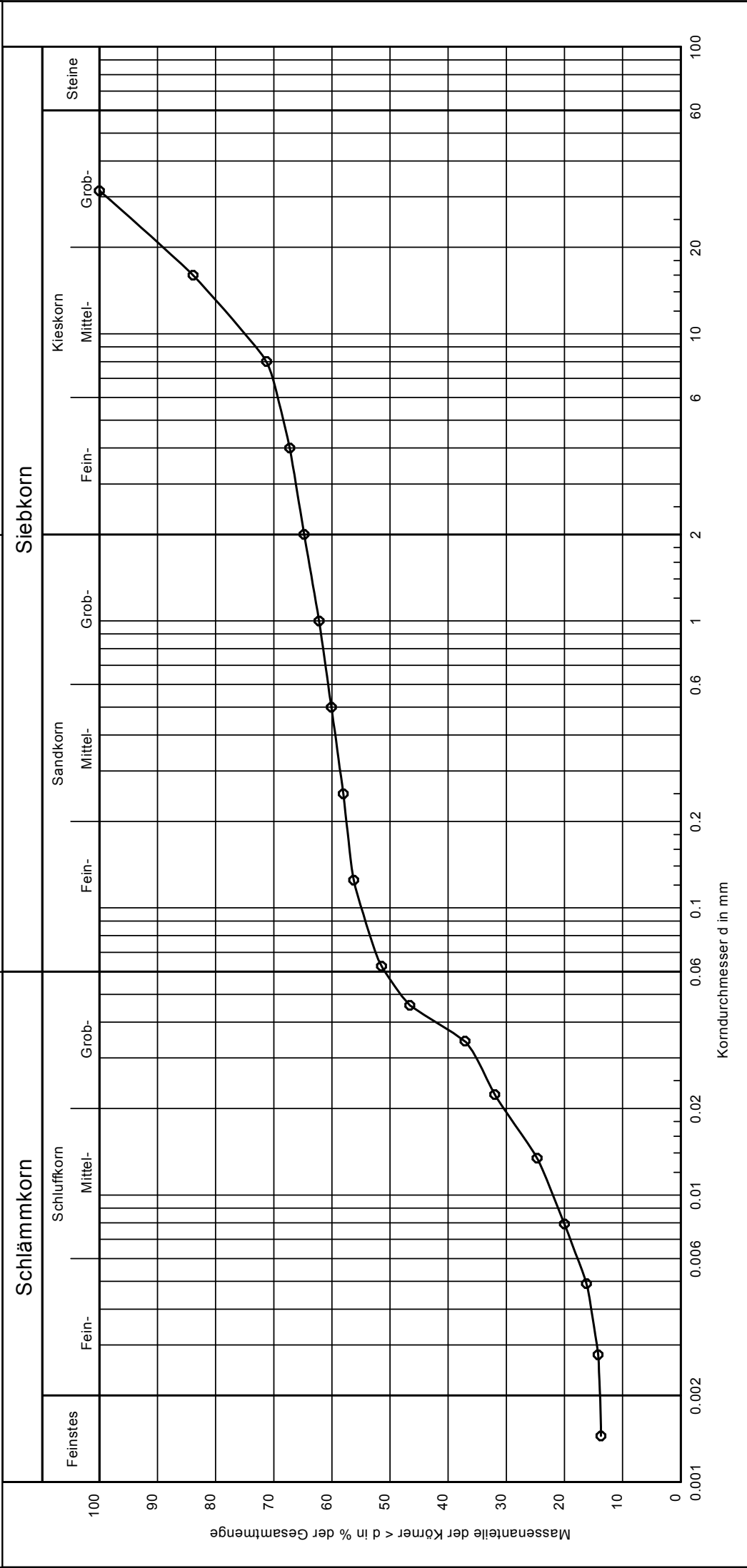


Probenbezeichnung:	6/1
Entnahmestelle:	RKS 6
Entnahmetiefe:	2,0-3,5
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, u. t. fg'
Anteile:	21.4/30.1/41.3/17.2
U/Cc:	-/-
d10 [mm]:	-
Bodengruppe:	-
k-Wert nach Beyer:	-

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
15.118

Anh. 5.2





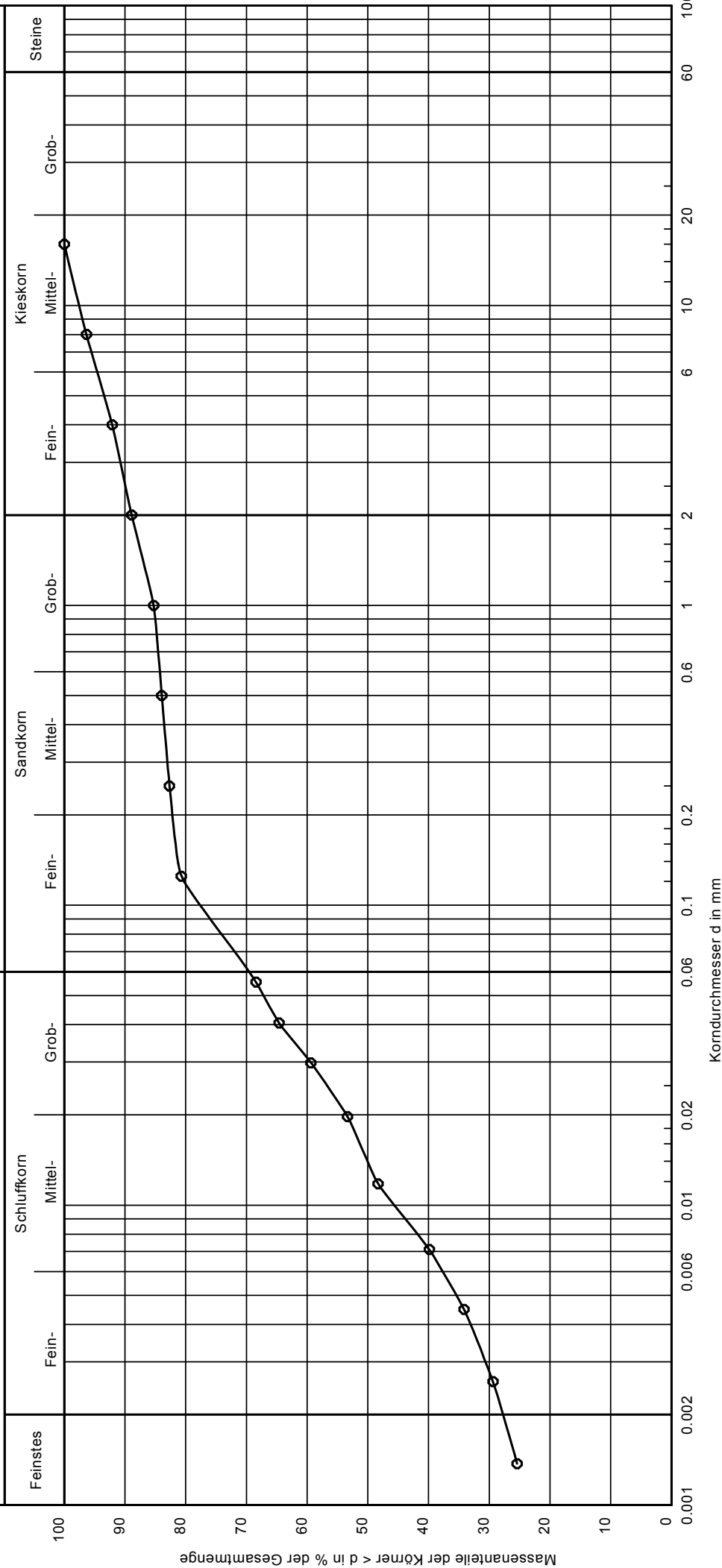
Körnungslinie  
DBV Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, geot. Deponiestandortuntersuchung Erw. NW

Entnahmedatum: 18.08.15  
ausgeführt durch: Bruchmann  
ausgeführt am: 31.08.15  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse

Schlammkorn

Siebkorn



Probenbezeichnung:

Entnahmestelle: 8/3 RKS 8

Entnahmetiefe: 1.0-3.2

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U, t, fs, fg, mg

Anteile: 27.7/42.6/18.6/11.1

U/Cc: -/-

d10 [mm]: -

Bodengruppe: -

k-Wert nach Beyer: -

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
15.118

Anh. 5.4



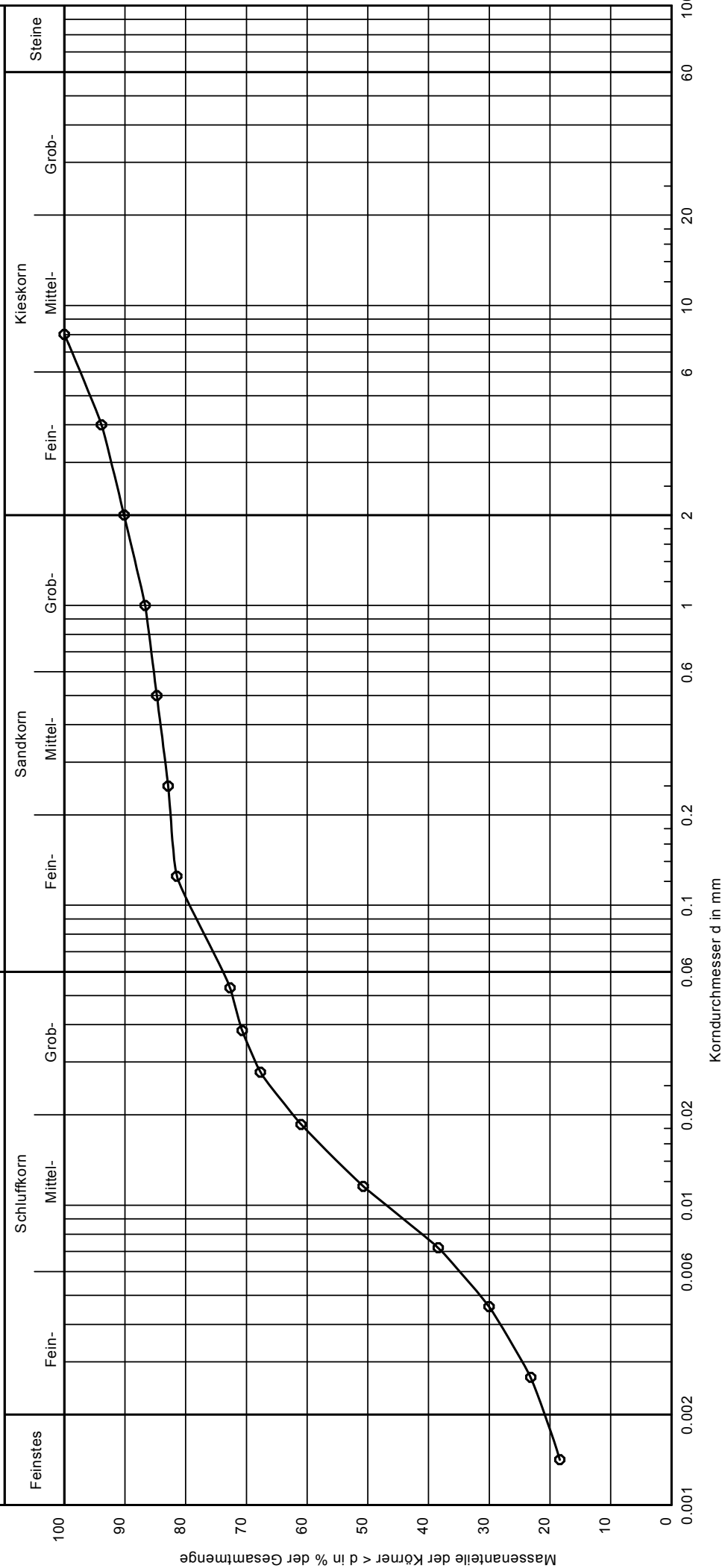
# Körnungslinie DBV Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, geot. Deponiestandortuntersuchung Erw. NW

Entnahmedatum: 18.08.15  
ausgeführt durch: Bruchmann  
ausgeführt am: 31.08.15  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse

## Schlammkorn

## Siebkorn



Probenbezeichnung:	11/1
Entnahmestelle:	RKS 11
Entnahmetiefe:	1.3-2.4
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	U, t, fs, fg
Anteile:	20.8/53.5/15.8/9.9
U/Cc:	-/-
d10 [mm]:	-
Bodengruppe:	-
k-Wert nach Beyer:	-

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
15.118

Anh. 5.5



Körnungslinie  
DBV Velbert

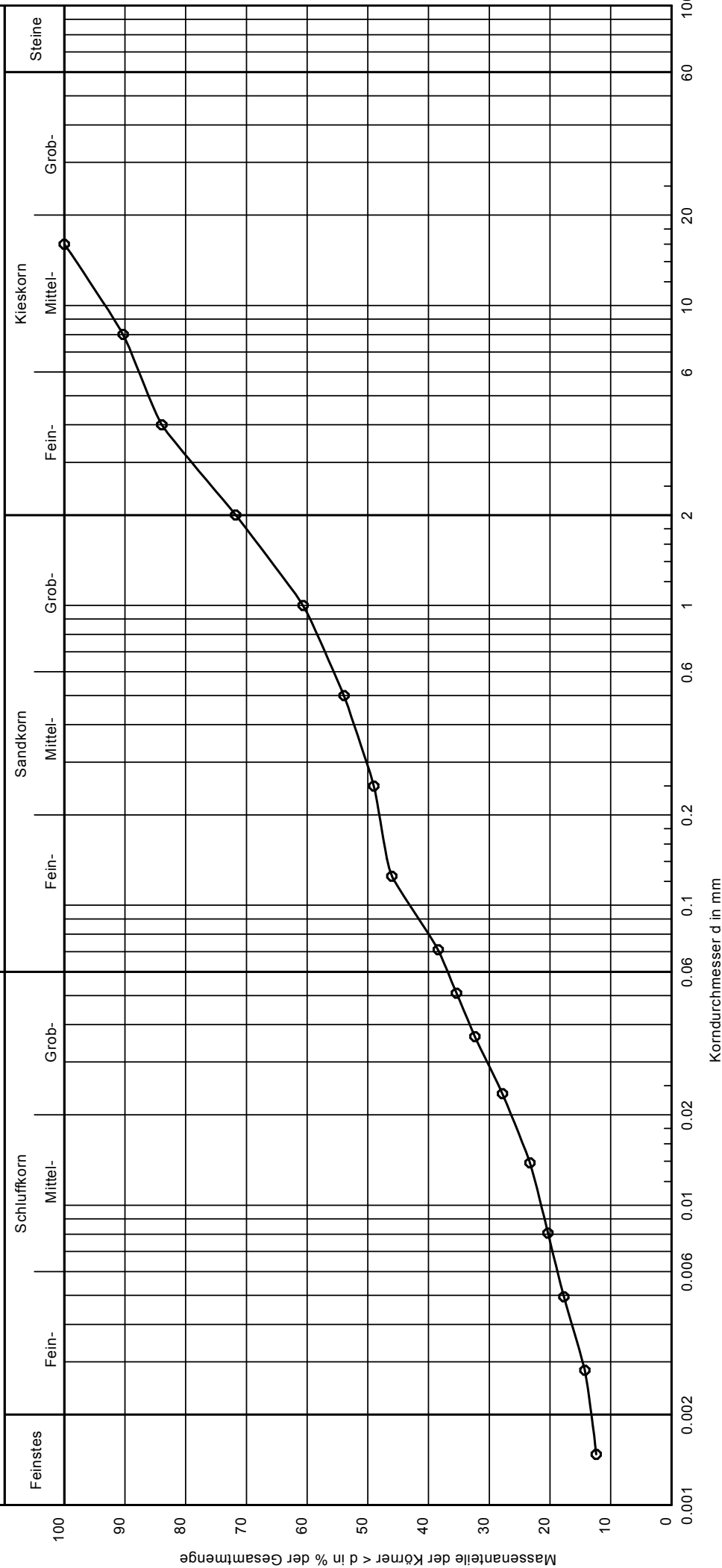
Dep. Plöger Steinbruch, geot. Deponiestandortuntersuchung Erw. NW

Entnahmedatum: 18.08.15  
ausgeführt durch: Bruchmann  
ausgeführt am: 31.08.15  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse



Schlammkorn

Siebkorn



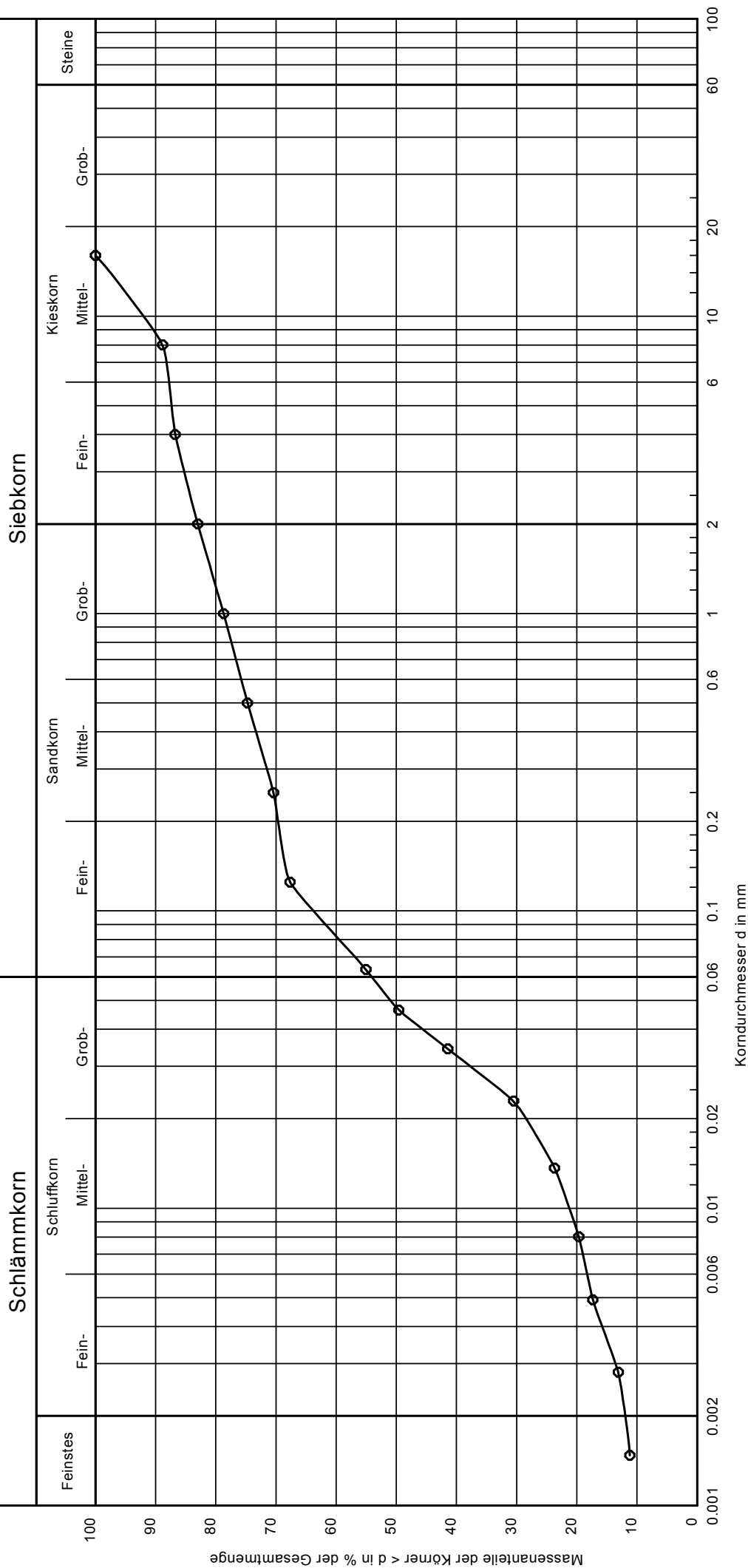
Probenbezeichnung:	12/1
Entnahmestelle:	RKS 12
Entnahmetiefe:	0.7-1.4
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, u. fg, t, mg'
Anteile:	13.2/24.1/34.5/28.2
U/Cc:	-/-
d10 [mm]:	-
Bodengruppe:	SU*
k-Wert nach Beyer:	-

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
15.118

Anh. 5.6





Probenbezeichnung:

Entnahmestelle:

Entnahmetiefe:

Art der Entnahme:

Bodenart:

Anteile:

U/Cc:  
Arlene:

d10 [mm]:

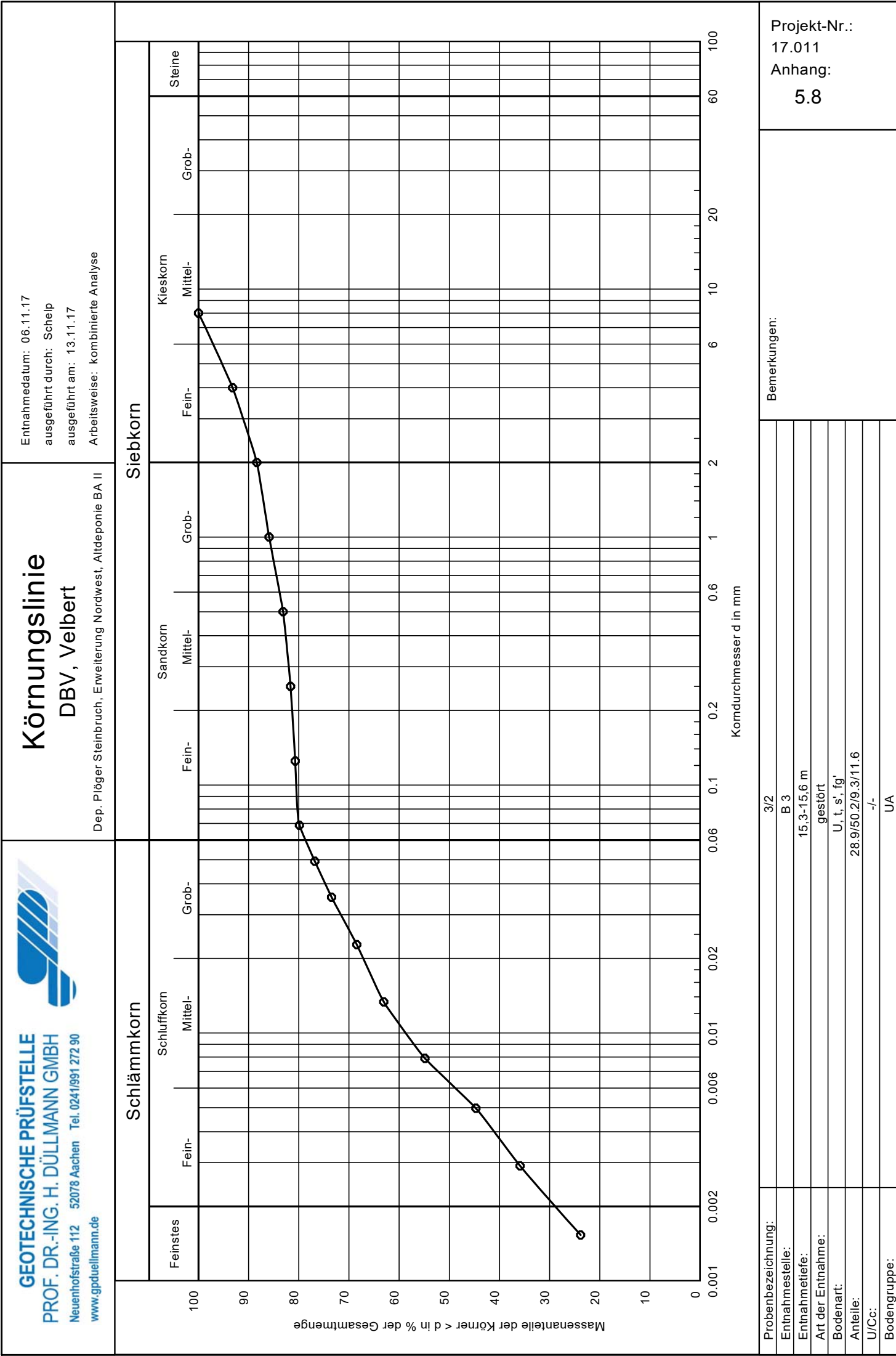
Bodenart:

Bodengruppe:

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
15.118

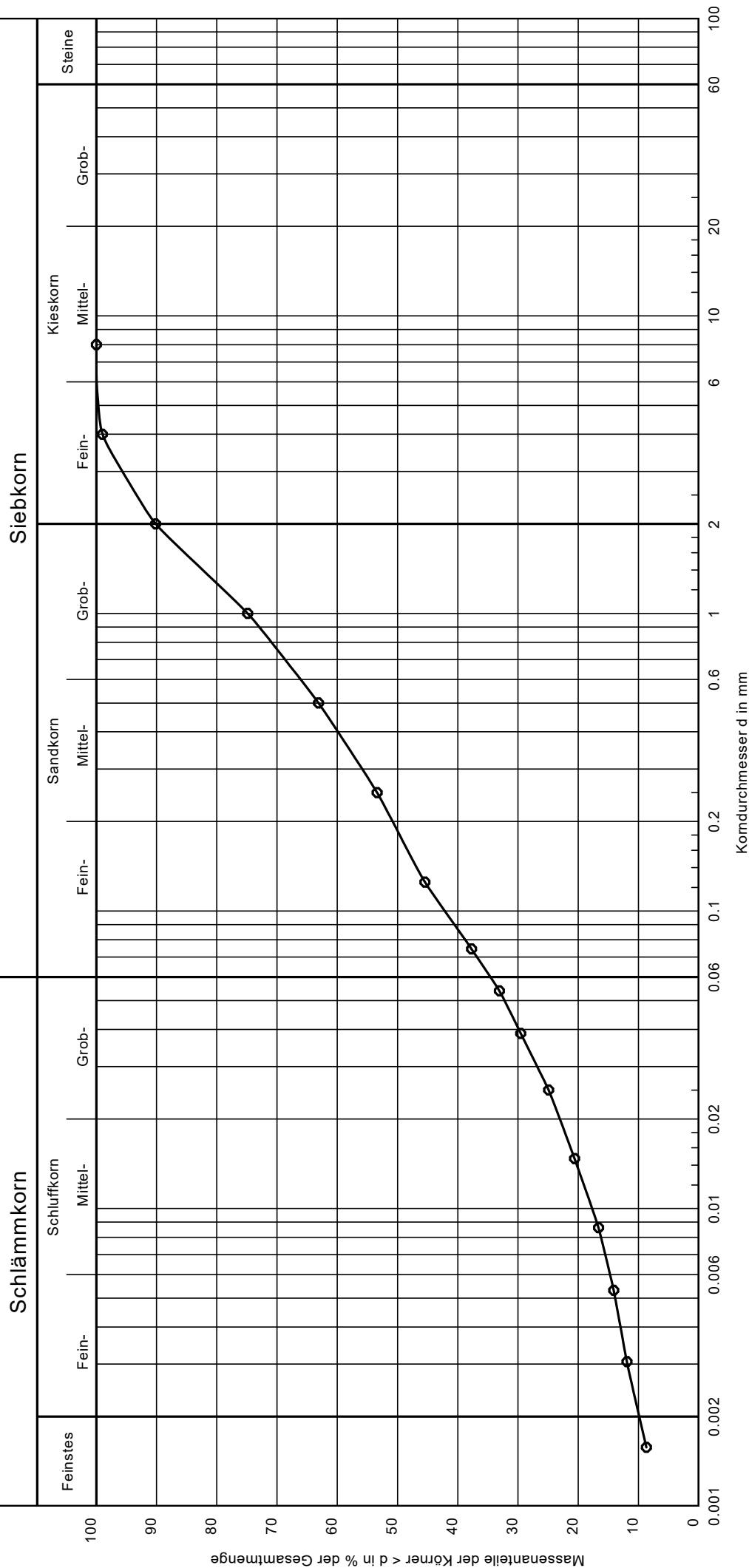
### Anh. 5.7





Dep. Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest, Altdeponie BA II

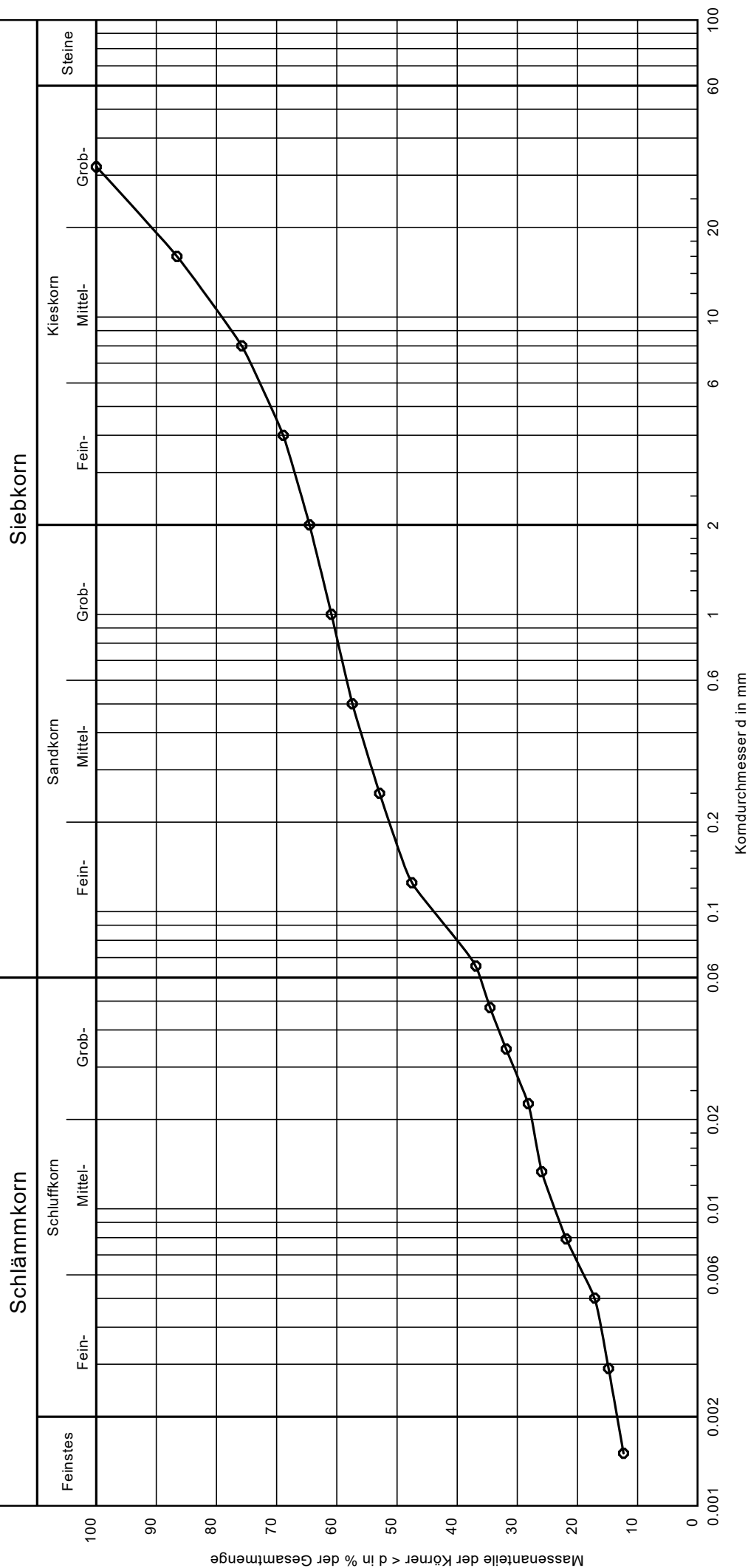
Entnahmedatum: 02.11.17  
ausgeführt durch: Schelp  
ausgeführt am: 13.11.17  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse



Probenbezeichnung:	4/2	Bemerkungen:
Entnahmestelle:	B 4	
Entnahmetiefe:	17.2-17.3 m	
Art der Entnahme:	gestört	
Bodenart:	S, u, t', fg'	
Anteile:	9.9/25.4/54.8/9.9	
U/Cc:	196.7/2.0	
Bodengruppe:	SU*	

Dep. Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest, Altdeponie BA II

Entnahmedatum: 26.10.17  
ausgeführt durch: Potschornik  
ausgeführt am: 28.11.17  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse



Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
17.011  
Anhang:  
5.11

Probenbezeichnung:

Entnahmestelle:

Entnahmetiefe:

Art der Entnahme:

Bodenart:

Anteile:

U/Cc:

$$\underline{5/1+5/2}$$

B 5

0-14,0 m

gestört

'fs', ms', qs'

