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

Erd-/Grundbau
Fels-/Spezialtiefbau
Ing.-/Hydrogeologie
Altlasten/Deponien

info@gbduellmann.de
www.gbduellmann.de

Gewerbegebiet Grachtweg Nord in Inden

Orientierende Baugrunduntersuchung

52078 Aachen
Neuenhofstr. 112
Tel. (0241) 928 39 - 0
Fax (0241) 928 39 - 92

Geschäftsführer
Dr.-Ing. M. Nendza
Prof. Dr. I. Obernosterer

Amtsgericht Aachen
HRB 13065
Steuer-Nr. 201/5961/3379
USt.-IdNr. DE242696552

Gewerbegebiet Grachtweg Nord in Inden - Orientierende Baugrunduntersuchung

Auftraggeber:	RWE Power AG Gebirgs- und Bodenmechanik (POB-G) Zum Gut Bohlendorf 50126 Bergheim
Ansprechpartner:	Ricardo Steinbusch
Rahmenbestellung Nr.	4900083308-R4-564
Bestelldatum:	-

Auftragnehmer:	Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen
Projektbearbeiter:	Dipl.-Geol. S. Krings
Projektnummer:	20.104
Berichtsdatum:	16.03.2023
Berichtsumfang:	29 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis) 6 Anlagen

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines ... 1
1.1 Vorgang, Aufgabenstellung ... 1
1.2 Bauvorhaben ... 1
1.3 Verwendete Unterlagen ... 2
2 Durchgeführte Untersuchungen ... 2
3 Baugrund ... 3
3.1 Morphologie ... 3
3.2 Geologie ... 4
3.3 Erdbebeneinwirkungen, aktive Störungen ... 5
3.4 Grundwasser ... 8
3.5 Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit ... 9
3.6 Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostempfindlichkeit ... 11
3.7 Mittlere Bodenkennwerte ... 11
3.8 Homogenbereiche ... 12
3.9 Ramm- und Bohrbarkeit ... 13
4 Gründung ... 13
4.1 Geplante Gründungstiefen, Gründungsboden ... 13
4.2 Empfehlung zur Gründung ... 13
4.3 Setzungen ... 16
4.3.1 Setzungen der Kippenböden ... 16
4.3.2 Setzungen aus Bauwerkslasten ... 17
4.4 Unterbau Bodenplatte ... 17
5 Hinweise für die Bauausführung ... 17
5.1 Wasserhaltung ... 17
5.2 Abdichtung, Dränung ... 18
5.3 Baugrubenböschungen ... 18
5.4 Erdarbeiten / Aushubsohle / Verfüllen von Arbeitsräumen ... 18
5.5 Wiederverwendbarkeit des Bodenaushubs ... 19
5.6 Chemische Beschaffenheit des Bodenaushubs ... 20
5.7 Anlage von Straßen ... 22
5.8 Kanäle und Schächte ... 23
5.9 Versickerung von Niederschlagswässern ... 25

Anlagenverzeichnis

Anl. 1 Lageplan M. 1 : 1.000 mit Eintragung aller Bodenaufschlüsse und Schnittführungen

Anl. 2 Geologische Schnitte durch den Baugrund

- Anl. 2.1 Schnitte 1 bis 3; M.d.L. 1 : 500; M.d.H. 1 : 100
- Anl. 2.2 Schnitte 4 und 5; M.d.L. 1 : 500; M.d.H. 1 : 100
- Anl. 2.3 Schnitte A und B; M.d.L. 1 : 500; M.d.H. 1 : 100
- Anl. 2.4 Schnitte C und S; M.d.L. 1 : 500; M.d.H. 1 : 100
- Anl. 2.5 Schnitte V1 und V2; M.d.L. 1 : 250; M.d.H. 1 : 100

Anl. 3.1 - 3.22 Bohrprofile der Kleinrammbohrungen und Rammdiagramme

Anl. 4 Versickerungsversuche in Bohrlöchern

Anl. 5.1 – 5.5 Kornverteilungskurven

Anl. 6 Dokumentation der chemischen Analysen nach Ersatzbaustoffverordnung

1 Allgemeines

1.1 Vorgang, Aufgabenstellung

Die RWE-Power AG beabsichtigt, einen weiteren Teilbereich des ehem. Tagebaues Inden zu veräußern. Die Fläche soll als Gewerbegebiet Grachtweg-Nord entwickelt werden; sie liegt in der Gemeinde Inden nordöstlich des Kraftwerks Weisweiler und nördlich des bereits vorhandenen Gewerbegebietes Grachtweg.
Die Geotechnisches Büro GmbH wurde von der RWE Power AG mit der Durchführung einer orientierenden Baugrunduntersuchung beauftragt.

Im vorliegenden Bericht werden folgende Punkte bearbeitet:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundungen,
- Angabe der Bodenklassen gemäß DIN 18300 (2012) und Bodengruppen nach DIN 18196,
- Angabe der Homogenbereiche nach DIN 18300 (08/2015),
- Angabe der maßgebenden bodenmechanischen Kennwerte (Rechenwerte),
- Angaben zur hydrogeologischen Situation,
- Angaben zur Wiederverwendbarkeit / Entsorgung des Bodenaushubs,
- Empfehlungen zur Gründung,
- Angaben zur Versickerungsfähigkeit der oberflächennahen Bodenschichten,
- Hinweise zur Bauausführung.

1.2 Bauvorhaben

Das ca. 7,3 ha große Areal liegt in der Gemeinde Inden etwa 700 m nordöstlich des Braunkohlenkraftwerks Weisweiler (s. Abb. 1). Angaben zur vorgesehenen Bebauung und Lasten liegen noch nicht vor.
Auf einer Teilfläche im Nordosten ist die zentrale Versickerung von unbelasteten Niederschlagswässern vorgesehen.
Das geplante Industrie- und Gewerbegebiet liegt im Bereich des ehemaligen Tagebaus Zukunft, der mit sauberem Kippenboden aufgefüllt wurde. Die Mächtigkeit der Kippe beträgt bis zu ca. 55 m.

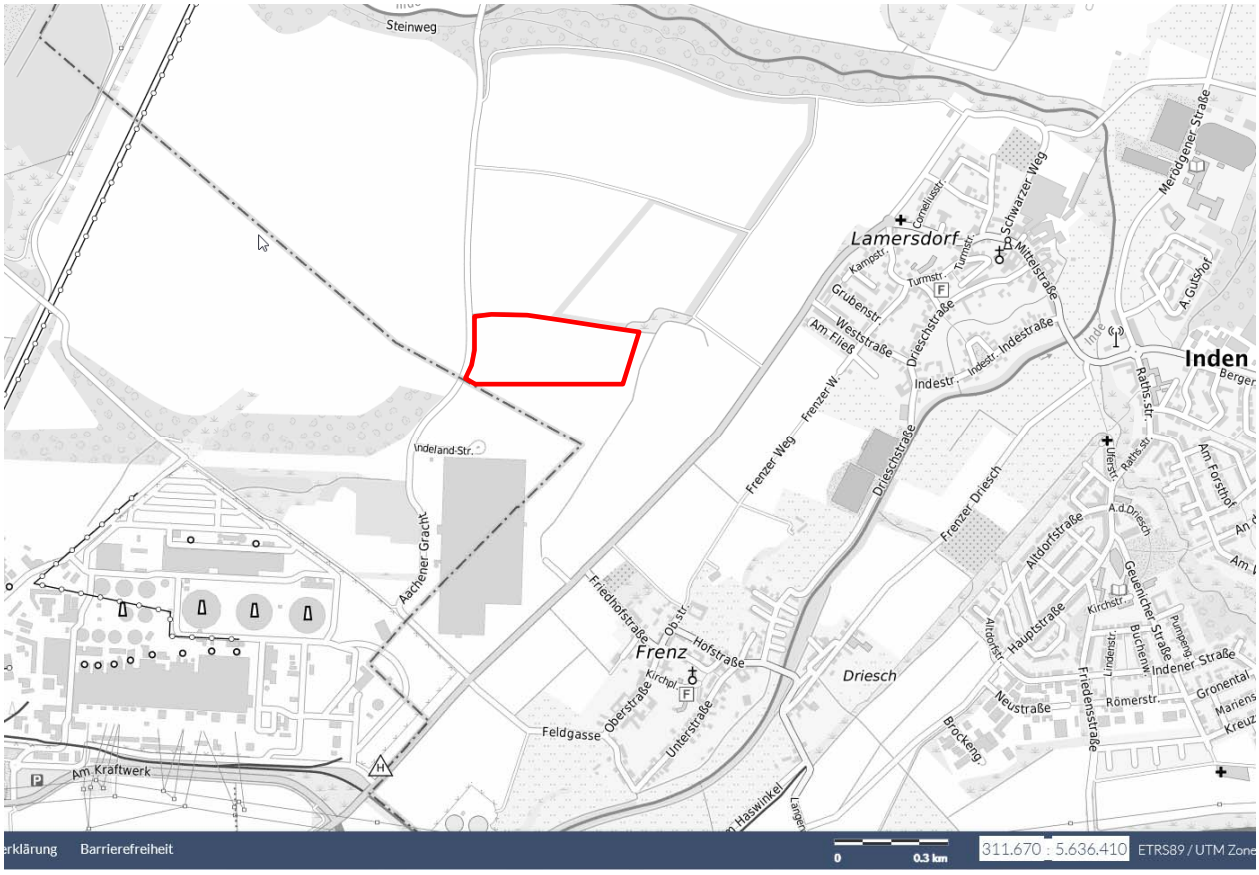


Abb. 1: Lage des Projektgebietes (ohne Maßstab, aus Geoportal NRW)

1.3 Verwendete Unterlagen

- Lageplan mit Eintragung der Fläche, RWE Power AG,
- Hydrologische Karte NW 1 : 25.000 (HyK 25); Blätter 5103 Eschweiler und 5104 Düren,
- Geologische Karte NRW 1 : 100.000 (GK 100), Blatt C 5102 Mönchengladbach,
- Erftverband: Grundwassergleichenpläne; Stand Oktober 1955 und Oktober 2020,
- DWA-Arbeitsblatt A 138; Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (2005),
- Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH (2017): Interkommunales Industriegebiet „Am Grachtweg“: Orientierende Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung,
- Archiv des Geotechnischen Büros.

2 Durchgeführte Untersuchungen

In der 5. und 6. KW 2023 wurden folgende Untersuchungen ausgeführt:

- 22 Kleinrammbohrungen (KRB), Einzelteufen zwischen 4,1 und 10 m, Σ 173,4 m, s. Anl. 3,
- 16 Schwere Rammsondierungen (DPH), Spitzenquerschnitt 15 cm², Fallhöhe 50 cm, Fallmasse 50 kg, Einzelteufen zwischen 4,1 und 15 m, Σ 149,1 m; s. Anl. 3,
- 1 Leichte Rammsondierung (DPL), Spitzenquerschnitt 10 cm², Fallhöhe 50 cm, Fallmasse 10 kg, Teufe 3,7 m; s. Anl. 3,
- 5 Versickerungsversuche (mehrere Einzelversuche bis nach Erreichen der Wassersättigung des Bodens = Stabilisierung der Versickerungsmenge/Zeiteinheit) in KRB (Bohrlochtest nach EARTH-MANUAL) zur Ermittlung der Durchlässigkeit der oberflächennahen Bodenschichten; s. Anl. 4.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist der Anl. 1 zu entnehmen. Die Einmessung / Absteckung der Ansatzpunkte erfolgte durch den AG. Die geplante KRB V4 konnte aus organisatorischen Gründen nicht ausgeführt werden.

Im Baugrundlabor des Geotechnischen Büros wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 5 Stück Bestimmungen der Kornverteilung (Anl. 5).

Von der Eurofins Umwelt West GmbH, Wesseling, wurden folgende Untersuchungen ausgeführt:

- 4 Untersuchungen an Bodenmischproben auf die Parameter nach ErsatzbaustoffV Anl. 1, Tab. 3: Boden/Baggergut, Feststoff aus Originalsubstanz und Eluat 2:1 (Anl. 5).

3 Baugrund

3.1 Morphologie

Das Gelände im Bereich des Bauvorhabens fällt leicht von knapp 125 m ü.NHN im NW auf ca. 118 m ü.NHN im SE hin ab.
Die Fläche wird dztg. landwirtschaftlich genutzt.

3.2 Geologie

Das geplante Gewerbegebiet liegt im südlichen Randbereich des ehemaligen Tagebaus Zukunft und wird somit auf Kippenböden errichtet. Die Mächtigkeit der Kippe beträgt nach Unterlagen von RWE etwa 24 m im SE der Fläche und ca. 55 m im NW. Nach Plänen der Rheinbraun AG wurde die Verfüllung des Tagebaus Zukunft im Untersuchungsbereich zum Großteil Mitte der 1960er Jahre abgeschlossen (nur in einem kleinen Teilbereich nordöstlich wurde bis 1992 abgelagert) (Geot. Büro 2017).

Auffüllungen

Die oberflächennah aufgebrachte **Rekultivierungsschicht** setzt sich aus feinsandigen, schwach tonigen Schluffen (i.d.R. umgelagerter Lößlehm / Löß) zusammen und weist eine mehrheitlich weiche oder weiche bis steife Konsistenz auf. Örtlich wurden Fremdanteile wie Ziegel- oder Betonbruch, Schlacke und Aschen erbohrt. Die Rekultivierungsschicht ist i.d.R. etwa 2,5 m bis 3,2 m stark, in Ausnahmen minimal 2,1 m, max. 7,5 m.

Im Liegenden folgen überwiegend rollige **Kippenböden,** die sich aus einem heterogenen Gemisch von Aushubböden des Tertiärs und Quartärs (Mischböden) zusammensetzen. Die Hauptbestandteile in den KRB bilden dabei schwach schluffige (selten schluffige) kiesige Sande, eng gestufte (schluffige) mittelsandige Feinsande, daneben sandige Schluffe, die abwechselnd in unterschiedlichen Mächtigkeiten und Zusammensetzungen ausgebildet sind. In KRB C4 wurden auch mehrere Meter mächtige schluffige Tone angetroffen. Untergeordnet sind sandige Kiese angetroffen worden. Ein einheitliches Schichtensystem innerhalb der aufgefüllten Kippenböden zeigt sich erwartungsgemäß nicht. Nur vereinzelt wurden Fremdmaterialien (Ziegel-/ Betonbruch, Schlacke, Asche) festgestellt.

Im Kornverteilungsband der 5 untersuchten Proben der Kippenböden im Bereich der zwei angedachten Versickerungsstandorte zeigt sich eine relativ homogene Zusammensetzung der dortigen (stark) kiesigen, schwach schluffigen Sande (Abb. 2). Der bindige Anteil in den untersuchten Proben beträgt im Mittel etwa 8 %.

Organoleptische Auffälligkeiten (Geruch und Aussehen) in den Auffüllungen wurden nicht festgestellt.

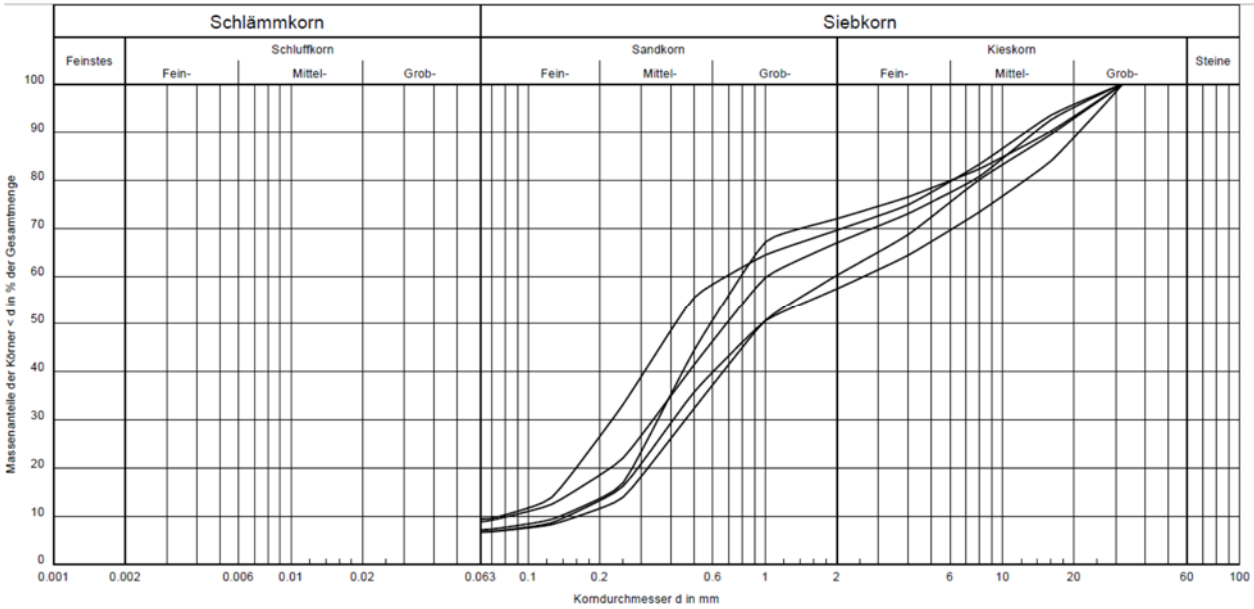


Abb. 2: Kornverteilungskurven der Kippenböden aus dem Bereich der evtl. Versickerungsstandorte (n = 5)

3.3 Erdbebeneinwirkungen, aktive Störungen

Der Standort liegt nach der (alten) **DIN EN 1998-1 (01/2011)** in der Erdbebenzone 3. Die maximale Bodenbeschleunigung (Bemessungswert) für das hierfür zugeordnete Intensitätsintervall $7{,}5 \leq I < 8{,}0$ kann mit $a_g = 0{,}8$ m/s^2 angegeben werden.

Der Standort ist nach DIN EN 1998-1 in die Untergrundklasse[1] T (Übergangsbereiche zwischen den Gebieten der Untergrundklasse R und der Untergrundklasse S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken) und in die Baugrundklasse[2] C (grobkörnige (rollige) bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz) einzustufen.

Für das Projektgebiet ist somit das Normspektrum C-T der DIN EN 1998-1 (dort Tabelle NA.4) heranzuziehen:

[1] ab etwa 20 m Tiefe

[2] oberflächennahe Schicht des Untergrunds mit einer Tiefe von 3 bis etwa 20 m

Untergrundverhältnisse	S	T_B s	T_C s	T_D s
A-R	1,00	0,05	0,20	2,0
B-R	1,25	0,05	0,25	2,0
C-R	1,50	0,05	0,30	2,0
B-T	1,00	0,1	0,30	2,0
C-T	1,25	0,1	0,40	2,0
C-S	0,75	0,1	0,50	2,0

Nach der bauaufsichtlich noch nicht zugelassenen **DIN EN 1998-1-NA (Juli 2021)** sind die gleichen Untergrund- und Baugrundklassen wie oben angegeben maßgeblich.
In Bezug auf die Baugrundeigenschaften wurden in der DIN folgende Änderungen vorgenommen:

- *die Referenz-Gefährdungskenngröße wurde neu definiert,*
- *Eingangsgrößen zur Beschreibung der seismischen Einwirkungen in Form des elastischen Antwortspektrums wurden für die Untergrundverhältnisse neu festgelegt,*
- *die Gefährdungszonenkarte der Bemessungsbeschleunigung wurde durch eine neue (in den Konturen veränderte) Karte der spektralen Antwortbeschleunigung (Fels mit v_s = 800 m/s) ersetzt; gleichzeitig wurde eine neue Definition eingeführt für Fälle sehr geringer Seismizität, bei denen die Regelungen der Normenreihe EN 1998 in der Regel nicht berücksichtigt werden müssen.*[3]

Der maßgebliche Gefährdungsparameter ist die spektrale Antwortbeschleunigung $S_{aP,R}$ im Plateaubereich des Antwortspektrums für das Untergrundverhältnis A-R. Die räumliche Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung im Plateaubereich $S_{aP,R}$ des Antwortspektrums ist in der Norm nur für die Referenz-Wiederkehrperiode T_{NcR} = 475 Jahre kartografisch in Abb. NA.1 der Norm wiedergegeben. Für die anderen Wiederkehrperioden (975 Jahre und 2475 Jahre) wird auf den Normtext verwiesen.

Für das Projektgebiet ergibt sich eine spektrale Antwortbeschleunigung in Höhe von

$$S_{aP,R} = 2{,}7864 \text{ m/s}^2$$

und ein Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung von

$$a_{gR} = 1{,}1596 \text{ m/s}^2.$$

[3] der kursive Text wurde aus der Norm zitiert

Für die horizontalen elastischen Antwortspektren gelten die in den folgenden beiden Tabellen aufgeführten Parameter.

DIN EN 1998 Tabelle NA.1: Kontrollperioden zur Beschreibung des elastischen horizontalen Antwortspektrums (T_{NCR} =475 Jahre)

Untergrundverhältnis	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A-R	0,10	0,20	2,00
B-R	0,10	0,25	2,00
C-R	0,10	0,30	2,00
B-T	0,10	0,25	2,00
C-T	0,10	0,40	2,00
B-S	0,10	0,40	2,00
C-S	0,10	0,50	2,00

DIN EN 1998 Tabelle NA.2: Bodenparameter S zur Beschreibung des elastischen horizontalen Antwortspektrums

Spektralbeschleunigung $S_{aP,R}$ m/s²	Bodenparameter S^a Untergrundverhältnis					
	A-R	B-R	C-R	B-T	C-T	C-S
$S_{aP,R} \leq 1,0$	1,00	1,25	1,50	1,05	1,45	1,30
$1,0 < S_{aP,R} \leq 2,0$	1,00	1,20	1,30	1,00	1,25	1,15
$S_{aP,R} > 2,0$	1,00	1,20	1,15	1,00	1,10	0,95

[a] Für das Untergrundverhältnis B-S darf der Bodenparameter S wie bei C-S angenommen werden.

Für die vertikalen elastischen Antwortspektren gelten die Parameterwerte nach DIN EN 1998 Tabelle NA.3:

Relation a_{vg}/a_g	Bodenparameter S	Kontrollperioden T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
0,70	1,0	0,05	0,20	1,20

Aktive Störungszonen

Nach der Geol. Kt. 1 : 100.000 sind im Untergrund keine heute noch aktiven Störungszonen vorhanden.

3.4 Grundwasser

Grundwasseroberfläche

In den Sondierungen wurde kein Grundwasser angetroffen.