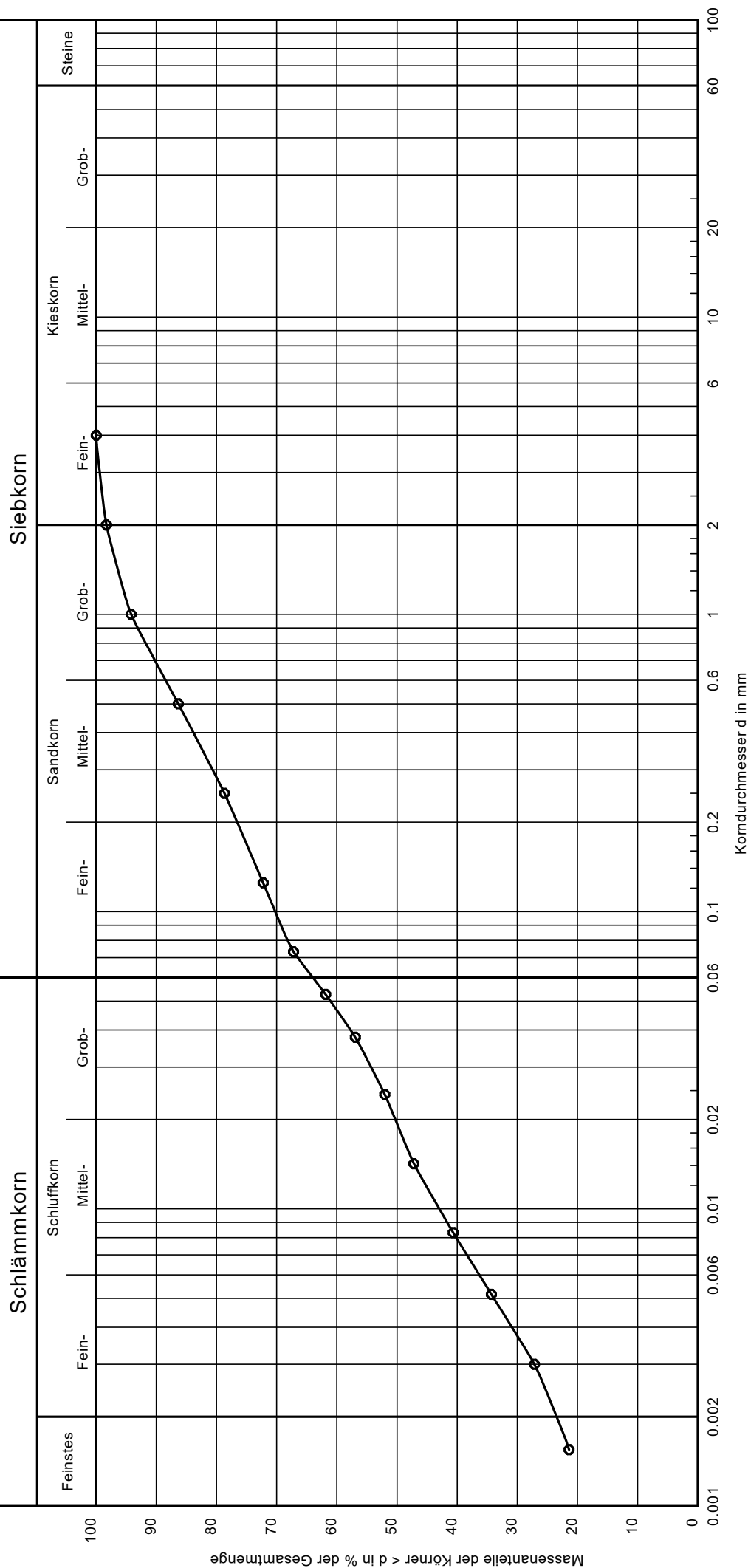
3.1/28.0/35.5

-/-

$$\overline{SU^*}$$

Dep. Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest, Altdeponie BA II

Entnahmedatum: 26.10.17  
ausgeführt durch: Schelp  
ausgeführt am: 13.11.17  
Arbeitsweise: kombinierte Analyse



Probenbezeichnung:	5/4	Bemerkungen:
Entnahmestelle:	B 5	
Entnahmetiefe:	18,5-19,3 m	
Art der Entnahme:	gestört	
Bodenart:	U, t, fs', ms', gs'	
Anteil:	23.5/41.3/33.5/1.7	
U/Cc:	-/-	
Bodengruppe:	TL	

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

DBV Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, geot. Deponiestandortuntersuchung Erw. NW

Probenbezeichnung : 4/1

Entnahmestelle : RKS 4

Entnahmetiefe : 0,4-1,5

Probe entnommen am : 24.08.15

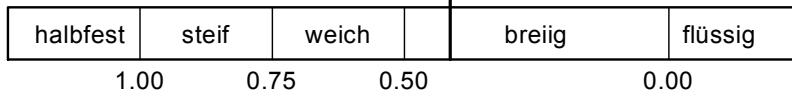
Bodenart : U, t', fs'

Bearbeiter: Sadjadi

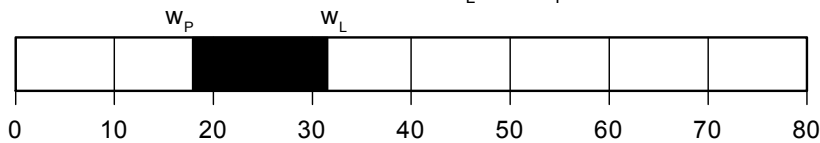
Datum: 28.08.15

Zustandsform

$I_c = 0.41$

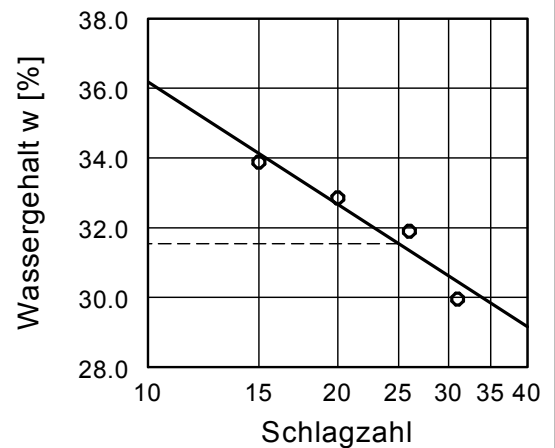


Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_P$ ) [%]

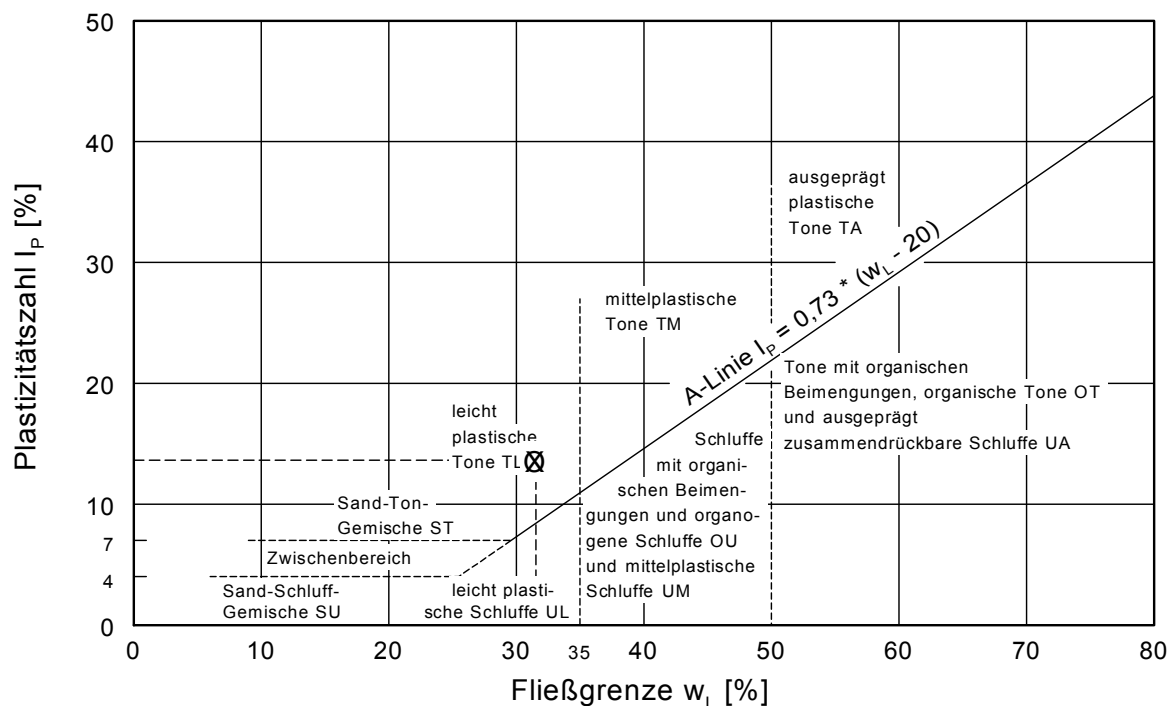


Wassergehalt  $w =$  25.9 %  
Fließgrenze  $w_L =$  31.5 %  
Ausrollgrenze  $w_P =$  17.9 %  
Plastizitätszahl  $I_P =$  13.6 %  
Konsistenzzahl  $I_c =$  0.41

Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Art	wL	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	15	20	26	31	-	-	-
mf + mb [g]	39.04	39.84	40.73	39.61	36.04	37.67	37.97
mt + mb [g]	35.29	35.94	36.81	36.19	34.31	35.62	36.00
mb [g]	24.22	24.07	24.52	24.77	24.51	24.52	24.80
mw [g]	3.75	3.90	3.92	3.42	1.73	2.05	1.97
mt [g]	11.07	11.87	12.29	11.42	9.80	11.10	11.20
w [%]	33.88	32.86	31.90	29.95	17.65	18.47	17.59



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

DBV Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, geot. Deponiestandortuntersuchung Erw. NW

Probenbezeichnung : 8/2

Entnahmestelle : RKS 8

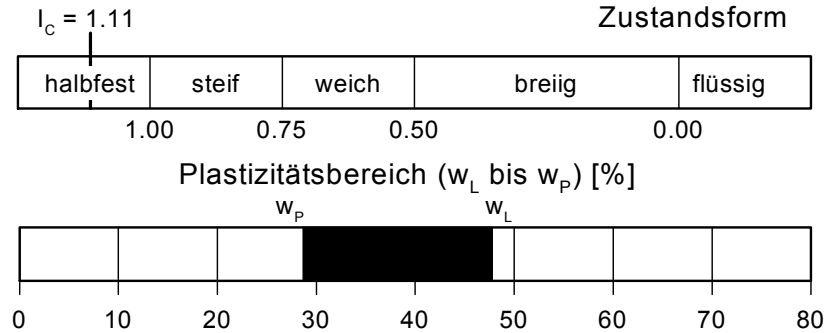
Entnahmetiefe : 0,3-0,8

Probe entnommen am : 24.08.15

Bodenart : G, u, t', fs'