Durch die Nähe des Projektgebietes zum Tagebau Inden ist der Grundwasserstand dztg. durch die betriebenen Sümpfungsmaßnahmen der RWE Power AG beeinflusst. Die bergbauunbeeinflußte Grundwasseroberfläche vom Oktober 1955 liegt zwischen ca. 105 m ü.NHN im NW und ca. 103 m ü.NHN im SE der Fläche (GW-Gleichenplan Erftverband). Sehr hohe Grundwasserstände liegen etwa 2 m darüber (Angabe RWE 2017, zit. in Geot. Büro 2017); die Werte bei sehr hohen Grundwasserständen betragen somit etwa 105 bis 107 m ü.NHN. Die Flurabstände bei sehr hohen Grundwasserständen betragen etwa 18 m im NW und 13 m im SE der Fläche. Nach Auslaufen des Tagebaus Inden und Abschluss der Sümpfungsmaßnahmen wird in den nachfolgenden Jahrzehnten der Grundwasserspiegel wieder auf das ehemalige unbeeinflusste Niveau ansteigen.

Durchlässigkeit

In den rolligen Kippenböden wurden im Bereich der 2 dztg. angedachten Versickerungsstandorte im NE und E der Fläche die Durchlässigkeiten in 5 Auffüllversuchen in KRB V1 bis KRB V6 nach EARTH-MANUAL ermittelt. Die Durchlässigkeiten liegen zwischen $K = 6{,}1 * 10^{-6}$ m/s und $2{,}2 * 10^{-5}$ m/s (Anl. 4), im geometrischen Mittel bei $K = 1{,}0 * 10^{-5}$ m/s. Unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors von 2 für Feldversuche nach DWA A 138 beträgt der geom. Mittelwert $K = 2{,}0 * 10^{-5}$ m/s,

Zusätzlich wurden die Durchlässigkeiten anhand von Kenngrößen der Kornverteilungen nach BEYER errechnet. Hierbei wurde eine mitteldichte Lagerung der Sedimente angenommen. Für 5 (Misch)Proben aus den o.g. KRB wurden unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors von 0,2 nach DWA A 138 Durchlässigkeitsbeiwerte von $K = 9{,}2 * 10^{-6}$ bis $3{,}7 * 10^{-5}$ m/s, im geometrischen Mittel von $K = 2 * 10^{-5}$ m/s errechnet (s. Tab. 1).

Die Durchlässigkeiten nach beiden Verfahren liegen somit eng zusammen, für hydraulische Berechnungen kann ein mittlerer Wert von $K = 2 * 10^{-5}$ m/s angesetzt werden.

Wasserwirtschaft

Das Projektgebiet liegt nicht in einem ausgewiesenen oder geplanten Trinkwasserschutzgebiet, weiterhin nicht in einem festgesetzten Überschwemmungsgebiet.

Tab. 1: Durchlässigkeiten der rolligen Kippenböden (aus Kenngrößen der Kornverteilung nach BEYER für mitteldichte Lagerung berechnet)

KRB-Nr.	Tiefe (m u.GOK)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	U (-)	K-Wert (m/s) mitteldichte Lagerung	K-Wert (m/s) mit Korrekturfaktor 0,2 nach DWA A 138
KRB V1	2,8 - 4,8	0,15	2,61	17,9	1,4E-04	2,9E-05
KRB V2	2,8 - 5,0	0,14	0,8	5,6	1,7E-04	3,3E-05
KRB V3	3,2 - 5,0	0,08	1,02	12,8	4,6E-05	9,2E-06
KRB V5	2,5 - 4,5	0,16	1,97	12,3	1,8E-04	3,7E-05
KRB V6	2,8 - 5,0	0,08	0,69	8,6	4,9E-05	9,9E-06
Geometrischer Mittelwert						**2,0E-05**

3.5 Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen, der Bodenansprache sowie Erfahrungswerten wird die aufgeschlossene Schichtenfolge wie folgt beurteilt:

Auffüllungen

Für die oberflächennah aufgebrachte **Rekultivierungsschicht** ist aus den Schlagzahlen der Schweren Rammsonde von N_{10} = 1 bis 6 für 10 cm Eindringung (Median: N_{10} = 2) eine nur weiche oder sehr weiche, nur örtlich eine steife Konsistenz abzuleiten. Die Böden sind damit nur eingeschränkt tragfähig.

Die Konsistenz der Rekultivierungsschicht kann oberflächennah saisonal unterschiedlich sein: im wasserwirtschaftlichen Winterhalbjahr mit ausgeprägter Grundwasserneubildung ist, wie zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen, mit wassergesättigten Böden und weicher Konsistenz zu rechnen, gegen Mitte/Ende des Sommerhalbjahres mit i.d.R. erdfeuchten Böden und mit eher steifer Konsistenz.

Die (überwiegend rolligen) **Kippenböden** sind häufig mitteldicht, örtlich aber auch über größere Teufenbereiche nur locker gelagert. V.a. in Tiefen zwischen ca. 3 m und 5 m sind örtlich, vermutlich in ehem. Absetzerebenen, dicht gelagerte Schichten eingeschaltet.

In Abb. 3 sind die Schlagzahlen der Schweren Rammsonde in den Kippenböden bis in 10 m Tiefe halblogarithmisch dargestellt. Es zeigt sich folgendes:

- Die Minima jeder Teufenstufe liegen i.d.R. bei N_{10} = 1 bis 2 für 10 cm Eindringung. Hieraus läßt sich eine nur lockere Lagerung der Böden ableiten.
- Die Maxima jeder Teufenstufe liegen i.d.R. bei N_{10} > 6 bis 40 (mitteldichte bis sehr dichte Lagerung)
- Die Medianlinie verläuft überwiegend im Bereich lockerer Lagerung, insbesondere nahe der Oberfläche der Kippenböden auch im Bereich mitteldichter Lagerung.

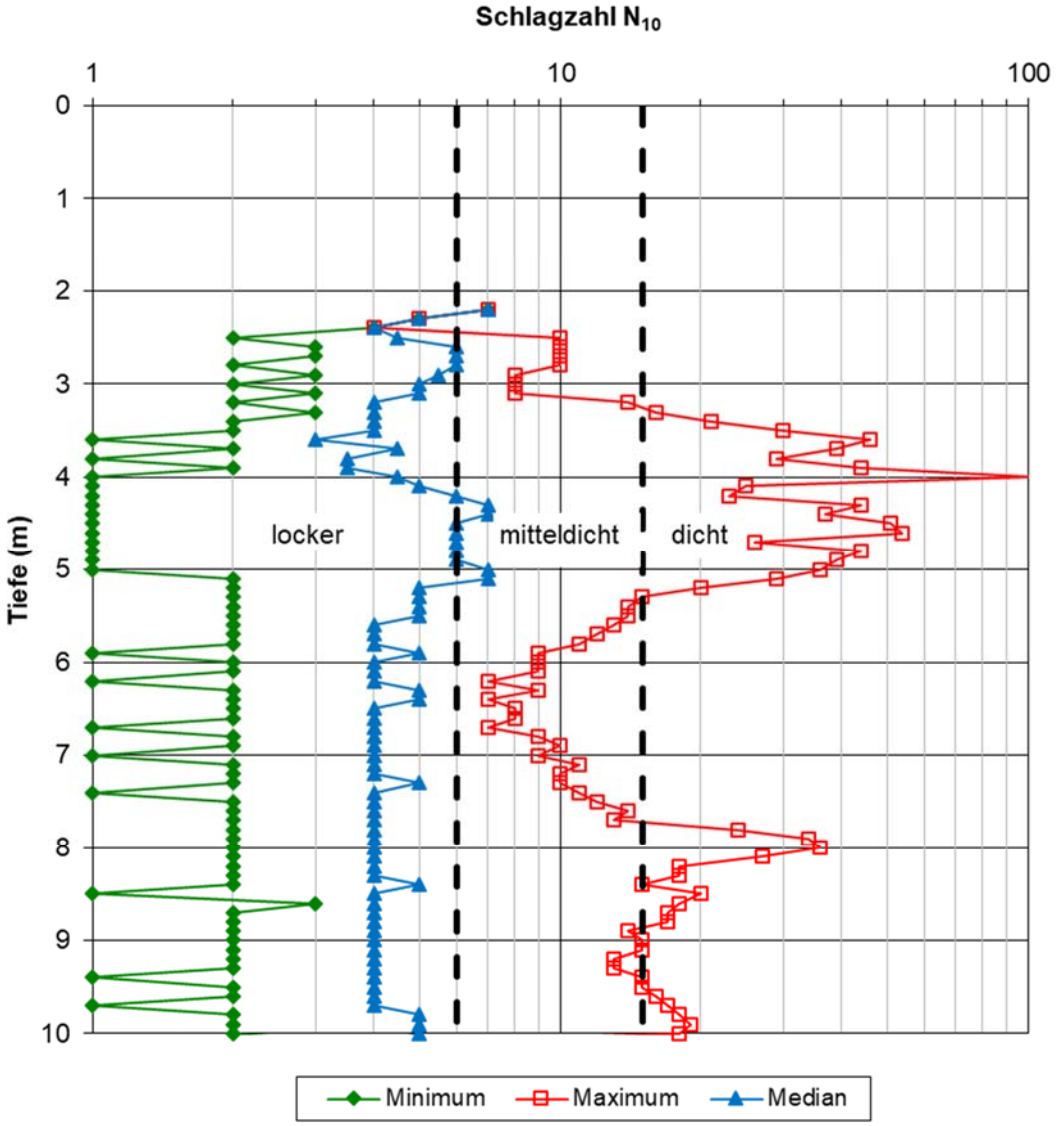


Abb. 3: Auswertung der Schlagzahlen N_{10} der Schweren Rammsondierungen DPH in den Kippenböden

3.6 Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostempfindlichkeit

Für die im Baubereich anstehenden Bodenarten lassen sich die in Tab. 2 aufgeführten Bodengruppen (DIN 18196) und Bodenklassen (2012) (DIN 18300 und DIN 18301) angeben. Ferner werden die einzelnen Bodenschichten nach ihrer Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB 17) beurteilt.

Tab. 2: Bodengruppen, alte Bodenklassen und Frostempfindlichkeit der anstehenden Bodenarten

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300 (2012)	Bodenklasse DIN 18301 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
Rekultivierungsboden	TM, TL, UL	4	BB 2, (BB 1)	sehr frostempfindlich (F 3)
Kippenböden	SW, SU, SE, (GW, GU, TL, TM)	3, (4)	BN 1, BN 2, (BB 2)	nicht – sehr frostempfindlich (F 1 - F 3)

( ) in Spalten 2 - 4 = örtlich, untergeordnet

Die Schluffe der Auffüllungen sind wasserempfindlich, d.h. sie weichen bei Wasserzutritt und/oder dynamischer Beanspruchung unter Festigkeitsverlust auf und können in einen Boden mit Fließeigenschaften übergehen.

3.7 Mittlere Bodenkennwerte

Nach den Ergebnissen der Materialansprache und der Rammsondierungen können den im Gründungsbereich anstehenden Böden folgende mittlere charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte sowie nach DIN 1055, T2) zugeordnet werden:

Tab. 3: Mittlere charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Wichte γ_K [KN/m³]	Steifemodul $E_{s,K}$ [MN/m²]	Reibungswinkel φ'_K [°]	Kohäsion c'_K [KN/m²]
Rekultivierungsboden	i.M. 19	i.M. 5	22,5 – 27,5 i.M. 25	i.M. 5
Kippenböden	18 – 20, i.M. 19	10 - 100 i.M. 25	i.M. 32,5	0

3.8 Homogenbereiche

Die Kennwerte und Eigenschaften aller Schichten sind in Tab. 4 zusammengestellt.

Tab. 4: Kennwerte und Eigenschaften der Schichten

Eigenschaften / Kennwerte	Norm	Rekultivierungsboden	Kippenböden
Tonmassenanteil [%]	DIN 18123	5 - 20	0 - 10 (70)
Schluffmassenanteil [%]	DIN 18123	65 - 90	2 - 20 (60)
Sandmassenanteil [%]	DIN 18123	2 - 20	10 - 90
Kiesmassenanteil [%]	DIN 18123	0 - 2	0 - 70
Massenanteil an Steinen [%]	DIN EN ISO 14688-2	0	0 - 5
Massenanteil Blöcke [%]		0	0
Massenanteil große Blöcke [%]		0	0
Wichte, feucht [KN/m³]	DIN 18125-2	19 - 20,5	18 - 21
Wichte, unter Auftrieb [KN/m³]		9 - 10,5	10 - 13
Kohäsion [KN/m²]	DIN 18121	0 - 5	0 (-10)
undränierte Scherfestigkeit [KN/m²]	DIN 18136	0 - 50	-
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1	5 - 25	8 - 15
Konsistenz	DIN EN ISO 14688-1	sehr weich bis steif	(weich bis halbfest)
Konsistenzzahl [1]	DIN 18122-1	0,2 - 1	(0,5 - 1,25)
Plastizität	DIN EN ISO 14688-1	gering	(gering - mittel)
Plastizitätszahl [1]	DIN 18122-1	0,05 - 0,2	(0,05 - 0,5)
Lagerungsdichte	DIN 18126	-	locker - dicht
Organischer Anteil [%]	DIN 18128	0 - 3	0 - 5
Abrasivität	NF P18-579	schwach	mittel bis stark
Bodengruppe	DIN 18196	TM, TL, UL	SW, SU, SE, (GW, GU, TL, TM)

in Klammern: untergeordnet

Die hier relevanten Schichten werden je nach DIN-Norm zu verschiedenen Homogenbereichen nach VOB/C (2016) zusammengefasst (s. Tab. 5). Bei der Festlegung der Homogenbereiche wurde von dem Einsatz leistungsfähiger Großgeräte ausgegangen.

Tab. 5: Homogenbereiche für DIN 18 300 - Erdbau, Lösen (GK 2, GK 3), DIN 18 301 - Bohrarbeiten und DIN 18 304 - Ramm-, Rüttel-, Verpressarbeiten

Schicht	**Homogenbereiche**		
	DIN 18300 Erdarbeiten-Lösen	DIN 18301 Bohrarbeiten	DIN 18304 Ramm-, Rüttel-, Verpressarbeiten
Rekultivierungsboden	LÖS - I	BOHR - I	RRP - I
Rollige Abraumkippe			RRP - II

3.9 Ramm- und Bohrbarkeit

Die Bohr- und Rammbarkeit ist nach vorliegenden Erfahrungswerten in allen Schichten grundsätzlich gegeben. In den Kippenböden können die Rammwiderstände lokal (in den ehemaligen Absetzerebenen) deutlich zunehmen, sodass Rammhilfen oder Lockerungsbohrungen erforderlich werden. In Auffüllungen sind Steine als Rammhindernisse grundsätzlich nicht auszuschließen.

4 Gründung

4.1 Geplante Gründungstiefen, Gründungsboden

Bei nicht unterkellerten Gebäuden ist die Gründungstiefe bei einer hinsichtlich der Frostsicherheit anzusetzenden Mindestfundamenthöhe bei mind. 0,8 m unter GOK zu erwarten.
Das Gründungsniveau liegt damit bei Lage der Oberkante Fertigfußboden Erdgeschoss etwa auf der Höhe des heutigen Geländes im nur eingeschränkt tragfähigen Rekultivierungsboden.

4.2 Empfehlung zur Gründung

Grundsätzlich ergeben sich mit zunehmenden Bauwerkslasten und –größen auch eine Zunahme der Einwirktiefe der Last. Aus diesem Grunde kommen für die Bebauung ehemaliger Tagebaue bevorzugt leichte Bauweisen in Betracht.

Bei **kleinen Lasten** ist grundsätzlich eine Flachgründung nach konstruktiven Erfordernissen möglich.

Stehen im Gründungsniveau Böden von mindestens steifer Konsistenz an (dies kann saisonal und örtlich unterschiedlich sein, s. Kap. 3.5), kann eine Gründung über Streifenfundamente erfolgen.

Für Streifenfundamente mit Fundamentbreiten zwischen 0,5 m und 2,0 m können bei steifen Böden in Abhängigkeit von der Einbindetiefe die folgenden **aufnehmbaren Sohldrücke** σ_{zul} (nach EC 7 / DIN 1054/2010) bzw. **Sohlwiderstände** $\sigma_{R,d}$ (DIN 1054 (2010-12)) zugelassen werden (Tab. 6).

Tab. 6: Sohlwiderstände für Streifenfundamente bei steifen Böden der Bodengruppen UM, TL, TM nach DIN 18196 bei Fundamentbreiten zwischen 0,5 m und 2,0 m (DIN 1054)

kleinste Einbindetiefe des Fundamentes [m]	Bemessungswert des	
	aufnehmbaren Sohldruckes, σ_{zul} [kN/m²]	Sohlwiderstandes, $\sigma_{R,d}$ [kN/m²]
0,5	120	170
1,0	140	200
1,5	160	220
2,0	180	250

Für Einzelfundamente mit einem Seitenverhältnis a:b < 2 kann der Bemessungswert des Sohldruckes bzw. Sohlwiderstandes um 20% erhöht werden.

Alternativ ist die Ausführung einer konstruktiv bewehrten Bodenplatte über einer mindestens 0,5 m starken Polsterschicht möglich. Im Falle weicher Böden ist grobes, gut verzahnendes Material (Grobschlag, RCL) mittels statischer Verdichtung in die Aufstandsfläche einzuarbeiten.
Für die Polsterschicht kommen bevorzugt weitgestufte Sand-Kies-Gemische (z.B. Kiessande mit einer Körnung 0/32 (U > 7) oder Schotter-Splitt-Sand-Gemische mit einer Körnung 0/45 (U > 7) bzw. RCL-Material mit entsprechendem Eignungszeugnis und chemische Unbedenklichkeit in Frage. Stahlwerksschlacken und MV-Aschen scheiden grundsätzlich aus.
Das Kiespolster ist mit einem seitlichen Überstand über die Bodenplatte von mind. 0,15 m (an der Polsteroberfläche) lagenweise aufzubauen. Das Material ist auf mindestens 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die untere Lage des Polsters ist dabei statisch zu verdichten. In der Polsterschicht ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° zu berücksichtigen, der seitliche Überstand an der Polsterunterkante beträgt daher bezogen auf Polsteroberkante mind. 0,5 m (Überstand = Polsterstärke).
Für das Gründungspolster kann zur Vorbemessung ein Bettungsmodul k_s = 2,0 MN/m³ abgeschätzt werden.

Der Aushub ist bei trockener Witterung rückschreitend mit einer zahnlosen Baggerschaufel so vorzunehmen, dass das Baugrubenplanum nicht mehr befahren und in seiner Struktur nicht beeinträchtigt wird. Freigelegte Flächen sind umgehend mit einer Polsterschicht zu ballastieren und vor dem Aufweichen durch Niederschläge zu schützen.

Bei **mittleren Lasten** kommt dagegen nur ein Durchgründen in die rolligen Kippenböden in Betracht, bevorzugt über randliche Streifenfundamente mit einem Bodenaustausch aus Magerbeton (B10) bis auf die tragfähigeren Sande und Kiese. Der Magerbetonaustausch ist über die Fundamentbreite mit einem beidseitigen Überstand von d ≥ 10 cm auszuführen. Auf dem Magerbeton kann eine Sohlpressung von

$$\sigma_{zul} = 200 \text{ kN/m}^2$$

bzw. ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes gem. DIN 1054 (04/2021)

$$\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$$

zugelassen werden.
Die Gräben im Rekultivierungsboden sind sehr wahrscheinlich kurzzeitig standfest. Es sollten trotzdem nur kurze Grabenabschnitte ausgeführt werden, die unverzüglich mit Magerbeton aufzufüllen sind. Die Arbeiten sind bevorzugt bei trockener Witterung auszuführen, Oberflächenwasserzutritte sind zu verhindern.
Die maximale Grabentiefe sollte 2,5 m (in steifen Böden 3 m) nicht überschreiten. Bei größeren Mächtigkeiten des Rekultivierungsbodens sind andere Lösungen wie z.B. Brunnengründungen denkbar. Voraussetzung für beide Varianten ist eine mind. mitteldichte Lagerung der Kippenböden.

Weitere mögliche Sondergründungsmaßnahmen für **hochbelastete Fundamente** (z.B. Gründung über (schwebende) Bohrpfähle, Bodenverbesserung durch Rüttelstopfverdichtung (RSV) auf begrenzter Tiefe (schwebende Stopfpfahlverdichtung), Verbesserung der Auffüllung durch dynamische Intensivverdichtung (DYNIV) mittels Fallplatte) sind objektbezogen zu bewerten und nicht Teil dieser orientierenden Baugrunduntersuchung.
Tiefgründungen bis auf den gewachsenen Boden scheiden aufgrund der Mächtigkeit der Kippe von 24 m bis 55 m in den meisten Fällen aus.

Vor der Ausführung von Einzelvorhaben werden für das jeweilige Bauwerk angepasste Baugrunduntersuchungen und Setzungsberechnungen empfohlen.

4.3 Setzungen

4.3.1 Setzungen der Kippenböden

Die Setzungen von Innenkippen stellen Gesamtsetzungen dar, die sich aus der Superposition verschiedener Teilsetzungsbeträge des Lockergesteins ergeben. Aufgrund von Erfahrungswerten im Rheinischen Braunkohlenrevier lassen sich folgende Setzungsursachen angeben:

- Setzung des Liegenden der Kippe durch deren Auflast,
- Setzung der Kippe infolge Eigengewicht,
- Sonstige Setzungseinflüsse (z.B. Grundwasseranstieg, Erdbebeneinwirkungen),
- Setzung durch Auflasten aus der Bebauung.

Hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung von Konsolidationssetzungen von Kippenböden können näherungsweise die von LANGE (1979) angegebenen Beziehungen herangezogen werden. Danach ergibt sich für halblogarithmisch aufgetragene Zeit-Setzungslinie eine Steigung von

$$a = 0{,}37 * h + 9{,}25 \text{ [cm]}$$

mit h = Kippenmächtigkeit [m].

Der Zeitpunkt des Eintretens der Endsetzung (s < 1 cm) ergibt sich aus der Formel:

$$t_E = \frac{1}{10^{1/a} - 1}$$

Die Verfüllung des Tagebaus Zukunft wurde zum Großteil Mitte der 1960er Jahre abgeschlossen. Setzt man auf der sicheren Seite liegend die maximale Kippenmächtigkeit von 55 m an, wären die Konsolidationssetzungen der Kippenböden nach etwa 13 Jahren abgeschlossen.
Da der Zeitpunkt der Endverfüllung mind. 23 Jahre zurückliegt, können mit ausreichender Sicherheit für die Bausubstanz schädliche Kippen-Eigensetzungen ausgeschlossen werden.

Infolge des Grundwasserspiegelanstieges ist bei Braunkohlenkippen generell mit zusätzlichen Setzungen i.w. infolge von Materialumlagerungen vor allem von bindigen Böden zu rechnen. Als Größenordnung lässt sich ein Wert von 0,8 - 1,5 % der eingestauten Kippenhöhe h' angeben. Der Grundwasserspiegelanstieg im Projektgebiet ist noch nicht vollzogen. Die aus dem Grundwasserspiegelanstieg resultierenden Setzungen werden großflächig und relativ gleichmäßig auftreten. Mit gebäudeschädlichen Auswirkungen ist nicht zu rechnen.

Trotz der bereichsweise lockeren Lagerung der Kippenböden und bei der maximal anzusetzenden Oberflächenbeschleunigung im Lastfall Erdbeben ist nicht mit Bodenverflüssigungs-Effekten und Sackungserscheinungen zu rechnen.

4.3.2 Setzungen aus Bauwerkslasten

Unter Berücksichtigung der Angaben in Kap. 4.2 sind Setzungen zu erwarten, die für Hallen/Gebäude mit geringen Lasten nach derzeitigem Kenntnisstand als systemverträglich zu bewerten sind. Sie treten überwiegend als Rohbausetzungen auf.
In jedem Fall sind später objekt- und lastbezogene Setzungsberechnungen durchzuführen.

4.4 Unterbau Bodenplatte

Bei Gründung über Streifenfundamente oder bei Brunnengründungen ist unter dem Hallenboden ein Polster aus weitgestuften, verdichtungswilligen Böden (Bodengruppen GW-SW) in einer Stärke von 0,5 m lagenweise einzubauen. Hierbei ist die erste Lage statisch zu verdichten. Für die Polsterschicht kommen bevorzugt Schotter-Splitt-Sand-Gemische mit einer Körnung 0/45 (U > 7), ggf. auch weitgestufte Sand-Kies-Gemische (z.B. Kiessande mit einer Körnung 0/32 (U > 7) bzw. RCL-Material mit entsprechendem Eignungszeugnis und chemische Unbedenklichkeit in Frage. Stahlwerksschlacken und MV-Aschen scheiden grundsätzlich aus.
Auf Oberkante Polster kann bei steifem Lehm im Planum ein E_{v2}-Wert von ca. 80 MN/m² erzielt werden. Sollte ein höherer Wert gefordert sein (z.B. bei Verwendung einer Faserbewehrung für die Bodenplatte) oder die Schichten im Erdplanum weich sein, ist die Stärke der ungebundenen Tragschicht gem. Abb. 4 (in Kap. 5.7) zu erhöhen.
Es wird empfohlen, die endgültige Tragschichtdicke bei Baubeginn anhand eines Probefeldes festzulegen.

5 Hinweise für die Bauausführung

5.1 Wasserhaltung

Für den Bedarfsfall ist eine offene Wasserhaltung vorzuhalten, da Niederschlagswasser nicht schnell genug versickert.

Oberflächenwasserzuflüsse aus dem Umfeld in die offene Baugrube sind zu verhindern.

5.2 Abdichtung, Dränung

Bei nicht unterkellerten Gebäuden ist die Bodenplatte nach DIN 18 533 der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (Bodenfeuchtigkeit) zuzuordnen. Unter der Bodenplatte ist eine Polsterschicht nach Kap. 4.2 oder 4.3 einzubauen, die an der Oberfläche als kapillarbrechende Schicht (d $\geq$ 15 cm) auszubilden (z.B. mit schlufffreiem Material der Bodengruppen SW, GW) und an der Oberseite mit einer Baufolie abzudecken ist.

Bei unterkellerten Gebäuden können sich nach DIN 18 533 bei Durchlässigkeitsbeiwerten K ≤ 1 * 10^{-4} m/s (Reku-Boden: K ≤ 1 * 10^{-6} m/s) im Arbeitsraum versickernde Niederschlagswässer temporär aufstauen. Diese rel. geringen Wassermengen können mit einer Bauwerksdränung nach DIN 4095 mit Ableitung in den Kanal beherrscht werden. Bei Ausführung einer Dränage genügt ein Schutz der aufgehenden Kellerwände und Bodenplatte gegen Bodenfeuchtigkeit und nicht drückendes Wasser (Wassereinwirkungsklasse W1-E nach DIN 18 533). Voraussetzung ist eine Verfüllung der Arbeitsräume mit stark durchlässigen Böden, z. B. Kies-Sande. In dem Fall ist unter der Bodenplatte eine kapillarbrechende Schicht (d $\geq$ 15 cm) einzubauen und diese an der Oberseite mit einer Baufolie abzudecken.
Wird einer Dränung behördlicherseits nicht zugestimmt sind Schutzmaßnahmen gegen drückendes Wasser (Wassereinwirkungsklasse W2.1-E nach DIN 18 533) erforderlich (z.B. Ausführung einer weißen Wanne in Stahlbeton bis zur GOK).

5.3 Baugrubenböschungen

Die anstehenden Böden sind bis zu einer Höhe von 5 m ohne rechnerischen Nachweis gem. DIN 4124 unter 45° (bei weicher Konsistenz) bzw. unter 60° (bei steifer Konsistenz) standsicher. Dies gilt jedoch nur für nicht belastete Böschungsschultern.

Bei längeren Standzeiten sind die Böschungen mit Baufolien gegen Niederschläge zu schützen.

5.4 Erdarbeiten / Aushubsohle / Verfüllen von Arbeitsräumen

Für die Ausführung der Erdarbeiten sind die Vorschriften der ZTVE-StB 17 maßgebend.
Der Einbau des Materials und die erzielte Verdichtung sind laufend zu überprüfen.
Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

Organische Oberböden sind vor dem Aufbringen der Tragschichten vollständig abzuschieben.

Der Bodenaushub sollte erst unmittelbar vor Baubeginn, möglichst bei trockener Witterung, erfolgen. Der Aushub ist rückschreitend mit einer zahnlosen Baggerschaufel so vorzunehmen, dass das Planum nicht mehr befahren und in seiner Struktur nicht beeinträchtigt wird.

Freigelegte Flächen auf bindigen Böden sind umgehend mit einer Polsterschicht zu ballastieren und vor dem Aufweichen durch Niederschläge zu schützen (unter Streifenfundamenten o.ä. durch das Aufbringen einer Sauberkeitsschicht).

Wo das Gelände befahren werden muss (Zufahrten, Materiallagerplatz) müssen Baustraßen angelegt werden. Hierzu ist nach dem Abschieben des Oberbodens eine Lage aus grobem, gut verzahnendem Material (Schotter, RCL o.ä.) aufzubringen und diese statisch einzubauen. Darüber kann im Bereich der Verkehrsflächen der Aufbau der weiteren Tragschichten mittels schwerer Rüttelplatte erfolgen.

Im Bereich von Verkehrsflächen (Zufahrten, Parkplätze) ist der Lößlehm durch weitgestuftes verdichtungswilliges und frostsicheres Material bis in eine Tiefe von mind. 60 cm u. GOK zu ersetzen.

5.5 Wiederverwendbarkeit des Bodenaushubs

Der Reku-Boden (umgelagerter Lößlehm) und die bindigen Böden in der Abraumkippe kommen aufgrund der Wasser- und Frostempfindlichkeit für den Wiedereinbau im Arbeitsraum oder für den Wiedereinbau direkt unter den Verkehrsflächen nicht in Betracht. Stattdessen kann das Material z.B. zur Profilierung der Geländeoberfläche in Bereichen verwendet werden, in denen keine größeren Lasten zu erwarten sind (z.B. seitliche Aufwallungen entlang von Wegen und Grundstücken).
Die Wiederverwendbarkeit der rolligen Kippenböden ist aus bodenmechanischer Sicht grundsätzlich gegeben.

5.6 Chemische Beschaffenheit des Bodenaushubs

Von den Auffüllungen wurden je 2 Mischproben des Rekultivierungsbodens und der Kippenböden auf die Parameter nach ErsatzbaustoffV, Anl. 1, Tab. 3 untersucht:

Rekultivierungsboden

MP 1: Mischprobe aus Proben A1/1+A2/1+B1/1+B2/1+B3/1+C1/1+C3/1

MP 2: Mischprobe aus Proben A4/1+S3/3+B5/1+C4/1+V1/1+V2/1+V5/1

Kippenböden

MP 3: Mischprobe aus Proben A2/2+A4/3+B2/2+B3/2+C2/2+S2/2

MP 4: Mischprobe aus Proben A4/3+B4/2+B5/2+S1/5+S3/2

Die Zahl vor dem Schrägstrich bezeichnet die KRB-Nr., die Zahl danach die Probenummer. Die Entnahmetiefen der Proben sind der Anl. 3 zu entnehmen.

Die Untersuchungsergebnisse werden hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit nach ErsatzbaustoffV beurteilt. Die wesentlichen Untersuchungsergebnisse sind in Tab. 7 zusammengestellt, wobei die Zuordnungen gemäß der verschiedenen Grenzwerte farblich hervorgehoben sind. Die vollständigen Einzelanalysen sind in der Anl. 6 dokumentiert.

Rekultivierungsboden: Eine Mischprobe ist als BM-0 Lehm, die andere alleine aufgrund der PAK im Eluat als BM-F1 einzustufen.
Kippenboden: Eine Mischprobe ist als BM-0 Sand, die andere alleine aufgrund der Leitfähigkeit zunächst als BM-F3 einzustufen. Die Grenzwerte der Leitfähigkeit sind nach der Fußnote in der ErsatzbaustoffV als stoffspezifische Orientierungswerte angesehen, bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen. Ursächlich könnte hier der vergleichsweise hohe Sulfat-Wert sein, der jedoch den Grenzwert BM-0 Sand einhält.

Nach den vorliegenden Untersuchungen sind die Auffüllungen dem Abfallschlüssel 17 05 04 (Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen) zuzuordnen (Abfallschlüssel gemäß der Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis - Abfallverzeichnisordnung (AVV) vom 10.12.2001).

Tab. 7: Ergebnisse der Analysen (Auszug) und Zuordnungswerte nach Ersatzbaustoffv

Bezeichnung	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	BM-0 BG-0 Sand	BM-0 BG-0 Schluff, Lehm	BM-0 BG-0 Ton	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
	Boden	Reku-Boden	Reku-Boden	Kippenboden	Kippenboden								
Einstufung als		**BM-0 Lehm**	**BM-F1**	**BM-F3**	**BM-0 Sand**								
Physikalisch-chem. Kenngrößen aus dem 2:1-Schütteleluat													
pH-Wert		8,0	7,8	8,5	8,5					6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	313	310	556	210				350	350	500	500	2000
Anionen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-1													
Sulfat (SO4)	mg/l	10	21	140	7,5	250	250	250	250	250	450	450	1000
Elemente aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-													
Arsen (As)	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1				8	12	20	85	100
Blei (Pb)	µg/l	4	< 1	< 1	< 1				23	35	90	250	470
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3				2	3	3	10	15
Chrom (Cr)	µg/l	1	< 1	1	< 1				10	15	150	290	530
Kupfer (Cu)	µg/l	2	3	< 1	< 1				20	30	110	170	320
Nickel (Ni)	µg/l	2	< 1	< 1	< 1				20	30	30	150	280
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1				0,1				
Thallium (Tl)	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2				0,2				
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10				100	150	160	840	1600
PAK aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12													
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	µg/l	0,017	0,509		0,013								
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 202	µg/l		0,484		0,013				0,2	0,3	1,5	3,8	20
Summe Naphthalin + Methylnaphthaline nach	µg/l	0,027	0,315	0,005	0,008				2				
PCB aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12													
Summe 6 PCB nach EBV: 2021	µg/l	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)								
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	µg/l	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)				0,01				
Zusätzliche Messungen: Elemente aus dem Königswassera													
Arsen (As)	mg/kg TS	8,0	7,8	5,2	5,1	10	20	20	20	40	40	40	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	13	32	11	9	40	70	100	140	140	140	140	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	0,3	< 0,2	< 0,2	0,4	1	1,5	1	2	2	2	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	25	25	15	15	30	60	100	120	120	120	120	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	12	41	7	9	20	40	60	80	80	80	80	320
Nickel (Ni)	mg/kg TS	23	25	15	14	15	50	70	100	100	100	100	350
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,5	1	1	1	2	2	2	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	44	176	32	27	60	150	200	300	300	300	300	1200
Zusätzliche Messungen: Organische Summenparameter au													
TOC	Ma.-% TS	0,3	0,6	< 0,1	0,1	1	1	1	1	5	5	5	5
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1	1	1				
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40				300	300	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40				600	600	600	600	2000
Zusätzliche Messungen: PAK aus der Originalsubstanz													
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,3	0,3	0,3					
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	mg/kg TS				0,050	3	3	3	6	6	6	6	30
Zusätzliche Messungen: PCB aus der Originalsubstanz													
Summe 6 PCB nach EBV: 2021	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	0,05	0,05	0,05	0,1				

n.b. : nicht berechenbar
BM: Bodenmaterial, BG: Baggergut

Da Kleinrammbohrungen nur punktuelle Bodenaufschlüsse sind, sind bei in Baugrunduntersuchungen üblichen Aufschlussabständen insbesondere hinsichtlich der Verbreitung, Ausbildung

und Mächtigkeit von Auffüllungen sowie deren chemischer Beschaffenheit Abweichungen zu den nicht untersuchten Bereichen möglich und wahrscheinlich.

5.7 Anlage von Straßen

Die oberflächennah anstehenden Lehme sind sowohl wasser- als auch frostempfindlich. Sie sind daher im Bereich der Fahr- und Parkflächen gegen geeignetes, insbesondere auch frostsicheres Material auszutauschen. Die Stärke der ungebundenen Tragschicht hängt sowohl von der Ausgestaltung der Parkplatz- und Straßenflächen als auch von der Tragfähigkeit der oberflächennah anstehenden Bodenschichten ab. Ein frostsicherer Straßenunterbau erfordert jedoch eine Mindeststärke von 60 cm unter Fahrbahnoberkante.

Die Stärke des Bodenaustausches ist nur grob abzuschätzen, sie ist auf der Grundlage von Plattendruckversuchen in einem Probefeld vor Beginn der Arbeiten festzulegen. Nach Erfahrungswerten an anderen Standorten ist auf dem weichen Lößlehmplanum von einem E_{V2} < 25 MN/m² auszugehen. Die Stärke der ungebundenen Tragschicht kann in Abhängigkeit von diesem Wert und nach Erfordernis für den nach RStO geforderten Wert auf der ungebundenen Tragschicht aus dem folgenden Diagramm (Abb. 4) abgegriffen werden. Im Falle weicher Böden ist eine Lage Grobschlag in das Planum statisch einzuwalzen.

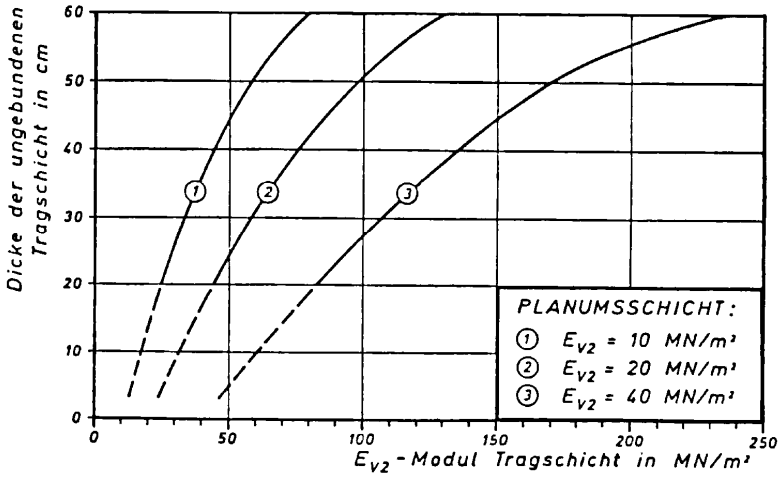


Abb. 4: Stärke der ungebundenen Tragschicht in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit des Erdplanums und des nach RStO erforderlichen Wertes

Nach der ZTVE StB 17 ergeben sich für die verschiedenen Bodenarten und die unterschiedlichen Tiefen unter dem Planum die Anforderungen nach Tab. 8.

Tab. 8: Anforderungen an das 10%-Mindestquantil[4] für den Verdichtungsgrad D_{Pr} bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil n_a

	Bereich	Bodengruppen	D_{Pr} in %	n_a in Vol-%
1	Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und bis 0,5 m bei Einschnitten	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	100	-
2	1,0 m unter Planum bis Dammsohle	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	98	-
3	Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	$G\bar{U}$, $G\bar{T}$, $S\bar{U}$, $S\bar{T}$ U, T, OU, OT	97	12 [1)]

[1)] bzw. 8 Vol-% bei Einbau nicht verfestigter bzw. nicht qualifiziert verbesserter wasserempfindlicher o.g. Böden, bzw. 6 Vol-% bei Einbau von veränderlich festen Gesteinen

Wird der E_{V2}-Modul auf einer frostsicheren Planumsschicht nachgewiesen, so ist auch der Verhältniswert der Verformungsmoduln E_{V2}/E_{V1} zu überprüfen. Als Kriterium gilt:

$$E_{V2}/E_{V1} \leq 2{,}2 \quad \text{für } D_{Pr} \geq 103\ \%$$
$$\leq 2{,}5 \quad \text{für } 100 < D_{Pr} < 103\ \%$$

Der Einbau des Materials und die erzielte Verdichtung sind laufend zu überprüfen. Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

5.8 Kanäle und Schächte

Die Aushubsohle der Leitungsgräben (angenommen: 1 bis 2 m Tiefe) unter der Erschließungsstraße liegt im Rekultivierungsboden. Dessen Unterkante auf dem Schnitt S-S‘ (Anl. 2.4) liegt bei 2,6 bis 3,3 m unter GOK.
Bei größeren Kanaltiefen an der Grabensohle zu erwartende (rollige) Kippenböden sind nachzuverdichten.
Im Bereich der bindigen Böden ist bei steifer Konsistenz als Rohrauflager vorzugsweise ein Sandpolster in einer Stärke von mind. 15 cm auszuführen.

[4]) Das Mindestquantil ist das kleinste zugelassene Quantil (früher: Fraktile), unter dem nicht mehr als der vorgegebene Anteil von Merkmalswerten (z.B. für den Verdichtungsgrad) der Verteilung zugelassen ist.

Bei weichen Böden und / oder einer Bauausführung in einer nassen Jahreszeit kommt unter dem Sandpolster die Ausführung einer Magerbetonschicht (B10, Stärke ≥ 3 cm) auf der Grabensohle in Betracht. Die Sauberkeitsschicht sollte dabei möglichst direkt nach dem Freilegen der Grabensohle als Schutz des Planums vor dem Aufweichen eingebracht werden. Sie bietet auch bei der Verdichtung der Leitungszone einen ausreichend festen Untergrund.
In diesem Zusammenhang wird auf die Wasserempfindlichkeit / Witterungsempfindlichkeit der bindigen Böden besonders hingewiesen.

Oberhalb der Leitungszone ist im Bereich des Straßenraumes eine sackungsfreie Verfüllung erforderlich, es ist ein Verdichtungsgrad von D_{Pr} ≥ 97 % einzuhalten. Für die Verfüllung ist verdichtungswilliges Material zu verwenden und lagenweise einzubringen und zu verdichten (ZTVE StB-17 und "Merkblatt für die Bodenverdichtung im Straßenbau"). Es sind vorzugsweise weitgestufte Sand-Kies-Gemische (z.B. Grubenkies oder gleichwertiges RCL- Material) zu verwenden, das auch die Anforderungen an eine Frostschutzschicht und die ungebundene Tragschicht erfüllt.

Für die Ausführung der Erdarbeiten sind die Vorschriften der ZTVE-StB 17 maßgebend. Hinsichtlich der Ausführung der Grabenverfüllung der Leitungszone und Hauptverfüllung wird auf die Vorgaben der ZTVA-StB '12, des Arbeitsblattes DWA-A 139 und der DIN EN 1610 verwiesen. Der erzielte Verdichtungsgrad ist im Rahmen der Eigen- und Kontrollprüfungen nachzuweisen.

Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

Zur Vermeidung von Setzungsdifferenzen sind die Schachtbauwerke analog zu den Kanalrohren auf einer 15 cm starken Polsterschicht zu gründen, sofern in der Aufstandsfläche weiche Böden angetroffen werden. Unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° ist der Bodenaustausch unter den Schachtbauwerken mit einem seitlichen Überstand zur Schachtaußenkante von mindestens dem einfachen Wert der Austauschschicht (d.h. 15 cm) herzustellen. Bei Böden mit mindestens steifer Konsistenz kann auf einen Bodenaustausch verzichtet werden.

Auf dem Polster bzw. dem steifen Lößlehm kann eine Sohlpressung von

$$\sigma_{zul} = 150 \text{ kN/m}^2$$

bzw. ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes gem. DIN 1054 (2010-12)

$$\sigma_{R,d} = 210 \text{ kN/m}^2$$

zugelassen werden.

5.9 Versickerung von Niederschlagswässern

Die Durchlässigkeiten des **Rekultivierungsbodens** liegen erfahrungsgemäß deutlich unterhalb des in DWA-A 138 empfohlenen Minimalwertes von $K = 1 * 10^{-6}$ m/s. Nach DWA M 153 sollte für zentrale Versickerungsanlagen ein K-Wert von $K = 1 * 10^{-5}$ m/s nicht unterschritten werden. Eine Versickerung kommt daher in diesen Schichten nicht in Betracht.