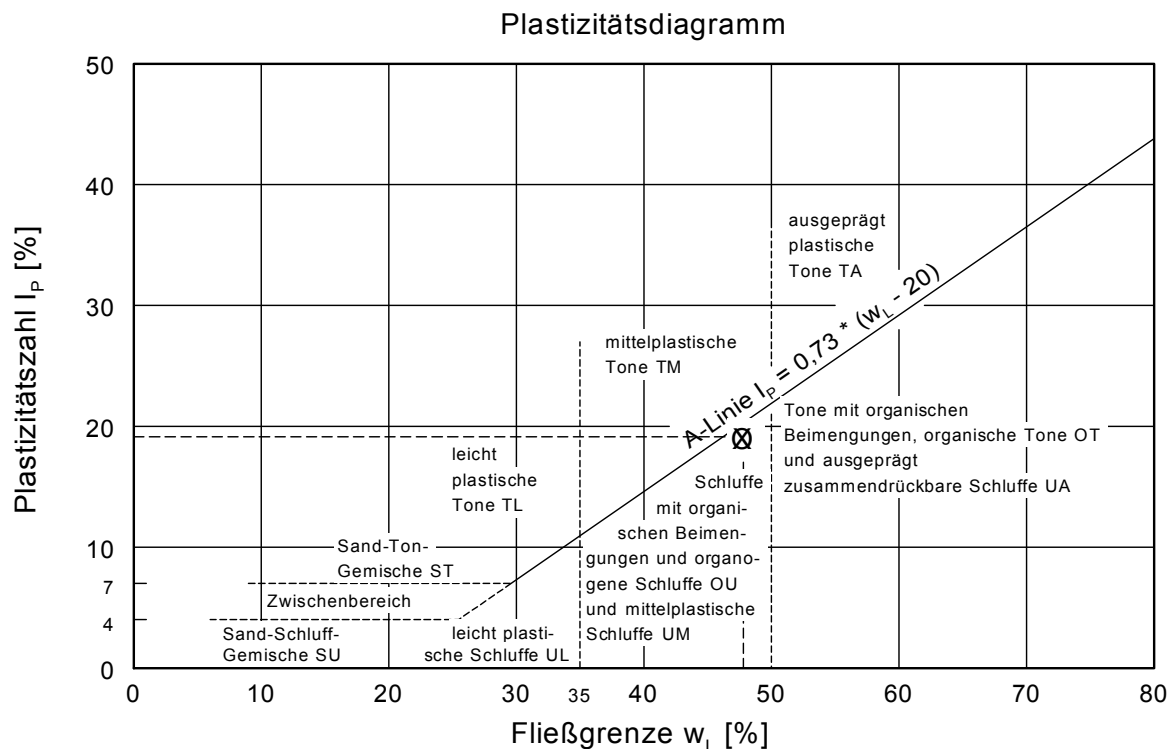
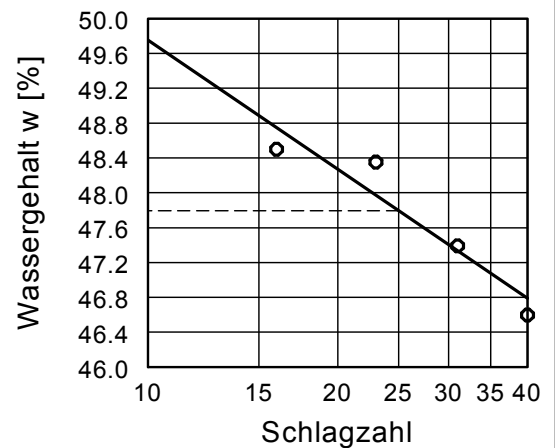
Bearbeiter: Sadjadi

Datum: 28.08.15



Wassergehalt  $w =$  26.5 %  
 Fließgrenze  $w_L =$  47.8 %  
 Ausrollgrenze  $w_P =$  28.7 %  
 Plastizitätszahl  $I_P =$  19.1 %  
 Konsistenzzahl  $I_c =$  1.11

Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Art	wL	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	16	23	31	40	-	-	-
mf + mb [g]	35.16	36.19	35.68	36.35	36.20	35.96	35.85
mt + mb [g]	31.60	32.23	32.05	32.38	33.70	33.32	33.19
mb [g]	24.26	24.04	24.39	23.86	25.00	24.12	23.87
mw [g]	3.56	3.96	3.63	3.97	2.50	2.64	2.66
mt [g]	7.34	8.19	7.66	8.52	8.70	9.20	9.32
w [%]	48.50	48.35	47.39	46.60	28.74	28.70	28.54





Datum: 28.11.17

Probenbezeichnung : 3/2

Entnahmestelle : B 3

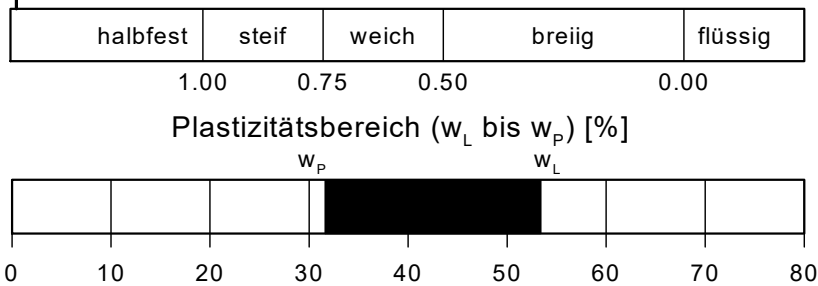
Entnahmetiefe : 15,3-15,6 m

Probe entnommen am : 06.11.17

Bodenart : U, t, s', fg'

$$I_d = 1.39$$

## Zustandsform



Wassergehalt  $w = 23.2 \%$

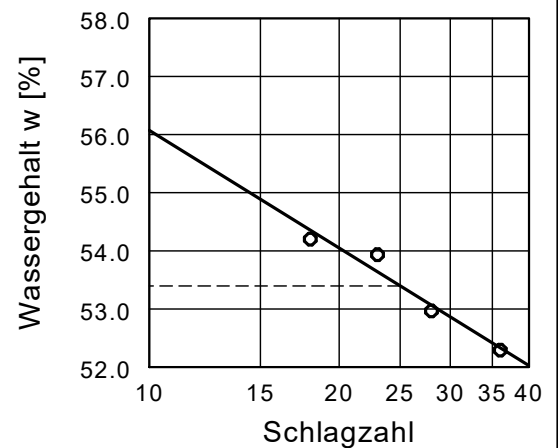
Fließgrenze  $w_L = 53.4 \%$

Ausrollgrenze  $w_p = 31.6 \%$

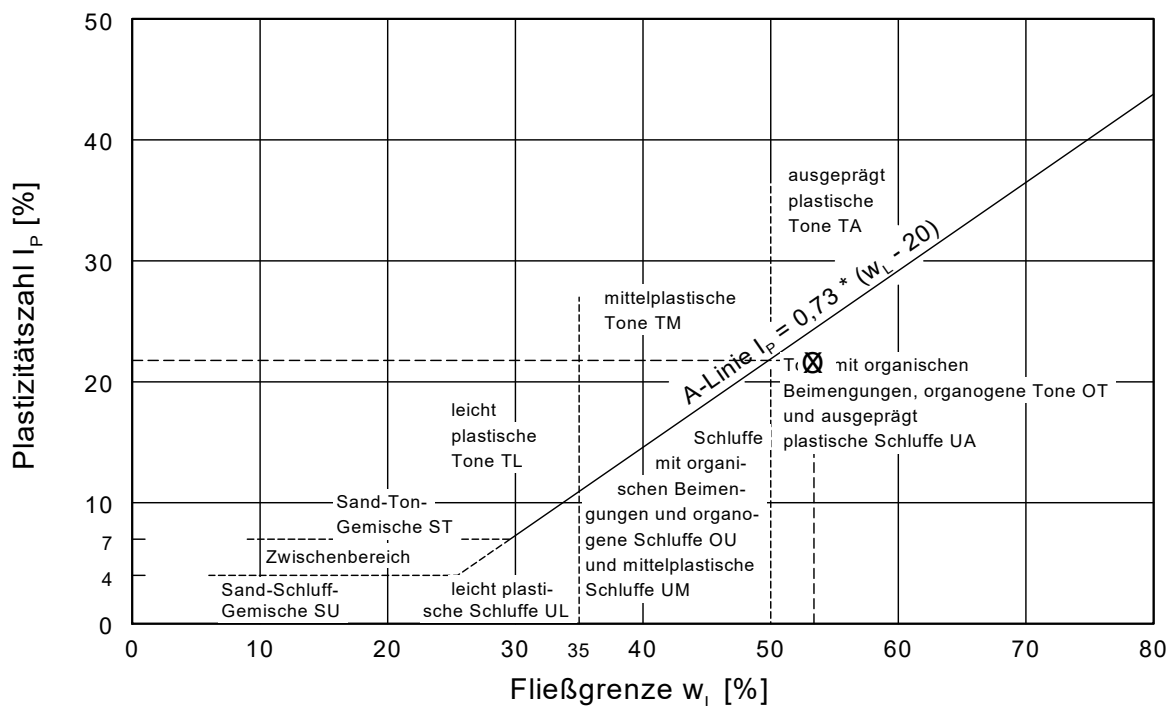
Plastizitätszahl  $I_p = 21.8 \%$ 

Konsistenzzahl  $I_c = 1.39$

Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Art	wL	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	18	23	28	36	-	-	-
mf + mb [g]	45.10	45.54	45.48	45.68	61.88	55.45	45.64
mt + mb [g]	37.94	38.34	40.03	38.60	54.37	49.49	40.45
mb [g]	24.73	24.99	29.74	25.06	30.29	30.90	24.05
mw [g]	7.16	7.20	5.45	7.08	7.51	5.96	5.19
mt [g]	13.21	13.35	10.29	13.54	24.08	18.59	16.40
w [%]	54.20	53.93	52.96	52.29	31.19	32.06	31.65