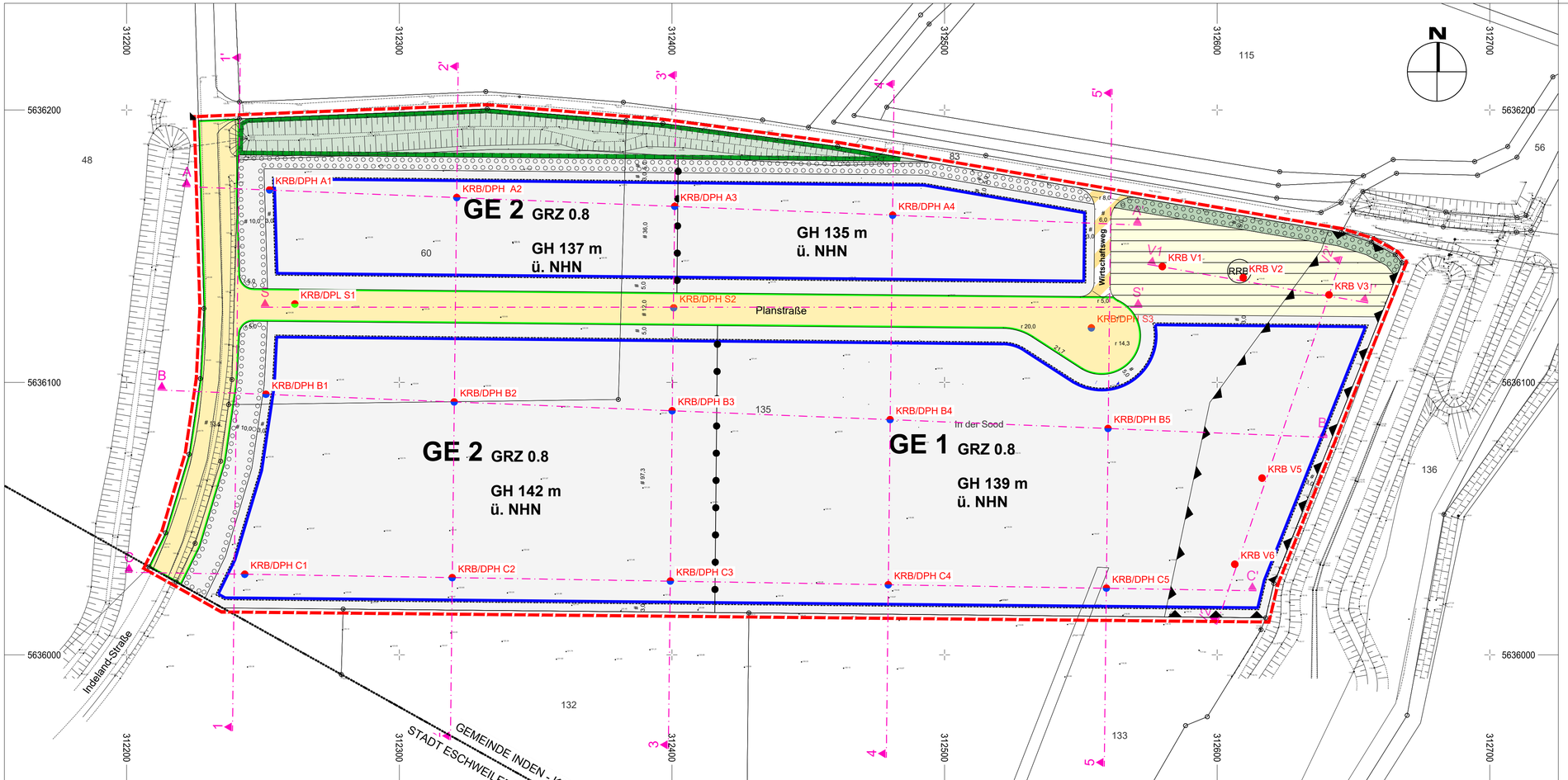
Die Auffüllungen der **rolligen Kippenböden** hingegen sind bei einem mittleren K-Wert von $K = 2 * 10^{-5}$ m/s für eine Versickerung grundsätzlich geeignet. Auf die generell denkbaren Inhomogenitäten in Auffüllungen wird jedoch hingewiesen. Die Oberkante der rolligen Kippenböden liegt im Bereich der zwei angedachten Versickerungsstandorte bei etwa 2,5 bis 3,2 m u. dztg. GOK bzw. bei 115 bis 117 m ü.NHN (s. Anl. 2.5).

Die Flurabstände bei sehr hohen Grundwasserständen betragen etwa 18 m im NW und 13 m im SE und sind damit kein limitierender Faktor für die Sohltiefen üblicher Versickerungsbauwerke (der Abstand Sohle Versickerungsbauwerk zum mittleren höchsten Grundwasser muss mindestens 1 m betragen; DWA A 138).

Dipl.-Geol. S. Krings

Dr.-Ing. M. Nendza

Verteiler: RWE Power AG 3-fach



Legende:

	Untersuchungsgebiet
KRB/DPL...	Kleinrammbohrung/ Leichte Rammsondierung
KRB/DPH...	Kleinrammbohrung/ Schwere Rammsondierung
KRB...	Kleinrammbohrung

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

0 10 20 30 40m

KARTENGRUNDLAGE
erhalten von RWE, Stand: Januar 2023

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

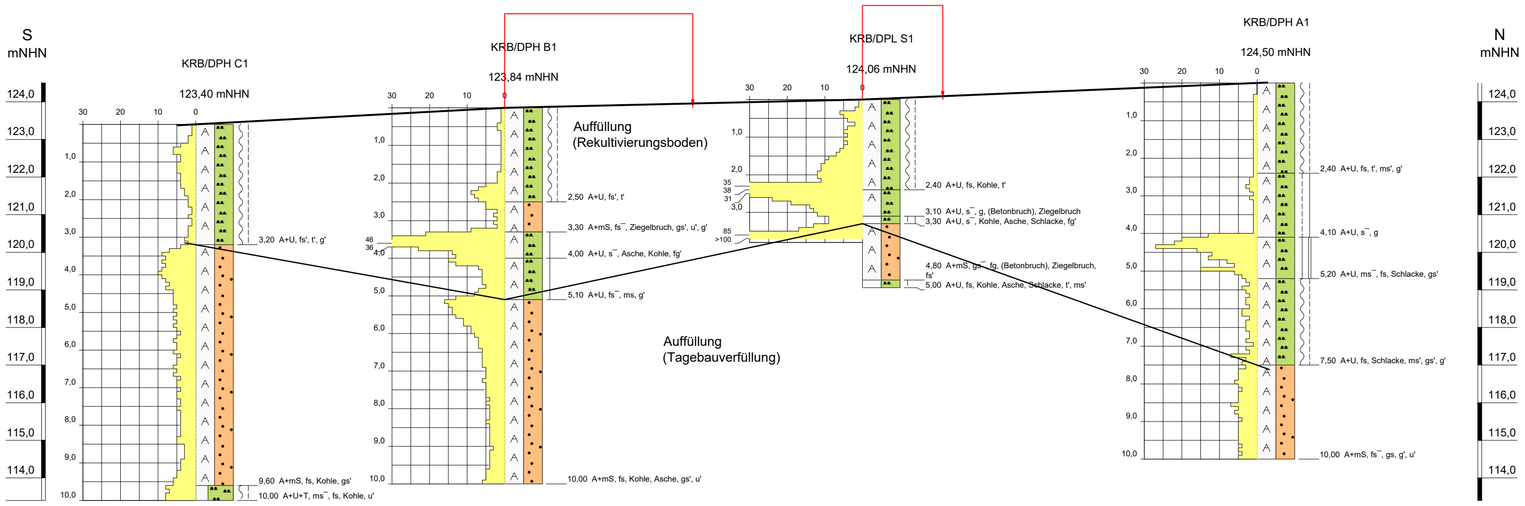
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zum Gut Bohlendorf 50126 Bergheim	
PROJEKT	Grachtweg Nord Orientierende Baugrunduntersuchung	Bearb. - Nr.: 20.104
TITEL	Lageplan	Anlage - Nr.: 1

Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Krings	Hoffmann	Nendza	28.02.2023	1 : 1000	--

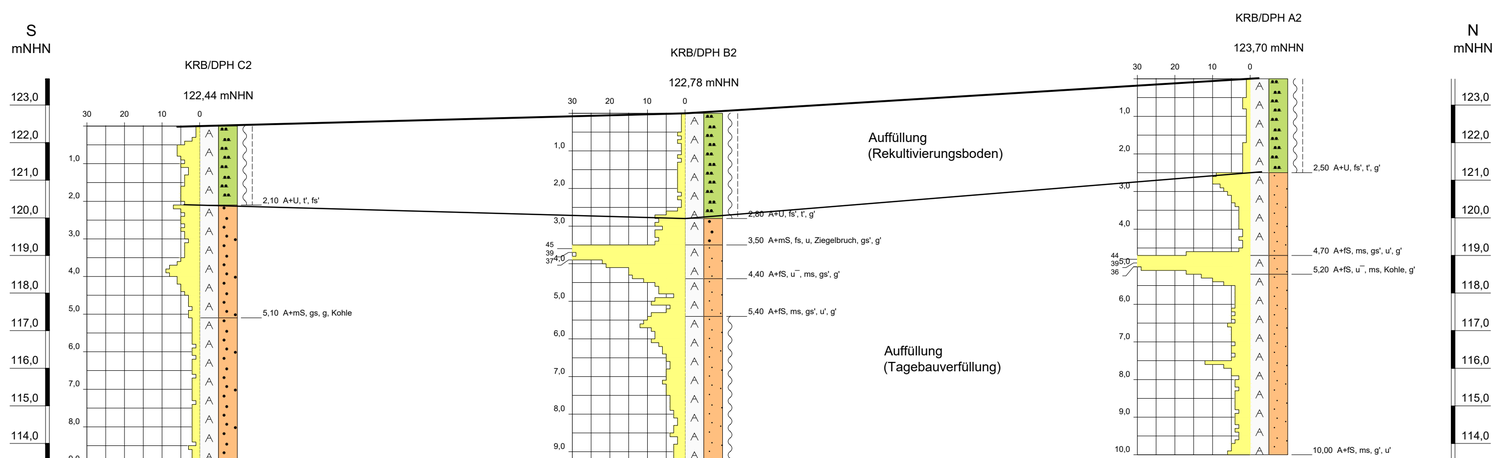
H/B = 297 / 780 (0,23m²)

Datei: X:\20\104 - Grachtweg Nord\Anlagen\ACAD\20104 - Grachtweg_II_UTM, Layout: LP

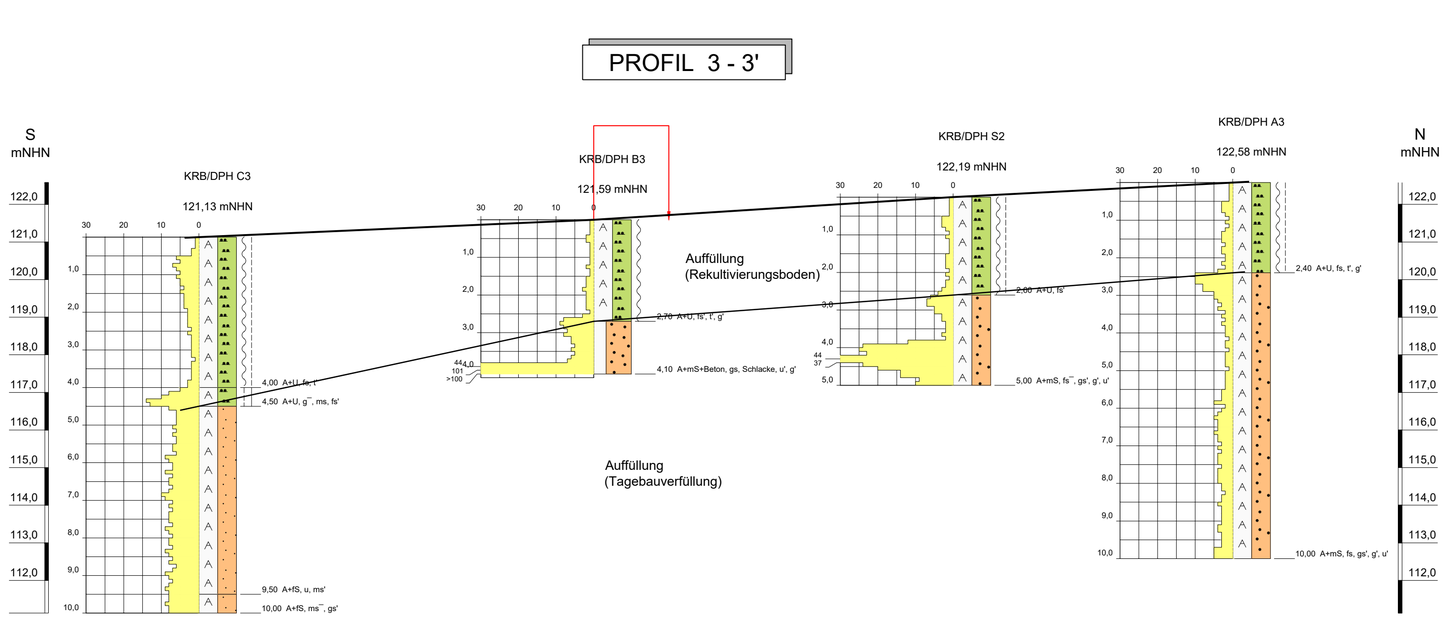
PROFIL 1 - 1'



PROFIL 2 - 2'



PROFIL 3 - 3'



Legende

	Auffüllung		Beton		Feinsand		Kies
	Mittelsand		Sand		Schluff		Ton
	breiig		fest		halbfest		nass
	steif		weich				

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2.52 cm	3.57 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm²	10.00 cm²	15.00 cm²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rammbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

KRB.. Kleinrammbohrung
DPH.. Schwere Rammsondierung
DPL.. Leichte Rammsondierung

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

0 10 20 30 40m

KARTENGRUNDLAGE

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

AUFTRAGGEBER: RWE Power AG, Zum Gut Bohlendorf, 50126 Bergheim

PROJEKT: Grachtweg Nord, Orientierende Baugrunduntersuchung — Bearb. - Nr.: 20.104

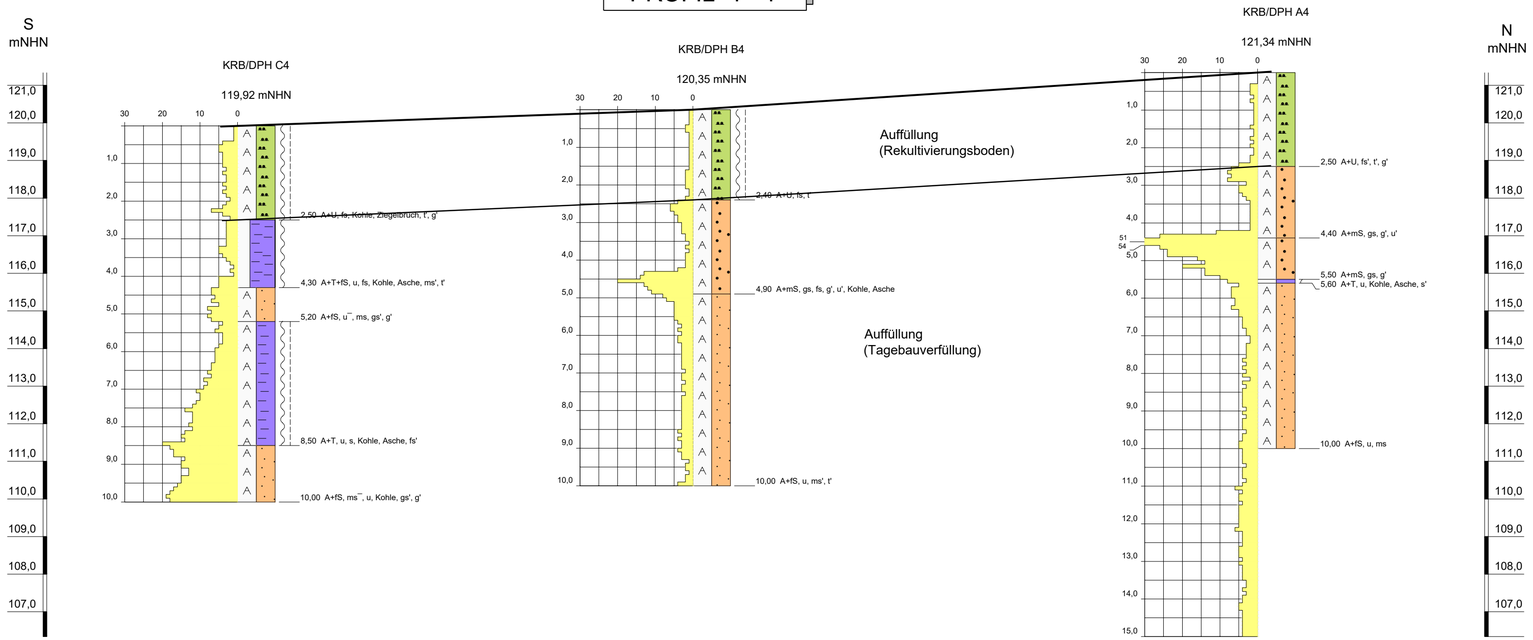
TITEL: Profilschnitte 1-1', 2-2' und 3-3' — Anlage - Nr.: 2.1

Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Krings	El Ali	Nendza	28.02.2023	1:500	1:100

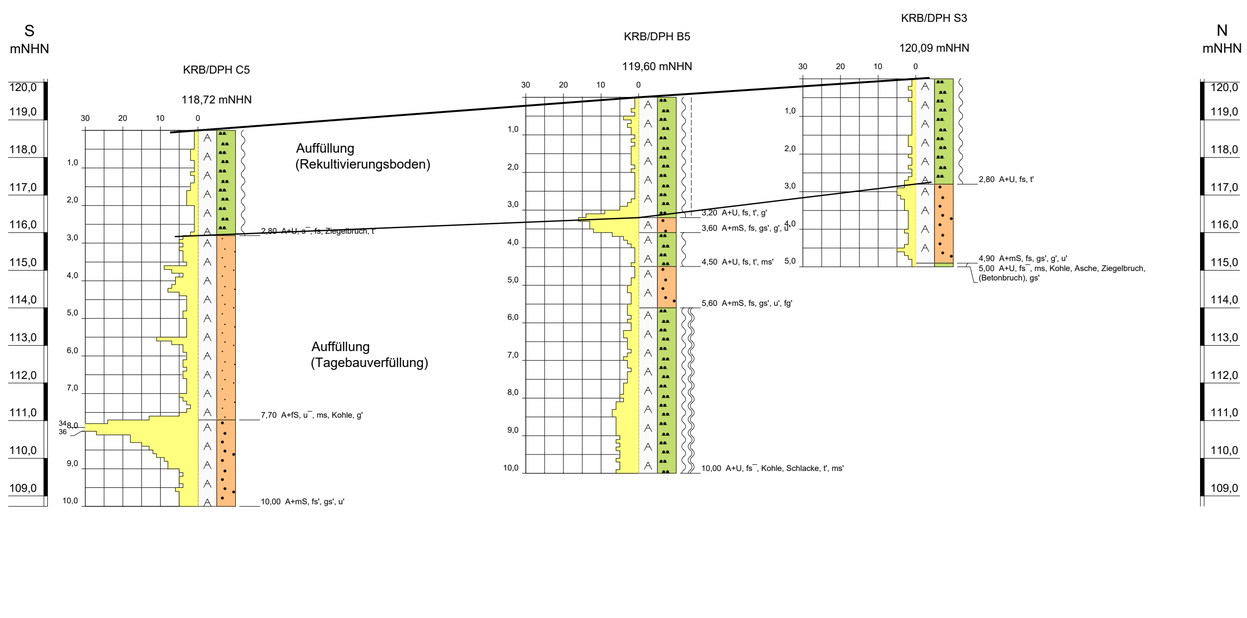
H/B = 297 / 685 (0,203m²)

Datei: X:\20104 - Grachtweg Nord\Anlagen\ACAD\20104 - Grachtweg_II_UTM, Layout: Anl 2.1

PROFIL 4 - 4'



PROFIL 5 - 5'



Legende

	Auffüllung		Beton		Feinsand		Kies
	Mittelsand		Sand		Schluff		Ton
	breiig		fest		halbfest		nass
	steif		weich				

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2.52 cm	3.57 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm²	10.00 cm²	15.00 cm²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rammbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

KRB.. Kleinrammbohrung
DPH.. Schwere Rammsondierung
DPL.. Leichte Rammsondierung

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

0 10 20 30 40m

KARTENGRUNDLAGE

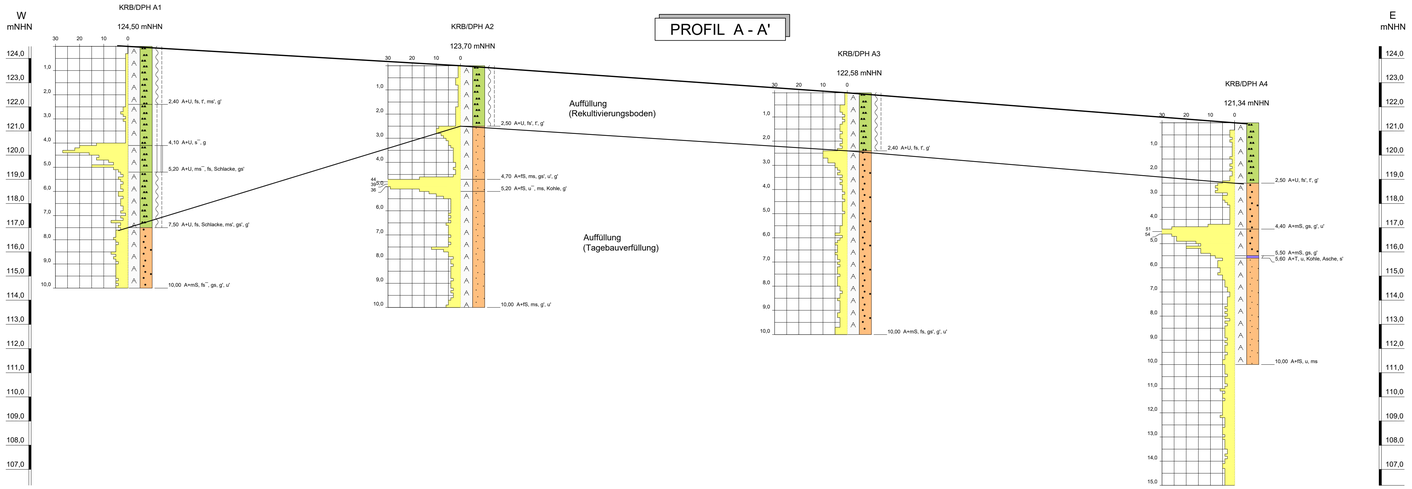
GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.:0241 / 92839-0

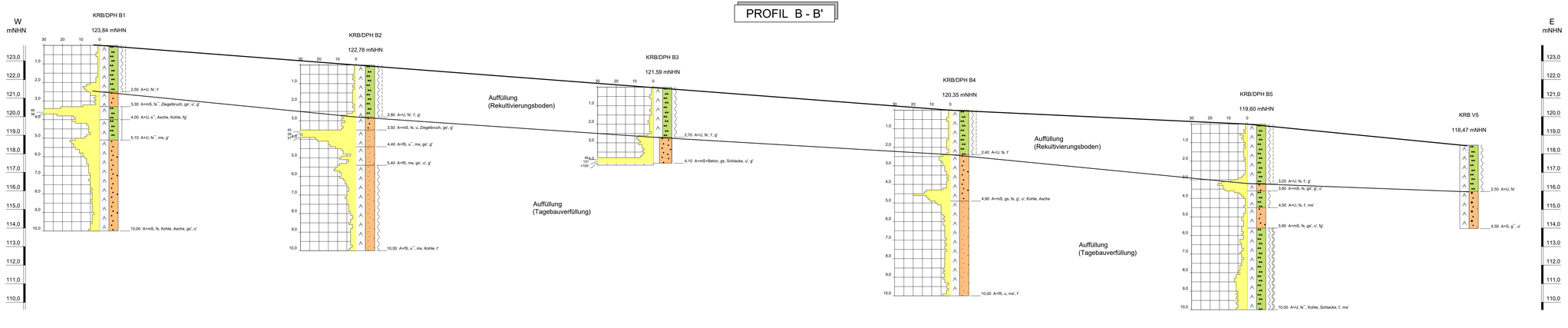
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zum Gut Bohlendorf 50126 Bergheim	
PROJEKT	Grachtweg Nord Orientierende Baugrunduntersuchung	Bearb. - Nr.: 20.104
TITEL	Profilschnitte 4-4' und 5-5'	Anlage - Nr.: 2.2

Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Krings	El Ali	Nendza	28.02.2023	1:500	1:100

H/B = 297 / 685 (0,203m²)

Datei: X:\20104 - Grachtweg Nord\Anlagen\ACAD\20104 - Grachtweg_II_UTM, Layout: Anl 2.2





Legende

Auffüllung	Beton	Feinsand	Kies
Mittelsand	Sand	Schluff	Ton
breiig	fest	halbfest	nass
steif	weich		

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2.52 cm	3.57 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm²	10.00 cm²	15.00 cm²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rammbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

KRB.. Kleinrammbohrung
DPH.. Schwere Rammsondierung
DPL.. Leichte Rammsondierung

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

0 10 20 30 40m

KARTENGRUNDLAGE

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

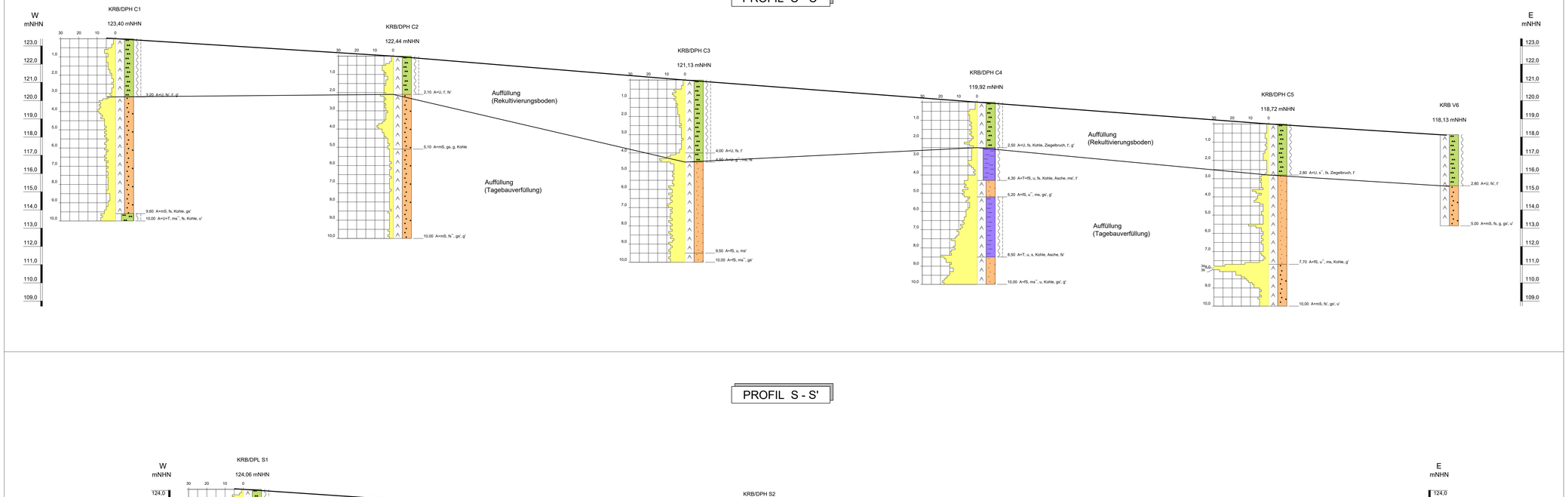
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zum Gut Bohlendorf 50126 Bergheim	
PROJEKT	Grachtweg Nord Orientierende Baugrunduntersuchung	Bearb. - Nr.: 20.104
TITEL	Profilschnitte A-A' und B-B'	Anlage - Nr.: 2.3

Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Krings	El Ali	Nendza	28.02.2023	1:500	1:100

H/B = 297 / 685 (0,203m²)

Datei: K:\20.104 - Grachtweg Nord\Anlagen\ACAD\20.104 - Grachtweg_N_DTM_Legend_A4F.2.3

PROFIL C - C'



PROFIL S - S'

Legende

Auffüllung	Beton	Feinsand	Kies
Mittelsand	Sand	Schluff	Ton
breiig	fest	halbfest	nass
steif	weich		

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2.52 cm	3.57 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm²	10.00 cm²	15.00 cm²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rammbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

KRB.. Kleinrammbohrung
DPH.. Schwere Rammsondierung
DPL.. Leichte Rammsondierung

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

0 10 20 30 40m

KARTENGRUNDLAGE

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

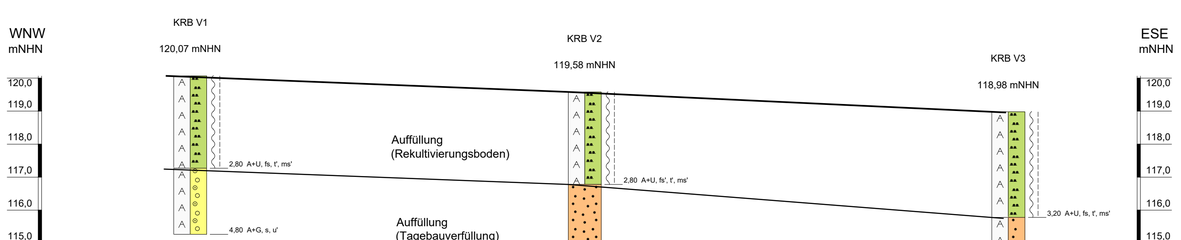
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zum Gut Bohlendorf 50126 Bergheim	
PROJEKT	Grachtweg Nord Orientierende Baugrunduntersuchung	Bearb. - Nr.: 20.104
TITEL	Profilschnitte C-C' und S-S'	Anlage - Nr.: 2.4

Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Krings	El Ali	Nendza	28.02.2023	1:500	1:100

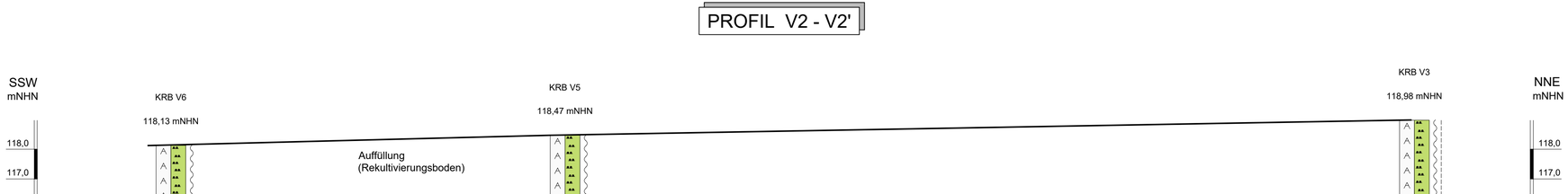
H/B = 297 / 685 (0,203m²)

Datei: K:\20104 - Grachtweg Nord\Anlagen\CAD\20104 - Grachtweg_S_C.DWG, Layout: Anl 2.4

PROFIL V1 - V1'



PROFIL V2 - V2'



Legende

	Auffüllung		Beton		Feinsand		Kies
	Mittelsand		Sand		Schluff		Ton
	breiig		fest		halbfest		nass
	steif		weich				

RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2.52 cm	3.57 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm²	10.00 cm²	15.00 cm²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rammbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

KRB.. Kleinrammbohrung
DPH.. Schwere Rammsondierung
DPL.. Leichte Rammsondierung

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

0 10 20 30 40m

KARTENGRUNDLAGE

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

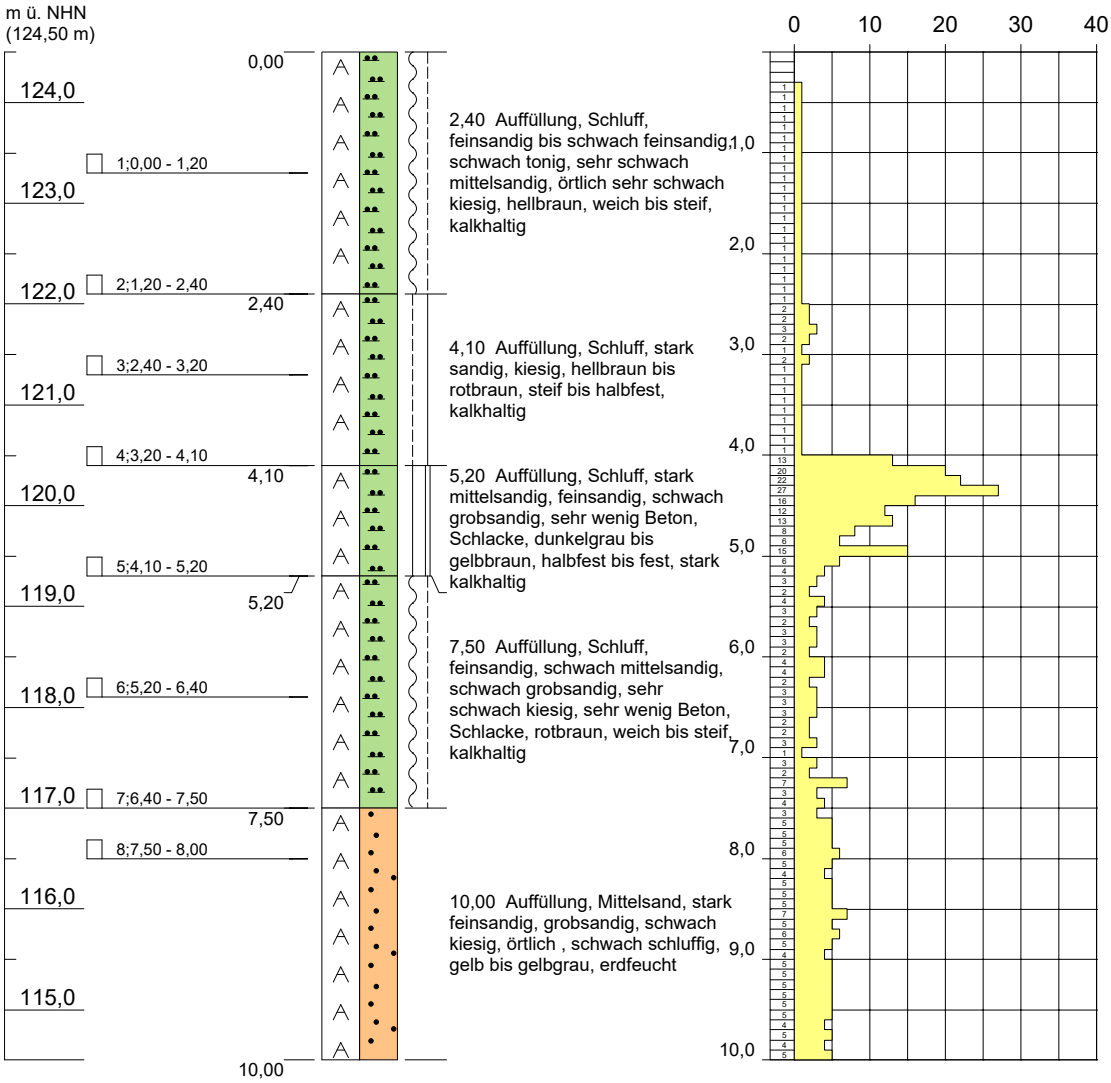
AUFTRAGGEBER	RWE Power AG Zum Gut Bohlendorf 50126 Bergheim	
PROJEKT	Grachtweg Nord Orientierende Baugrunduntersuchung	Bearb. - Nr.: 20.104
TITEL	Profilschnitte V1-V1' und V2-V2'	Anlage - Nr.: 2.5

Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Krings	El Ali	Nendza	28.02.2023	1:250	1:100

H/B = 297 / 685 (0,203m²)

Datei: X:\20\104 - Grachtweg Nord\Anlagen\ACAD\20104 - Grachtweg_LI_UTM, Layout: Anl 2.5

KRB/DPH A1



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 124,50 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

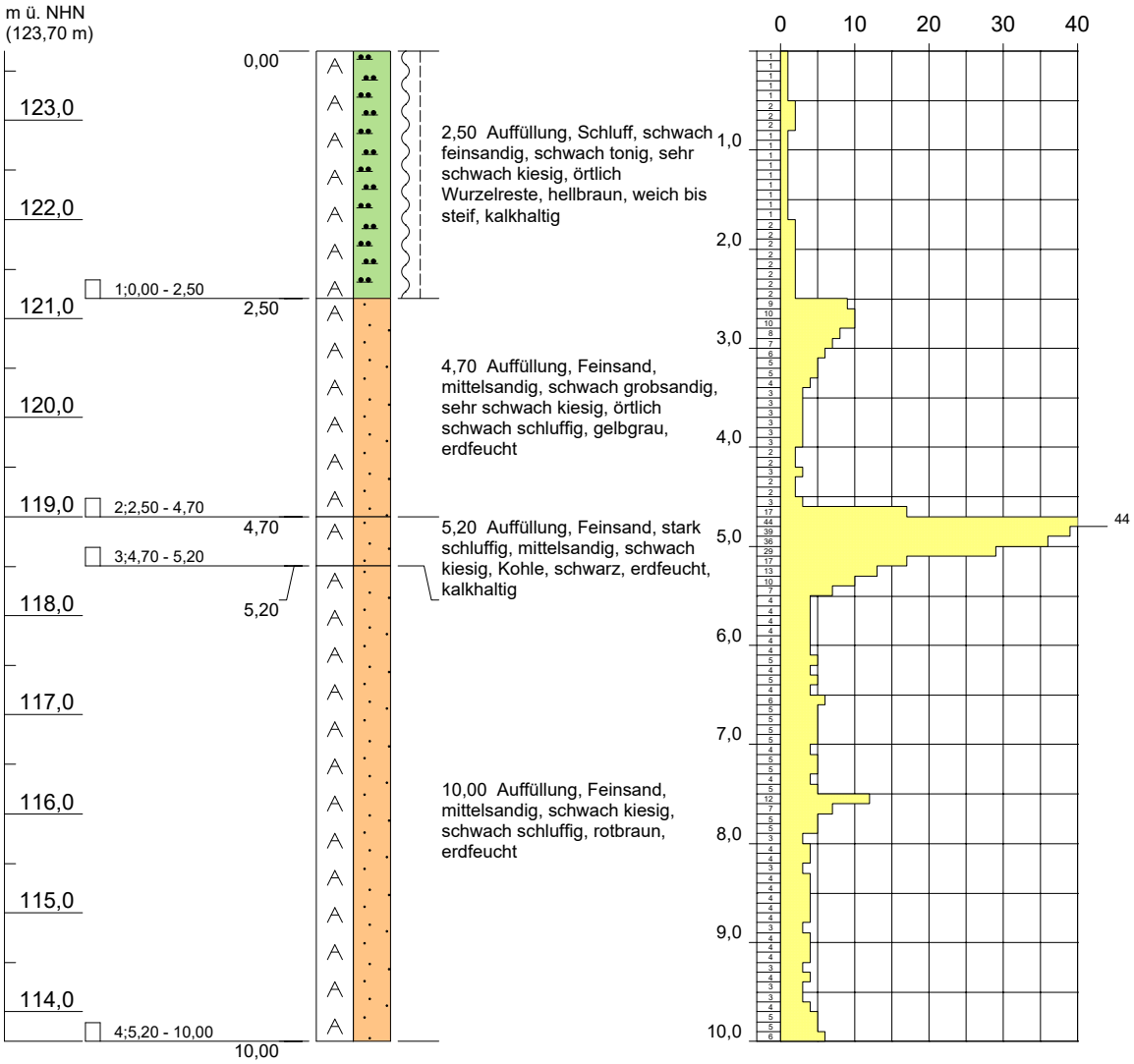
Bohrung:	**KRB/DPH A1**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.1

KRB/DPH A2



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 123,70 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

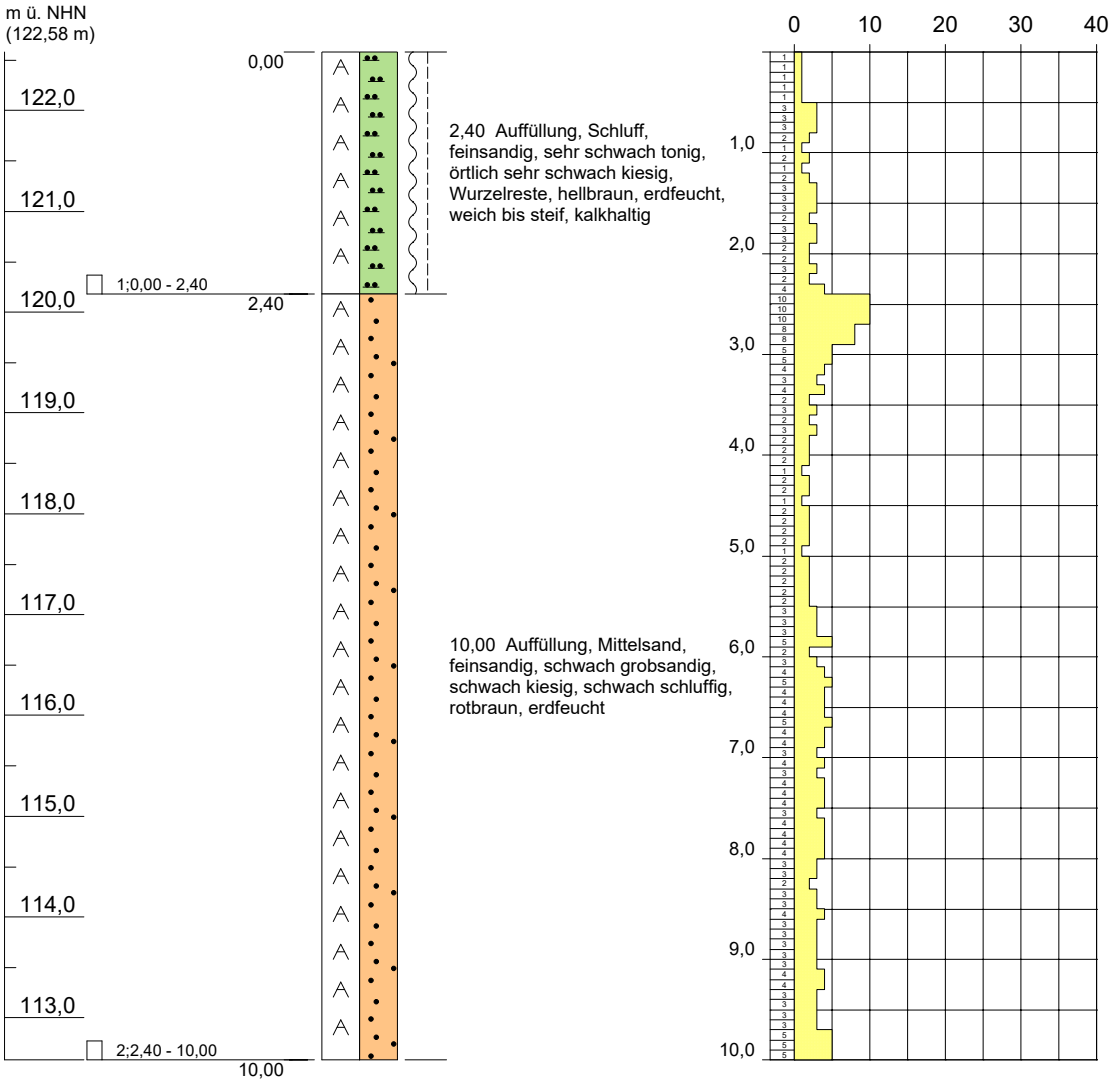
Bohrung:	**KRB/DPH A2**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.2

KRB/DPH A3



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 122,58 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