## Plastizitätsdiagramm





## Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

DBV, Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest, Altdeponie BA II

Bearbeiter: Braun

Datum: 28.11.17

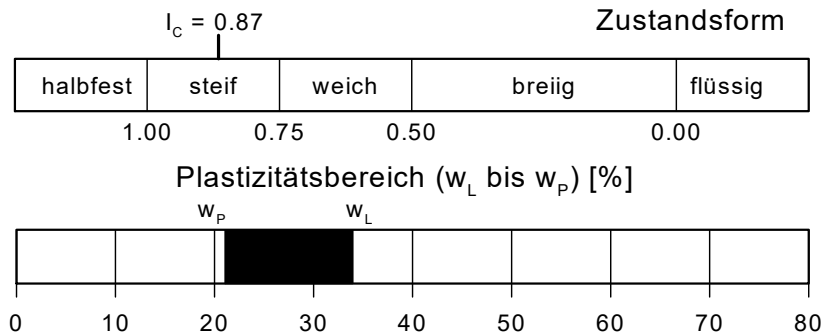
Probenbezeichnung : 4/1

Entnahmestelle : B 4

Entnahmetiefe : 16,0-16,2 m

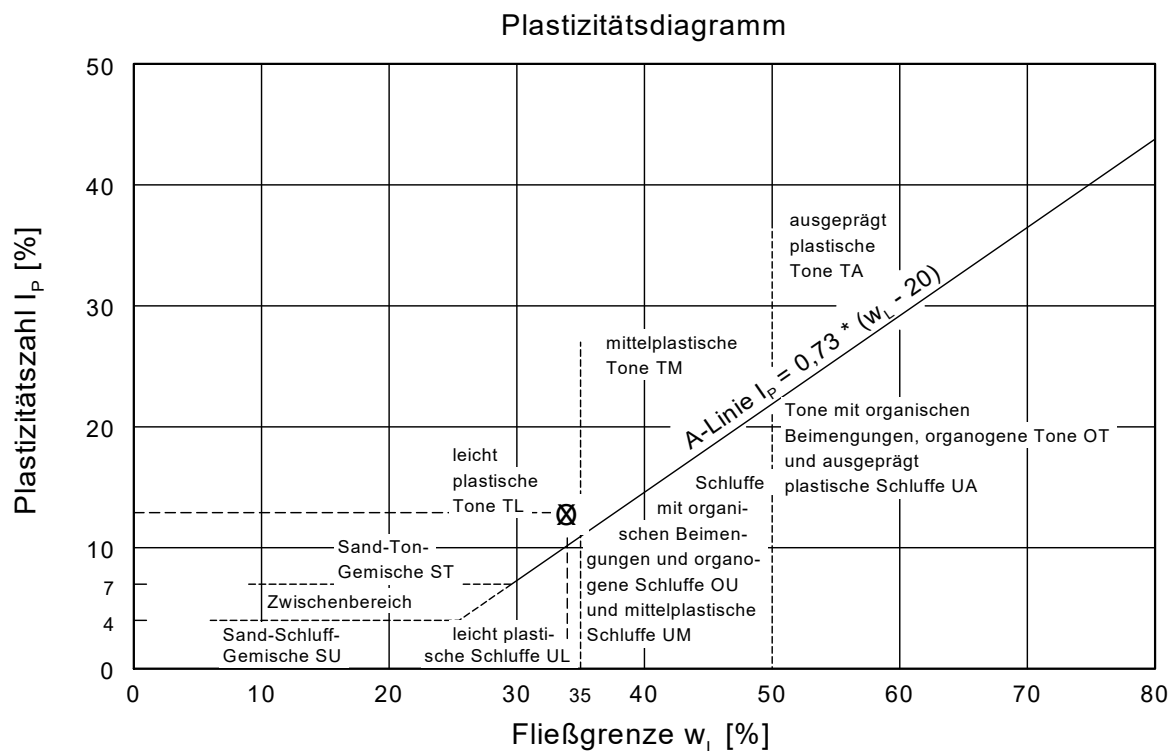
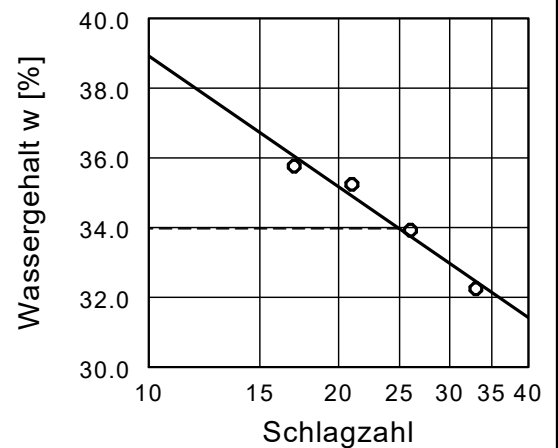
Probe entnommen am : 02.11.17

Bodenart : U, t, fs



Wassergehalt  $w =$  22.8 %  
 Fließgrenze  $w_L =$  34.0 %  
 Ausrollgrenze  $w_P =$  21.1 %  
 Plastizitätszahl  $I_p =$  12.9 %  
 Konsistenzzahl  $I_c =$  0.87

Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Art	wL	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	17	21	26	33	-	-	-
mf + mb [g]	50.80	50.67	55.73	52.30	53.54	48.63	56.92
mt + mb [g]	45.59	45.37	49.40	46.88	48.58	44.49	51.22
mb [g]	31.02	30.33	30.74	30.07	25.07	24.76	24.21
mw [g]	5.21	5.30	6.33	5.42	4.96	4.14	5.70
mt [g]	14.57	15.04	18.66	16.81	23.51	19.73	27.01
w [%]	35.76	35.24	33.92	32.24	21.10	20.98	21.10





## Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

DBV, Velbert

Dep. Plöger Steinbruch, Erweiterung Nordwest, Altdeponie BA II

Bearbeiter: Braun

Datum: 28.11.17

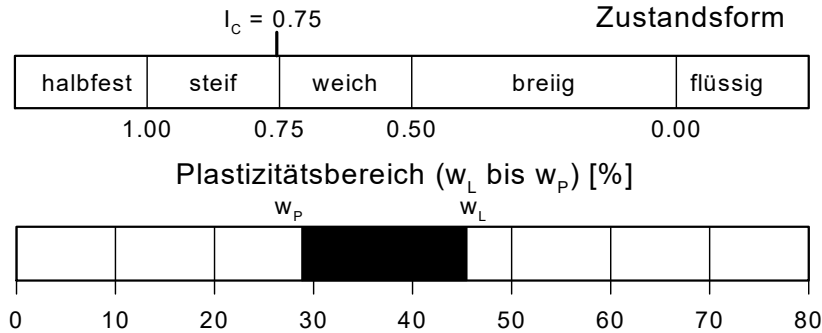
Probenbezeichnung : 4/2

Entnahmestelle : B 4

Entnahmetiefe : 17,2-17,3 m

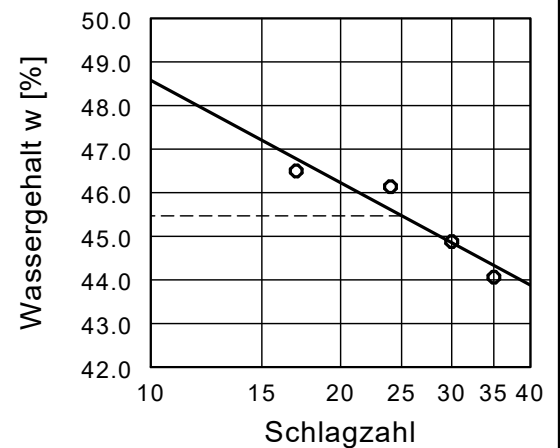
Probe entnommen am : 02.11.17

Bodenart : U, t, fs

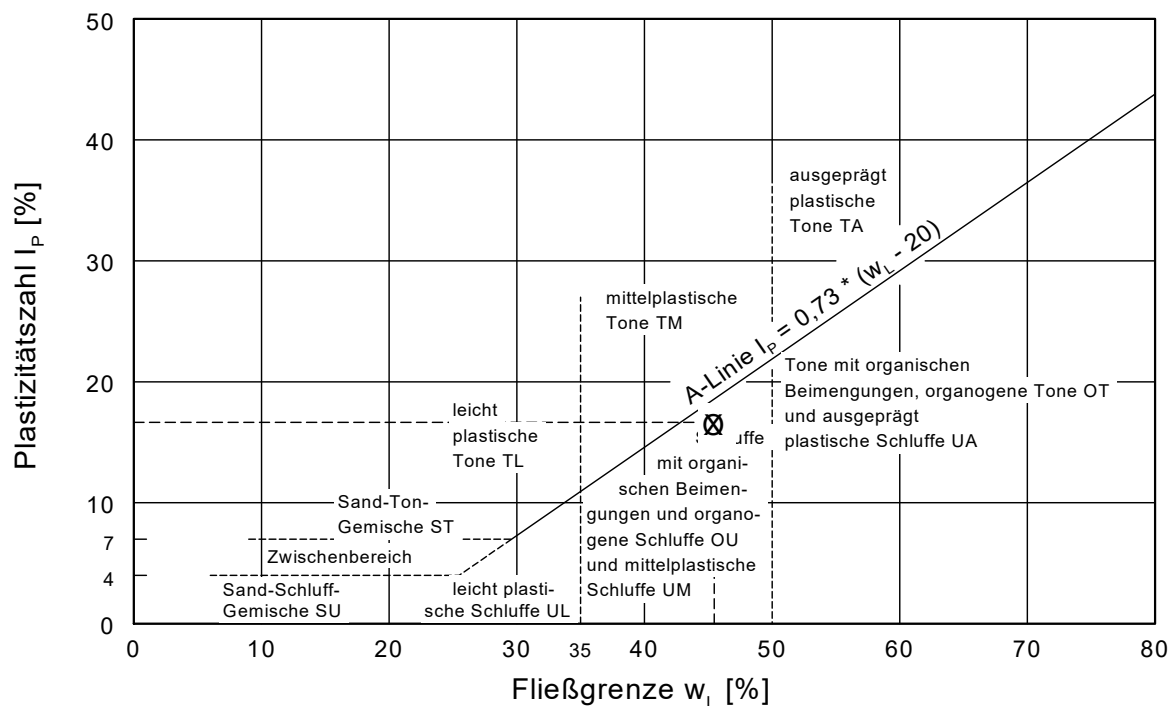


Wassergehalt  $w =$  32.9 %  
 Fließgrenze  $w_L =$  45.5 %  
 Ausrollgrenze  $w_p =$  28.8 %  
 Plastizitätszahl  $I_p =$  16.7 %  
 Konsistenzzahl  $I_c =$  0.75

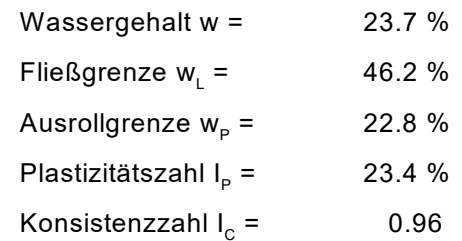
Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Art	wL	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	17	24	30	35	-	-	-
mf + mb [g]	39.03	43.59	43.78	41.86	51.89	40.02	48.03
mt + mb [g]	34.38	37.58	37.78	36.63	45.79	36.51	42.90
mb [g]	24.38	24.56	24.41	24.76	24.82	24.24	25.06
mw [g]	4.65	6.01	6.00	5.23	6.10	3.51	5.13
mt [g]	10.00	13.02	13.37	11.87	20.97	12.27	17.84
w [%]	46.50	46.14	44.88	44.06	29.09	28.61	28.76



## Plastizitätsdiagramm

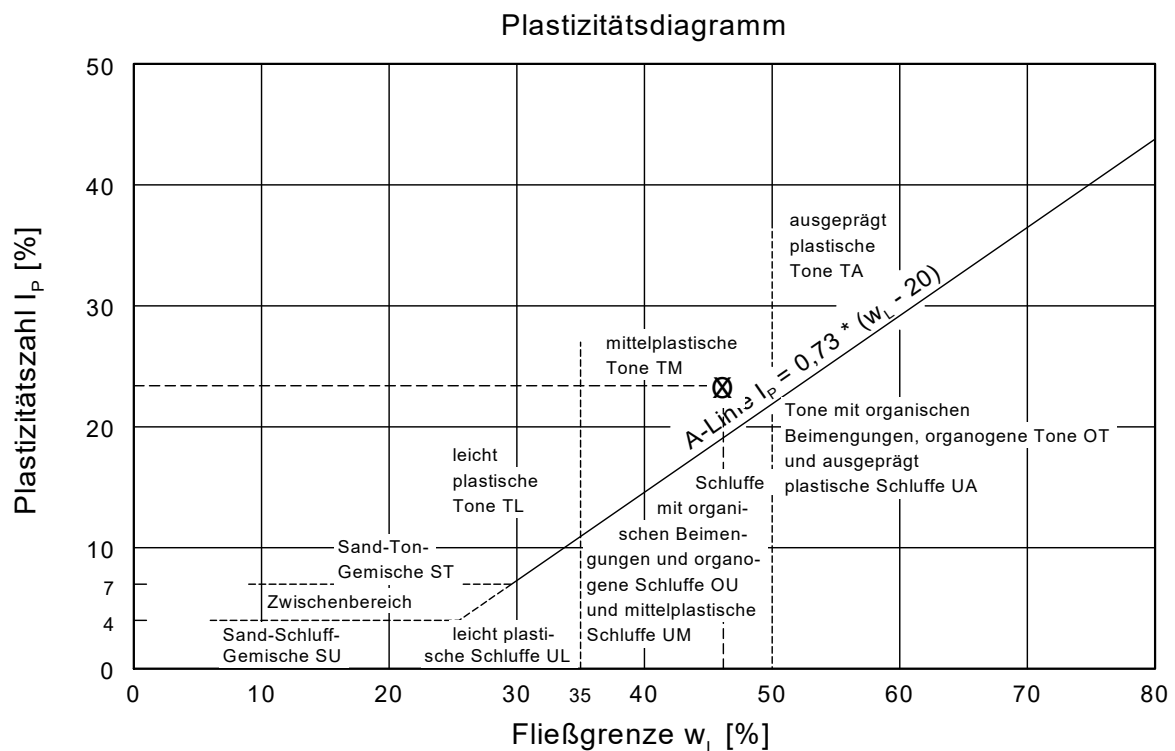


Datum: 28.11.17



The graph shows the relationship between the impact number (Schlagzahl) and the water content (Wassergehalt w [%]). The x-axis represents the impact number, ranging from 10 to 40. The y-axis represents the water content, ranging from 42.0% to 52.0%. Four data points are plotted, and a solid line represents the linear regression. A dashed horizontal line is drawn at a water content of 46.2%.

Schlagzahl	Wassergehalt w [%]
18	48.3
23	46.2
29	45.4
39	44.0





## Bestimmung des Wassergehalts (nach DIN 18121 - LO)

Projekt-Nr.	15.118	ausgeführt durch	Brücker
Projekt	Dep. Plöger Steinbruch, Erw. NW	Datum	25.08.2015
Auftraggeber	DBV Velbert		

Probenbezeichnung	4/1	8/2		
Entnahmestelle	RKS 4	RKS 8		
Entnahmetiefe	0,4-1,5	0,3-0,8		
Entnahme durch	Schweins	Schweins		
Entnahmedatum	18.08.15	18.08.15		
Art d. Entnahme	gestört	gestört		
Eingangsdatum	24.08.15	24.08.15		
Bodenart	U, t', fs'	G, u, t', fs'		

### Wassergehaltsbestimmung

Waage	Nr	-	4	4		
Fehler der Wägung	$\Delta m$	g	0,01	0,01		
Feuchtmasse + Tara	$A = m + m_B$	g	100,35	93,20		
Trockenmasse + Tara	$B = m_d + m_B$	g	80,33	74,30		
Tara	$C = m_B$	g	2,97	2,98		
Wasser	$m_W = A - B$	g	20,02	18,90		
Trockenmasse	$m_d = B - C$	g	77,36	71,32		
Wassergehalt	$w = m_W / m_d \cdot 100$	%	25,9	26,5		
Messunsicherheit	$\Delta w$	%	0,02	0,02		

Bemerkungen:



geprüft:

.....  
Datum

.....  
Unterschrift