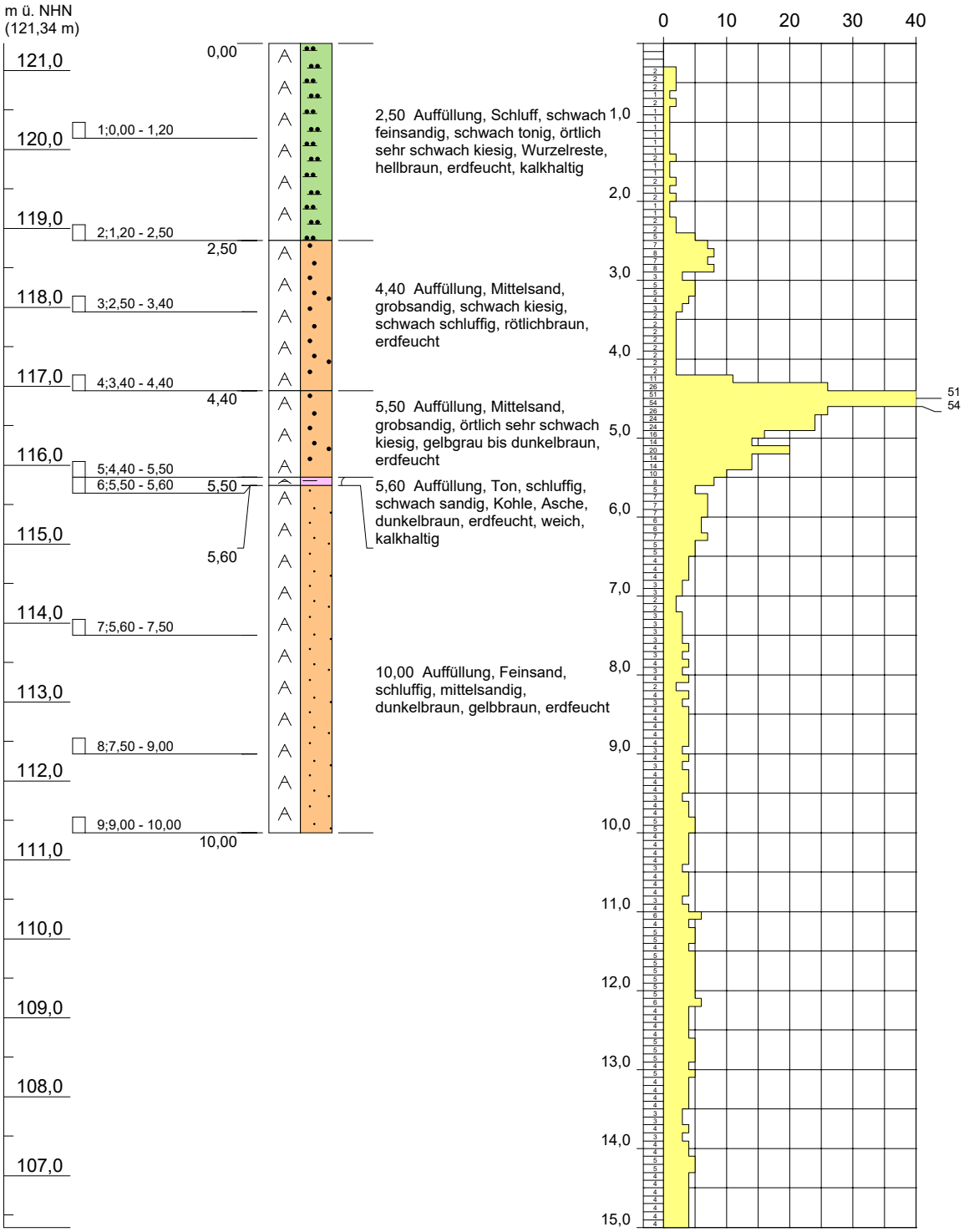
Bohrung:	**KRB/DPH A3**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.3

KRB/DPH A4



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 121,34 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

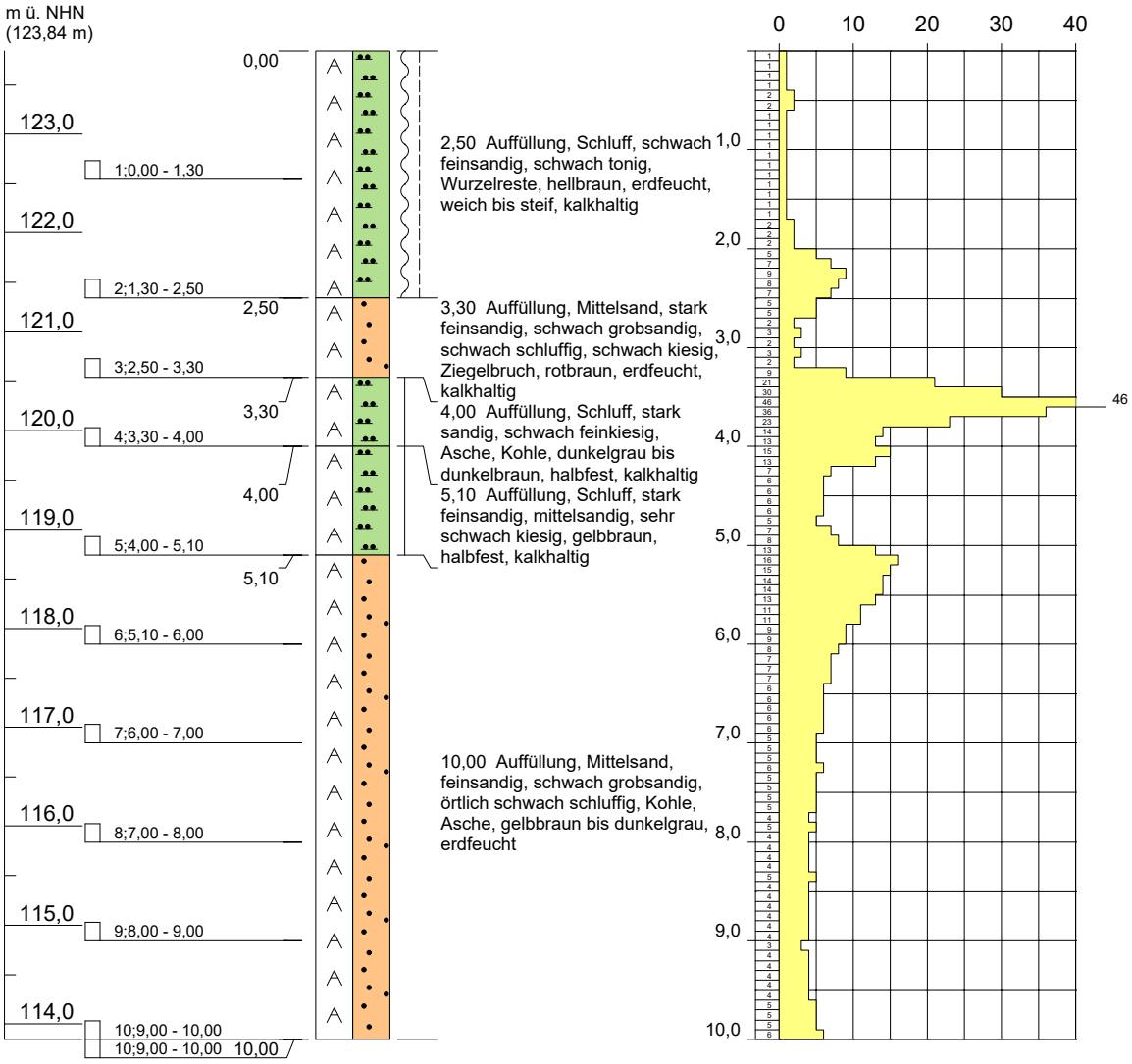
Bohrung:	**KRB/DPH A4**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:80

Anlage: 3.4

KRB/DPH B1



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 123,84 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

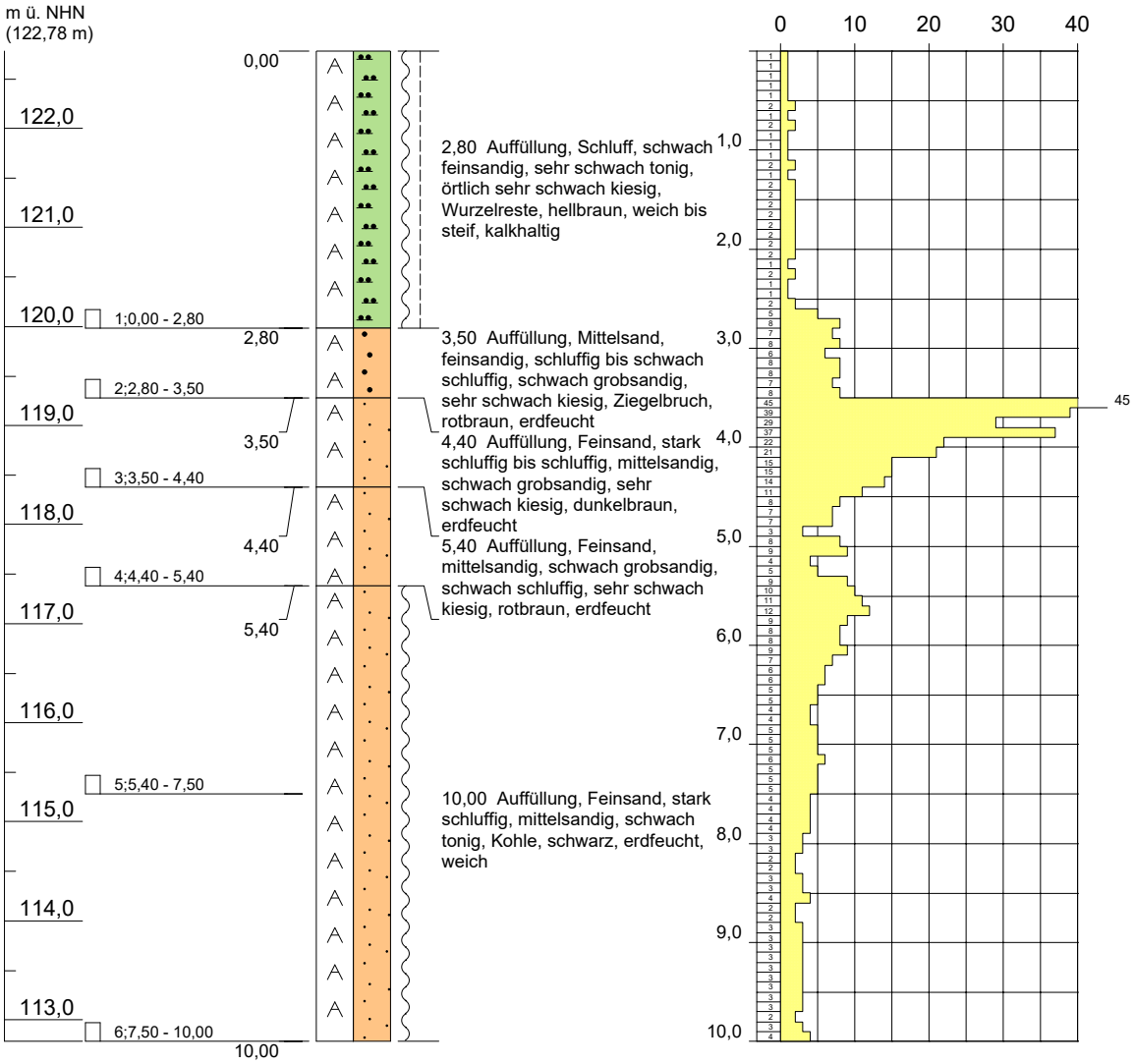
Bohrung:	**KRB/DPH B1**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.5

KRB/DPH B2



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 122,78 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

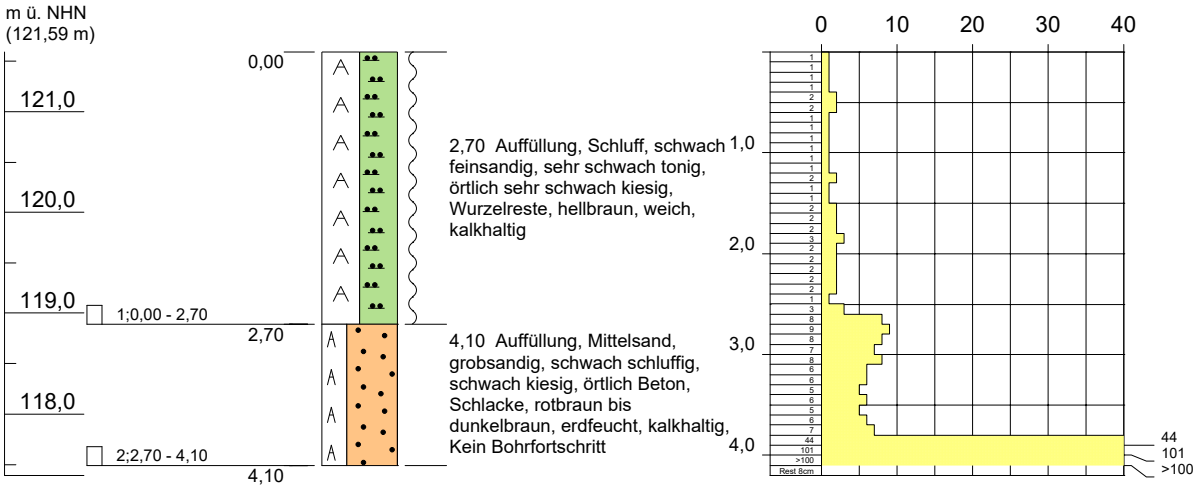
Bohrung:	**KRB/DPH B2**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.6

KRB/DPH B3



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 121,59 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

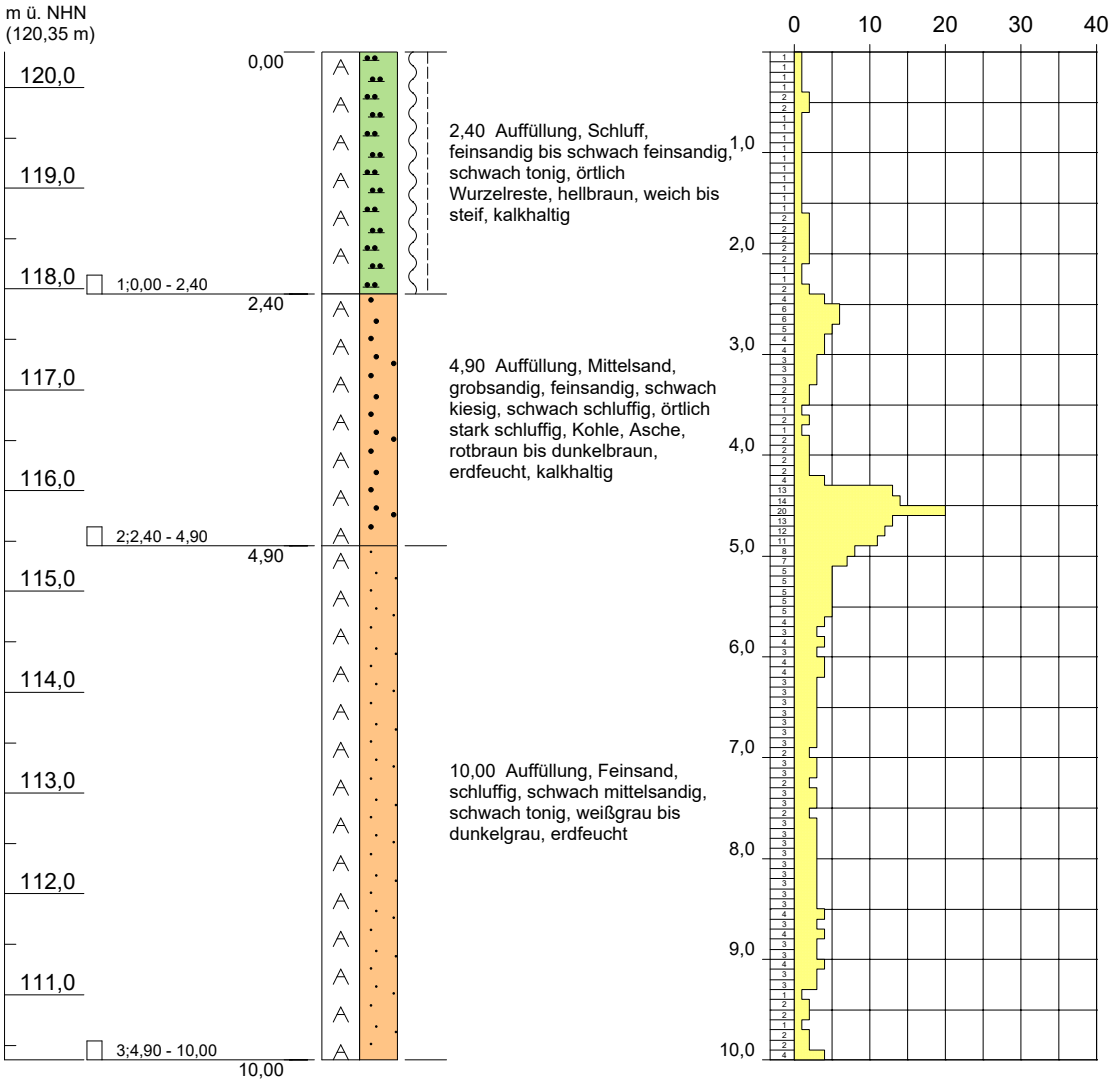
Bohrung:	**KRB/DPH B3**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.7

KRB/DPH B4



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 120,35 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

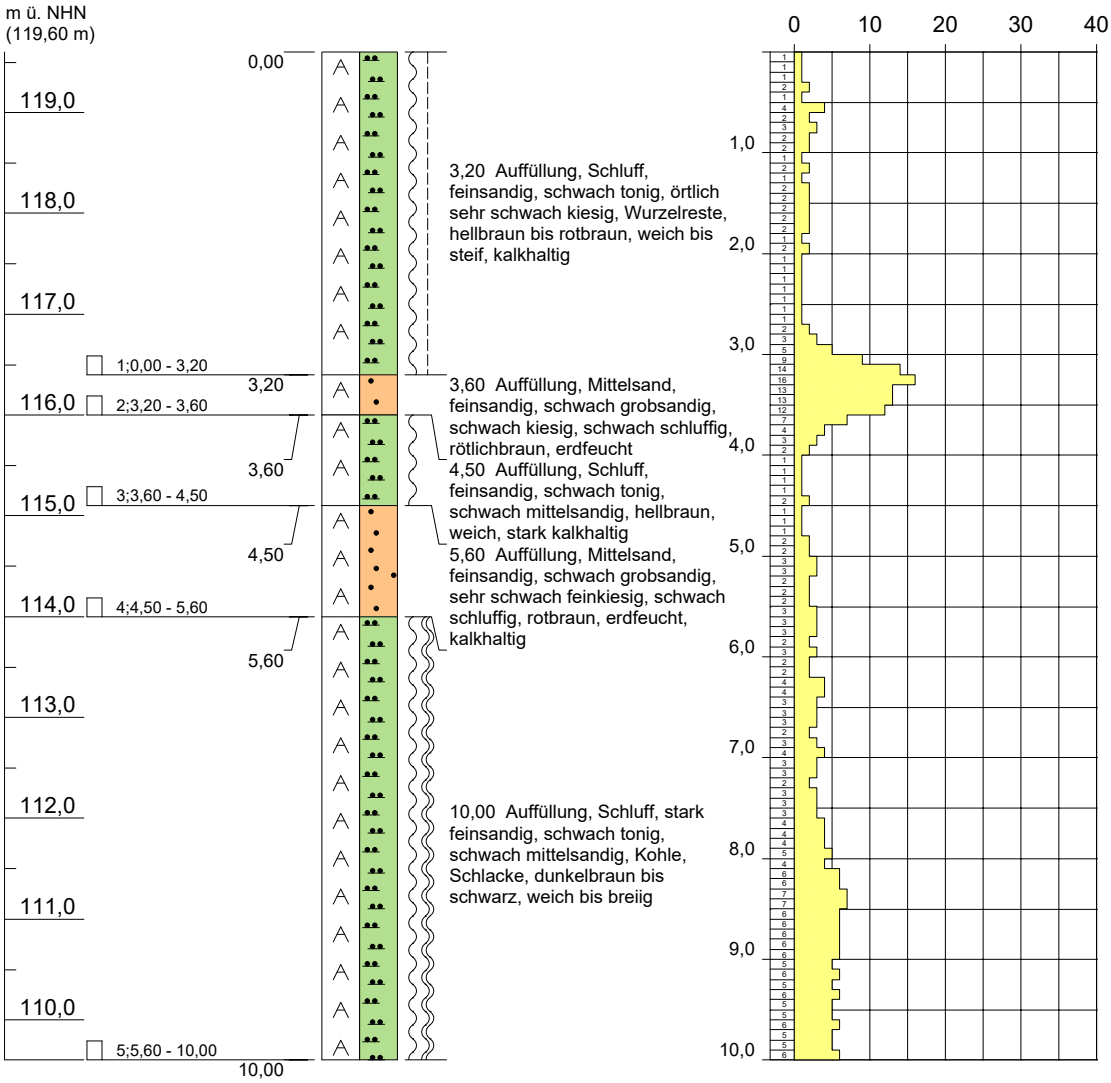
Bohrung:	**KRB/DPH B4**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.8

KRB/DPH B5



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 119,60 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

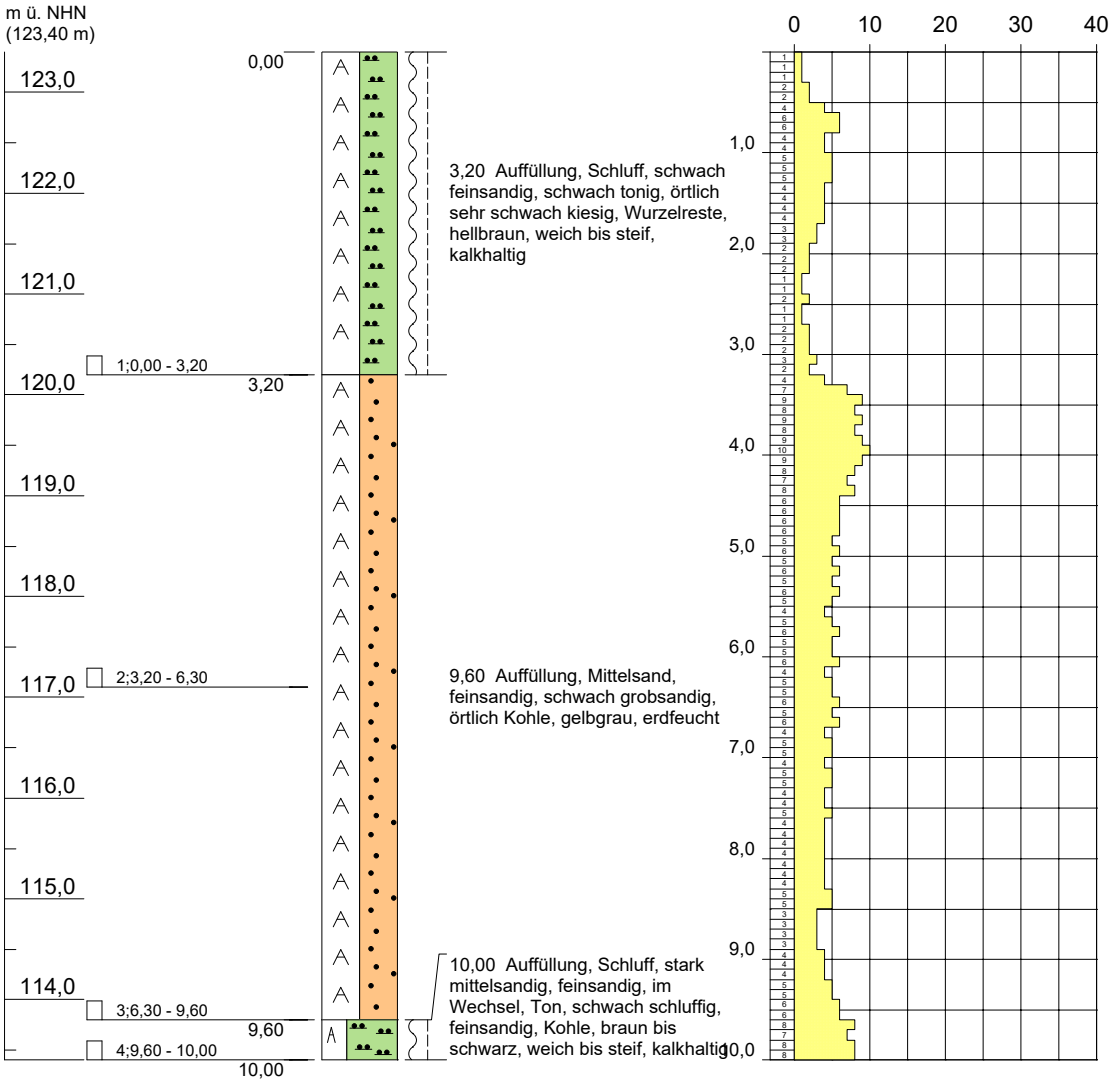
Bohrung:	**KRB/DPH B5**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.9

KRB/DPH C1



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 123,40 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

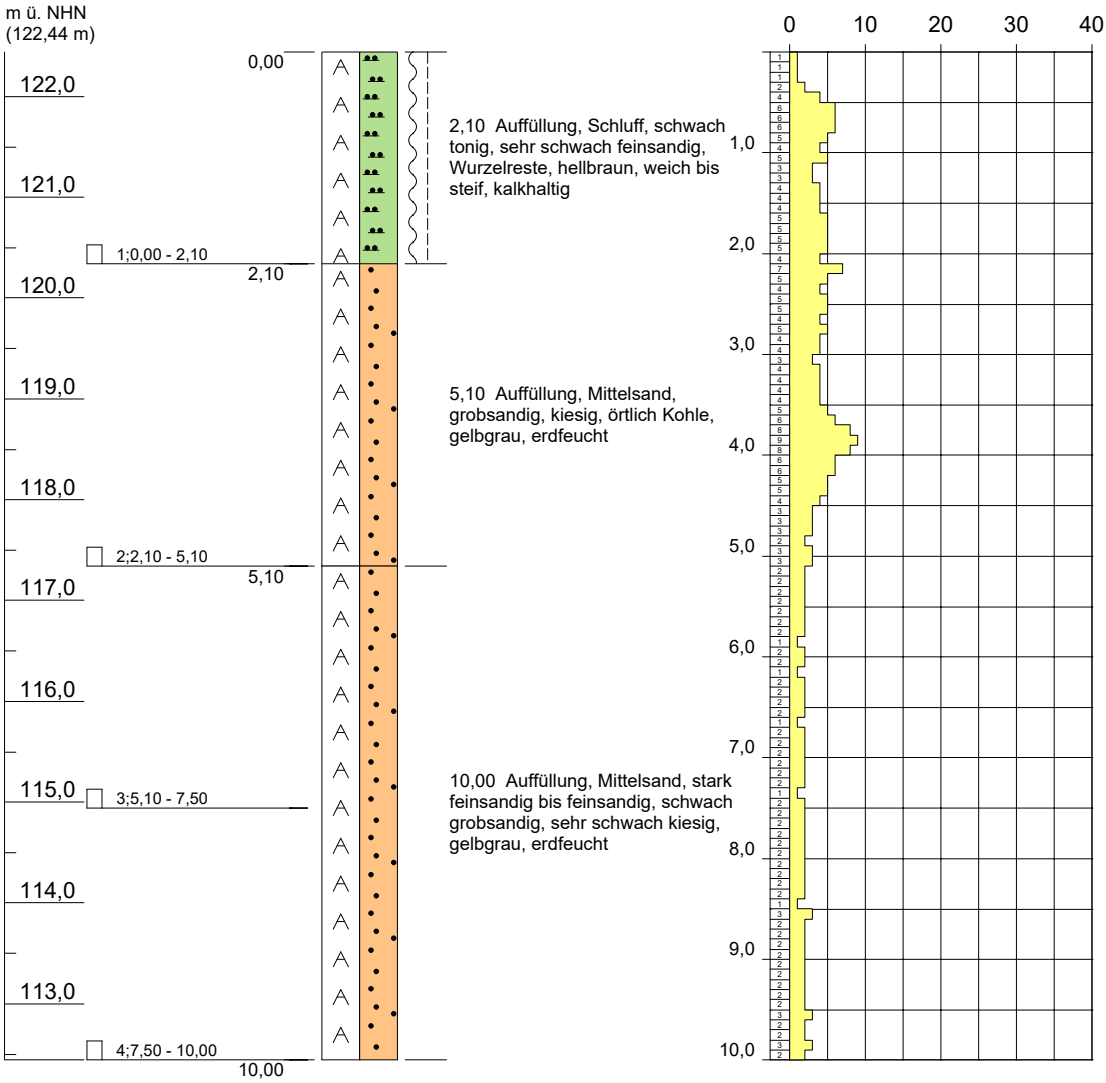
Bohrung:	**KRB/DPH C1**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.10

KRB/DPH C2



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 122,44 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

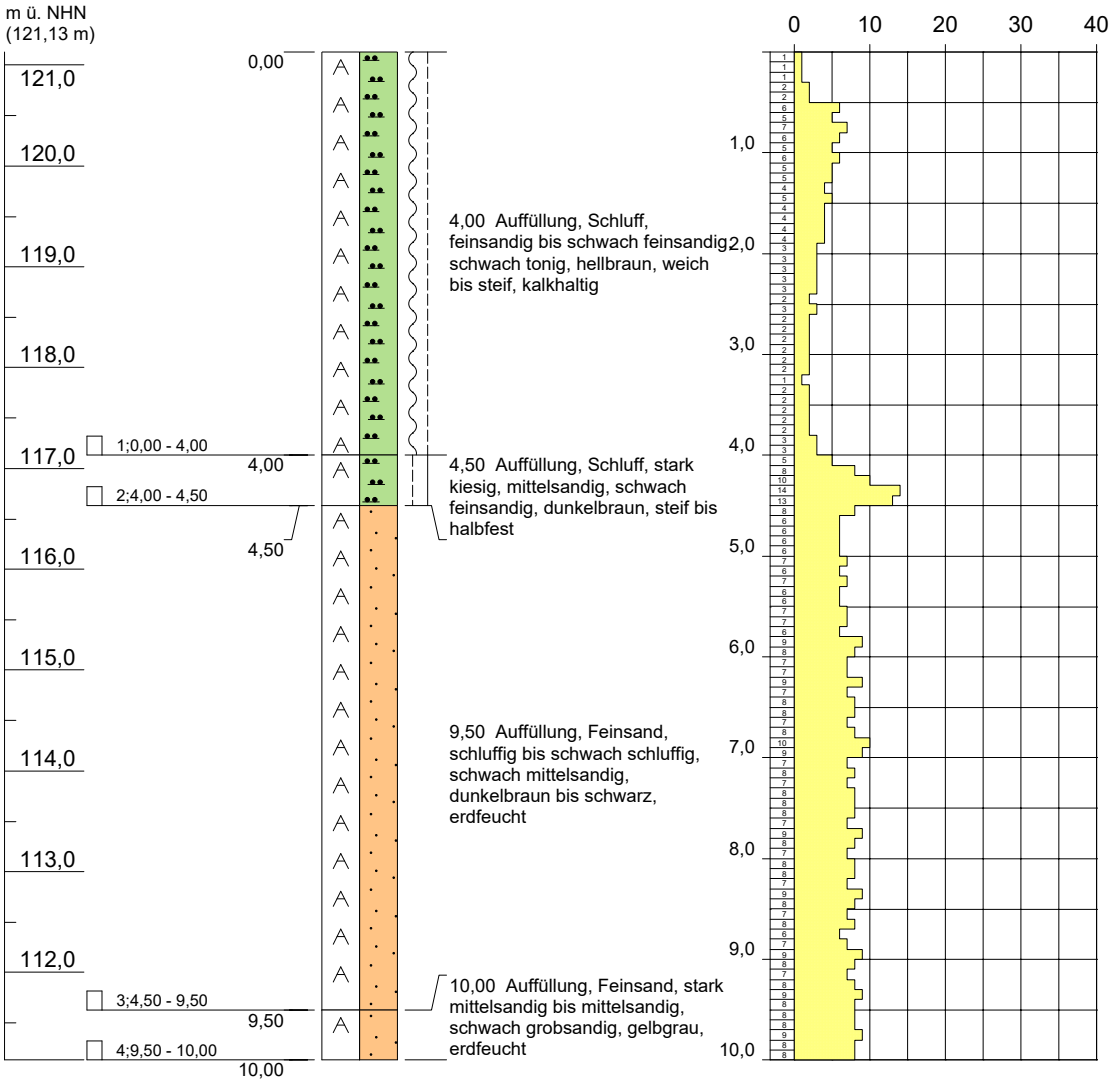
Bohrung:	**KRB/DPH C2**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.11

KRB/DPH C3



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 121,13 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

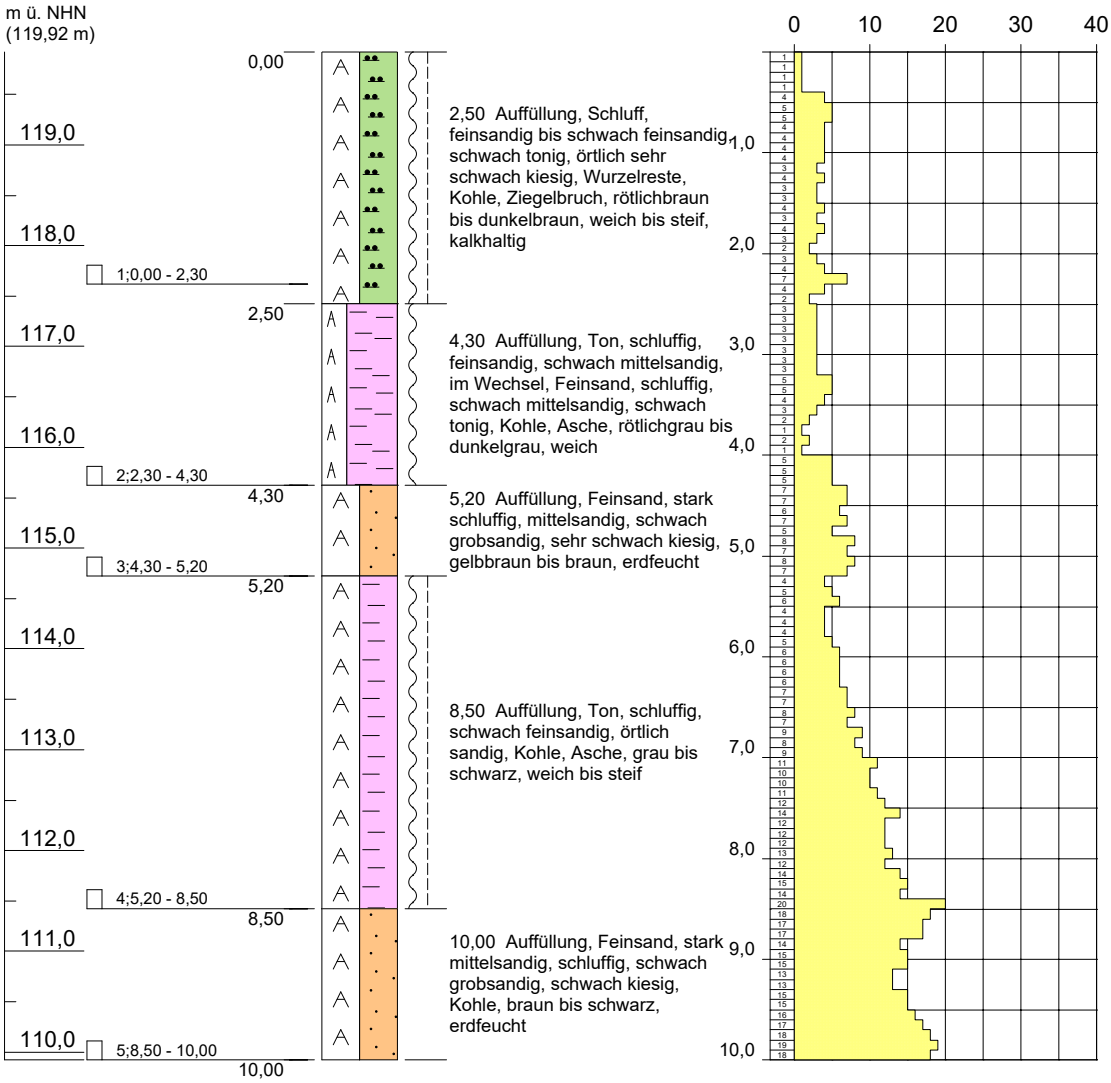
Bohrung:	**KRB/DPH C3**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.12

KRB/DPH C4



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 119,92 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

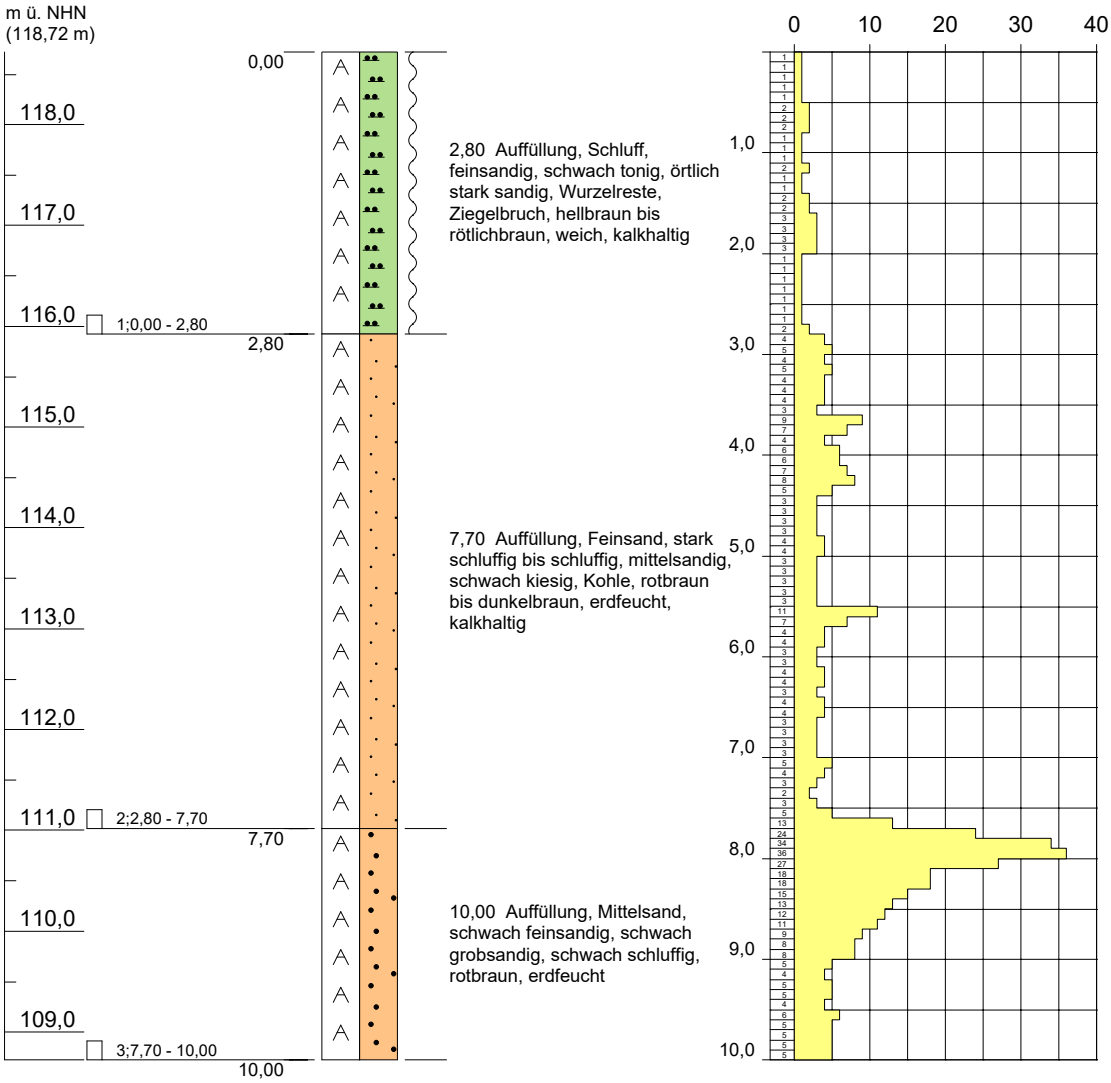
Bohrung:	**KRB/DPH C4**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.13

KRB/DPH C5



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 118,72 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

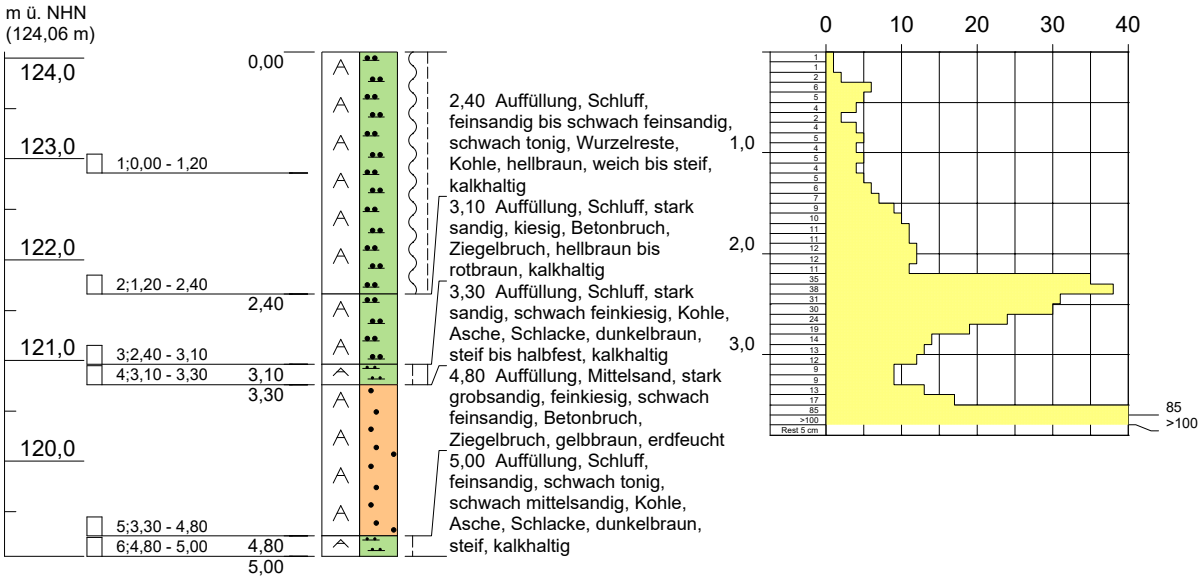
Bohrung:	**KRB/DPH C5**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.14

KRB/DPL S1



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 124,06 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

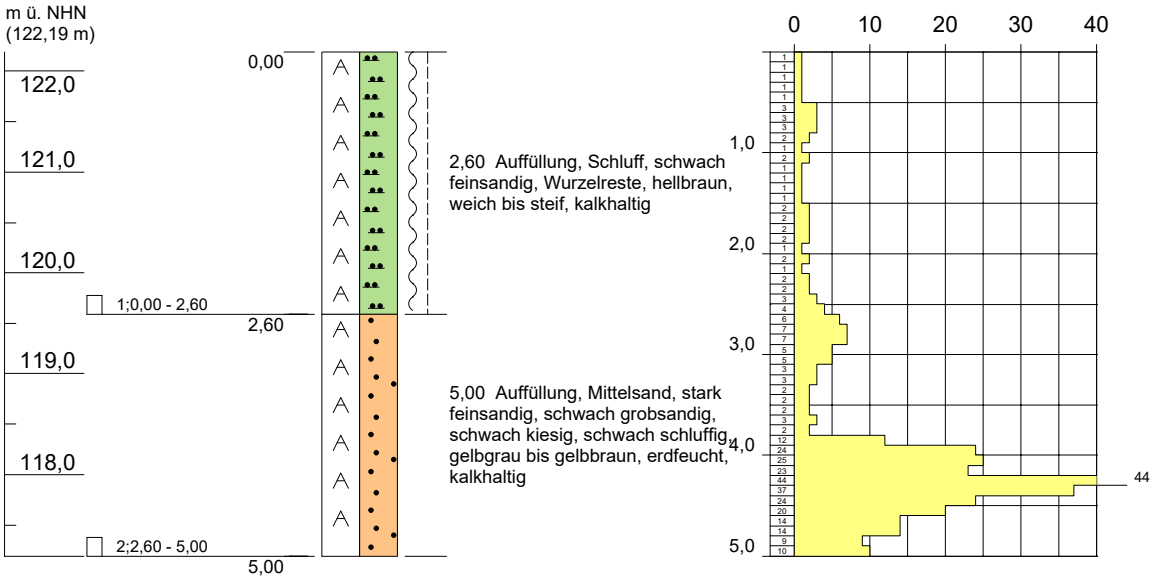
Bohrung:	**KRB/DPL S1**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.15

KRB/DPH S2



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 122,19 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

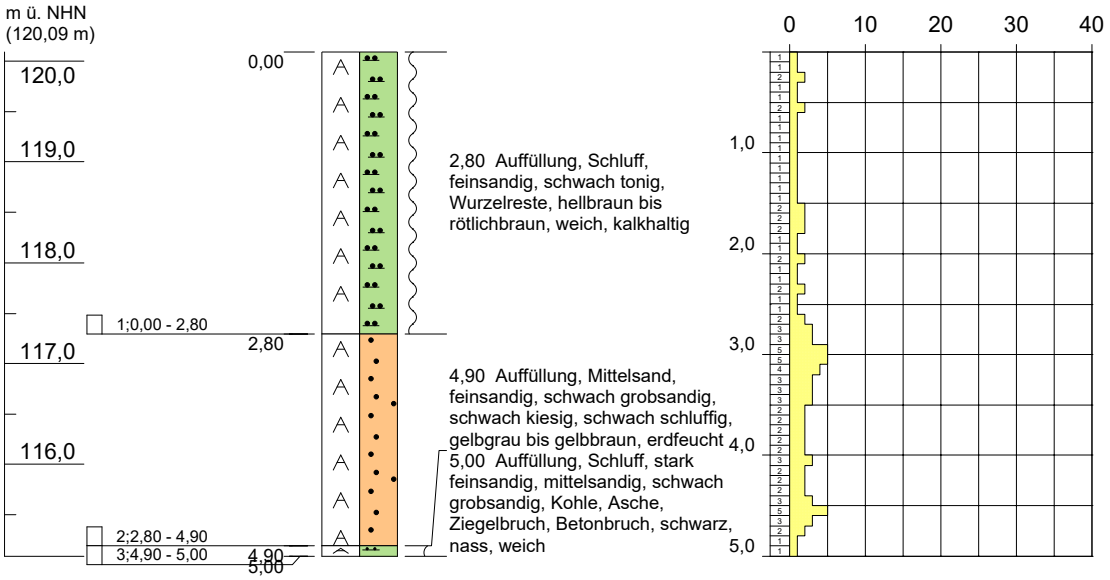
Bohrung:	**KRB/DPH S2**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.16

KRB/DPH S3



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 120,09 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

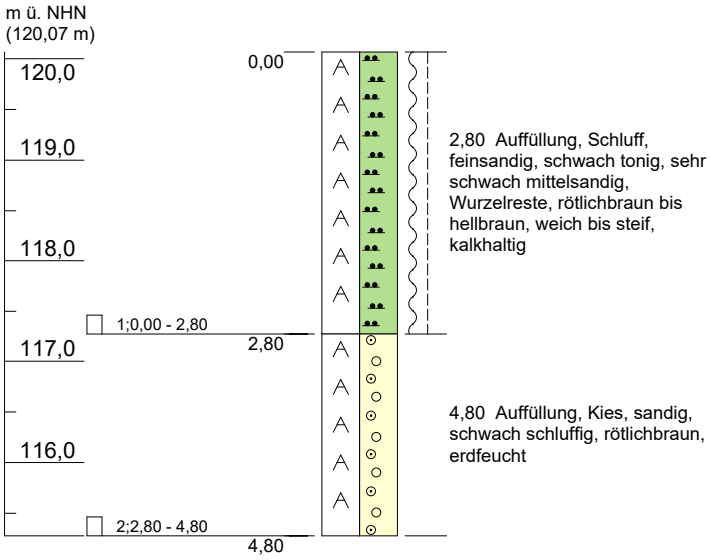
Bohrung:	**KRB/DPH S3**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.17

KRB V1



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 120,07 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

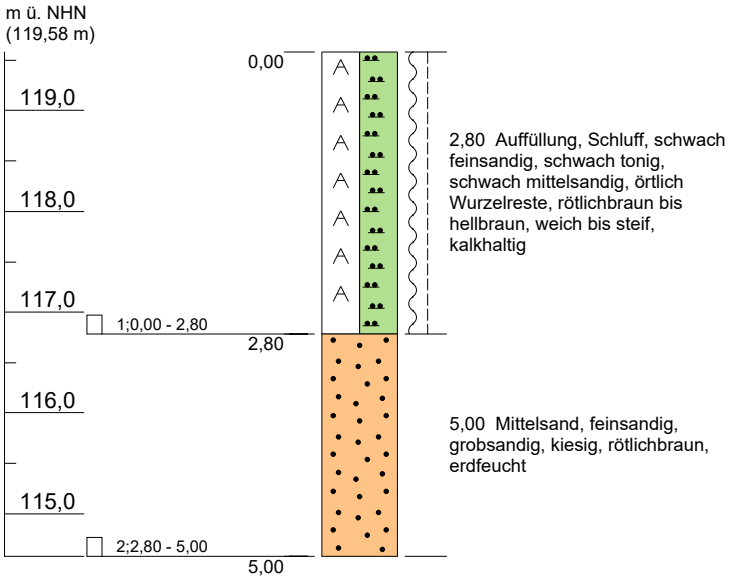
Bohrung:	**KRB V1**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.18

KRB V2



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 119,58 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

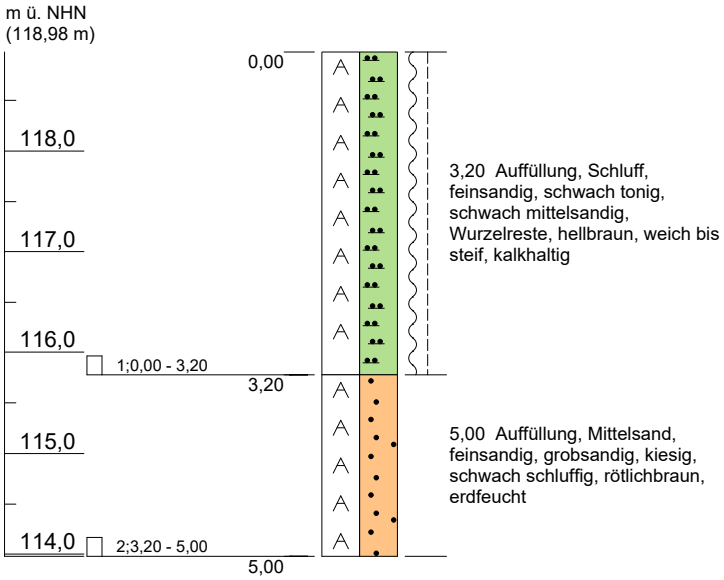
Bohrung:	**KRB V2**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.19

KRB V3



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 118,98 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

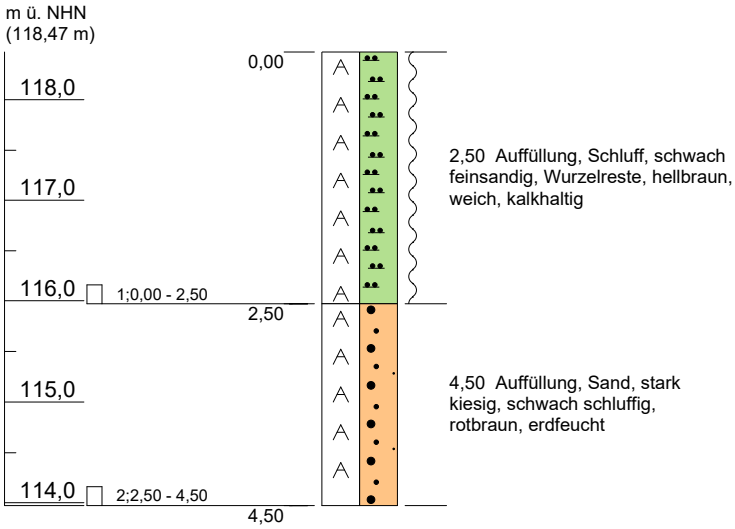
Bohrung:	**KRB V3**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.20

KRB V5



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 118,47 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

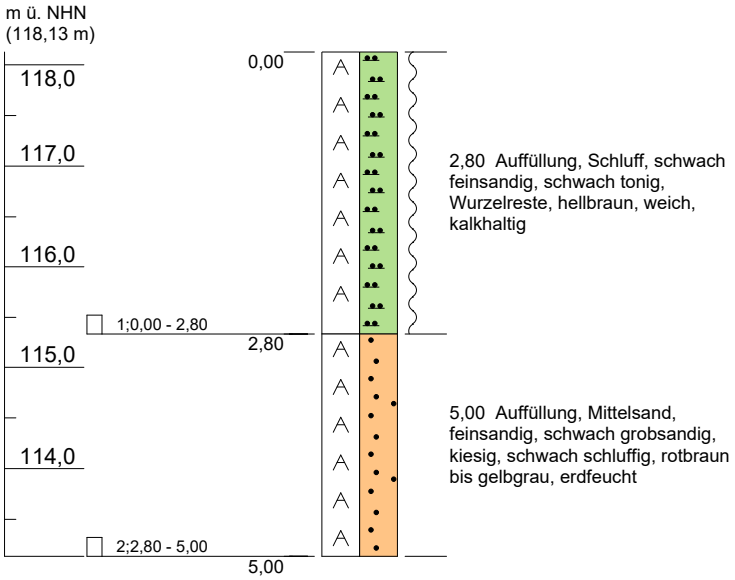
Bohrung:	**KRB V5**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.21

KRB V6



Datum: 20.12.2023 *Ansatzhöhe: 118,13 m ü. NHN* *Blatt 1 von 1*

Bohrung:	**KRB V6**	Projektnr.:	20.104
Projekt:	**Inden-Grachtweg Nord**	Bearbeiter:	Krings
Auftraggeber:	RWE Power AG	Bohrfirma:	GTS

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

Höhenmaßstab: 1:75

Anlage: 3.22

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

Neuenhofstr. 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0

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 ≥ 10r nach der Beziehung:

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

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)
V 1	4,8	Ki	1	44	2,0	0,025	6,1E-06
V 2	5,0	Ki	1	35	2,0	0,025	7,7E-06
V 3	5,0	Ki	1	17	2,0	0,025	1,6E-05
V 5	4,5	Ki	1	12	2,0	0,025	2,2E-05
V 6	5,0	Ki	1	36	2,0	0,025	7,5E-06

*) Ki = Abraumkippe, rollig

^) Das Bohrloch wurde mit Filterausbau stabilisiert. Da die Druckhöhe der Teststreckenlänge entspricht, ist die Auswertung nach dem Ansatz "unverrohrtes Bohrloch" möglich.

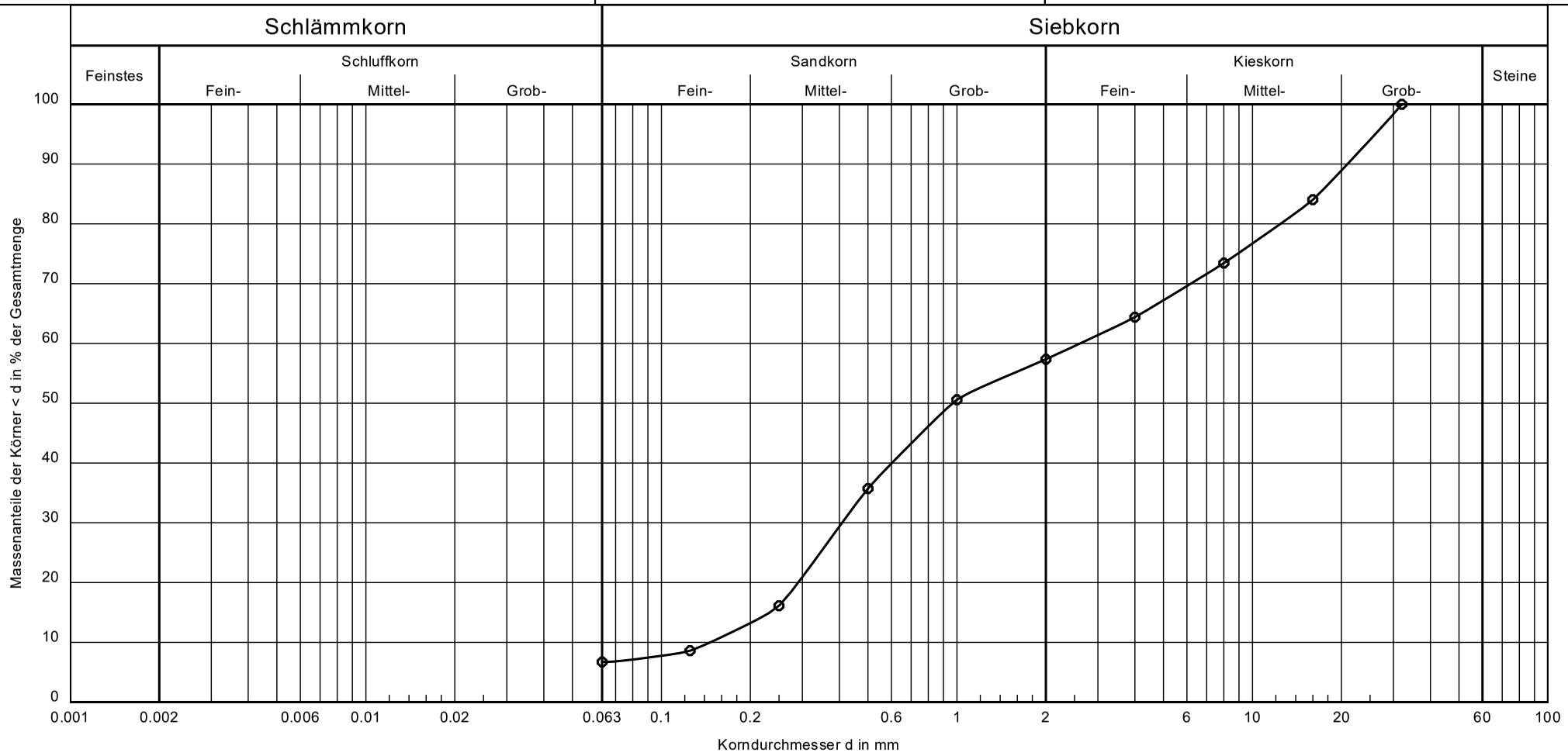
GEOTECHNISCHE PRÜFSTELLE
PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel. 0241/991 272 90
www.gpduellmann.de

Körnungslinie

RWE Power AG

Grachtweg Nord, Inden

Entnahmedatum: 07.02.2023
ausgeführt durch: Omar
ausgeführt am: 15.02.2023
Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	V 1/2
Entnahmestelle:	V1
Entnahmetiefe:	2,8 - 4,8 m
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, G, u'
Anteile:	- /6.7/50.6/42.6
Cu/Cc:	17.8/0.4
d10/d60 [mm]:	0.1463 / 2.6105
Bodengruppe:	GU

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 23.026
Anlage: 5.1

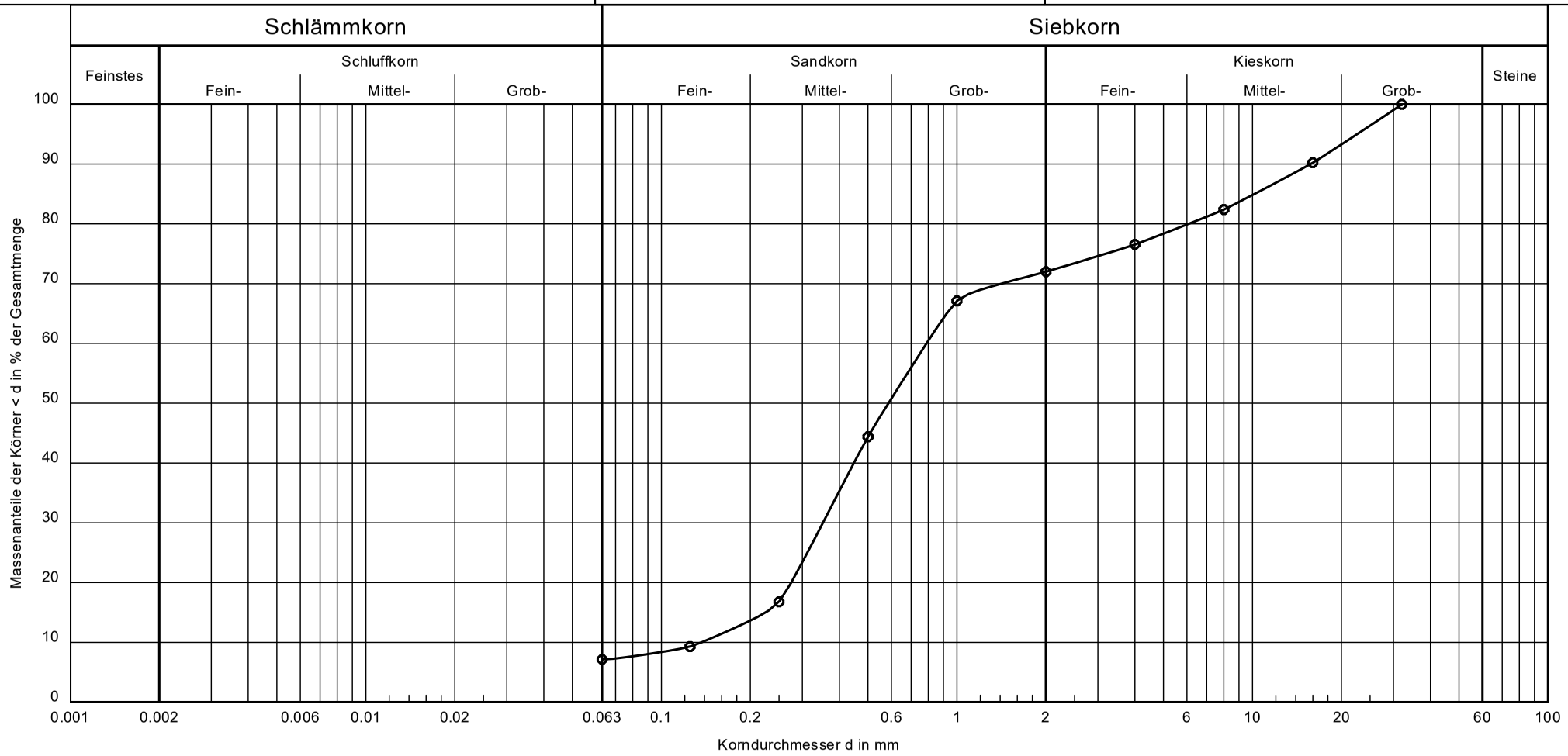
GEOTECHNISCHE PRÜFSTELLE
PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel. 0241/991 272 90
www.gpduellmann.de

Körnungslinie

RWE Power AG

Grachtweg Nord, Inden

Entnahmedatum: 07.02.2023
ausgeführt durch: Omar
ausgeführt am: 15.02.2023
Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	V 2/2
Entnahmestelle:	V2
Entnahmetiefe:	2,8 - 5,0 m
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, u', fg', mg', gg'
Anteile:	- /7.2/64.8/28.0
Cu/Cc:	5.8/1.1
d10/d60 [mm]:	0.1366 / 0.7892
Bodengruppe:	SU

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 23.026
Anlage: 5.2

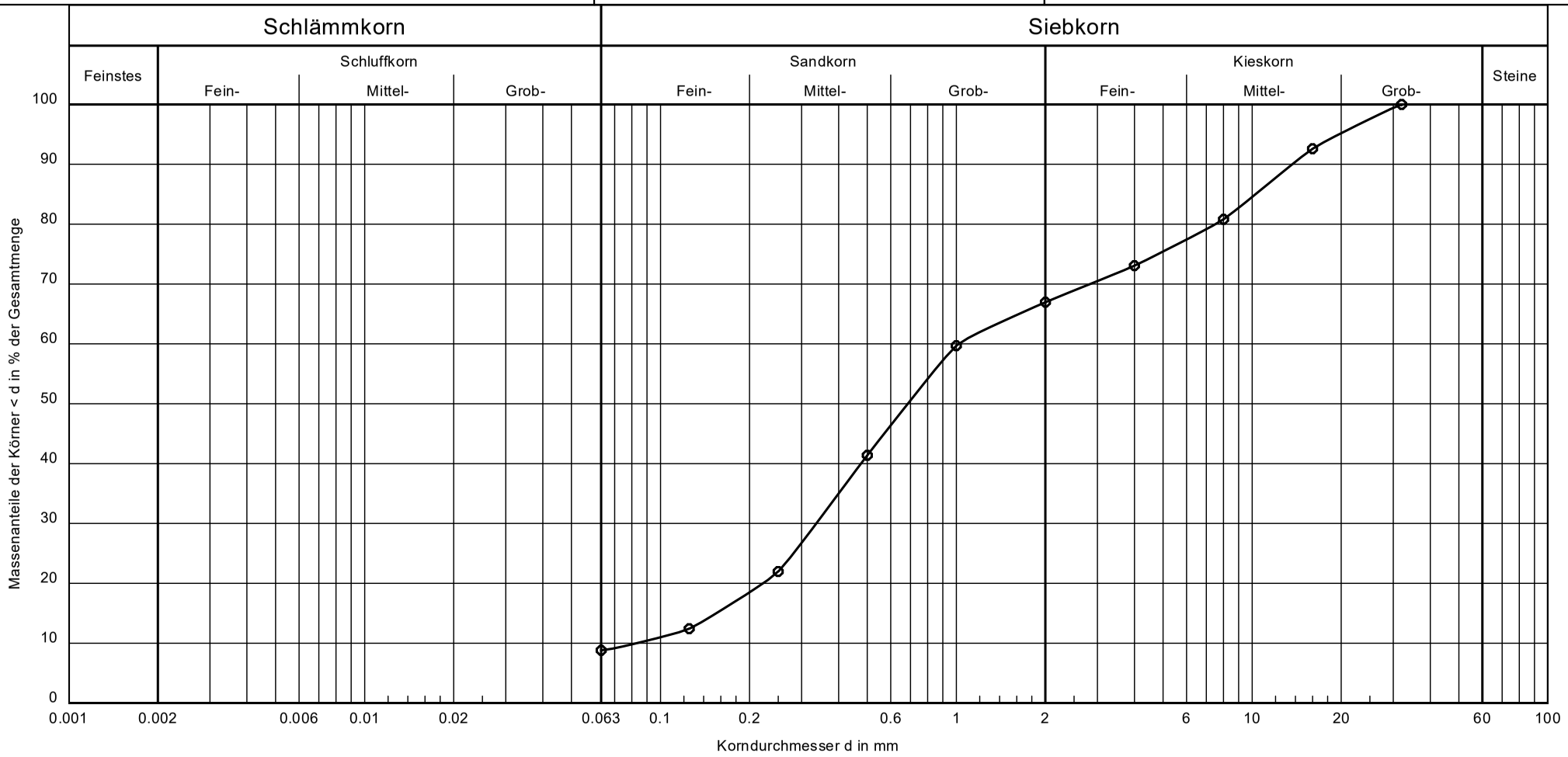
GEOTECHNISCHE PRÜFSTELLE
PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel. 0241/991 272 90
www.gpduellmann.de

Körnungslinie

RWE Power AG

Grachtweg Nord, Inden

Entnahmedatum: 07.02.2023
ausgeführt durch: Omar
ausgeführt am: 15.02.2023
Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	V 3/2
Entnahmestelle:	V3
Entnahmetiefe:	3,2 - 5,0 m
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, mg, u', fg'
Anteile:	- /8.8/58.1/33.0
Cu/Cc:	12.3/1.3
d10/d60 [mm]:	0.0830 / 1.0213
Bodengruppe:	SU

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 23.026
Anlage: 5.3

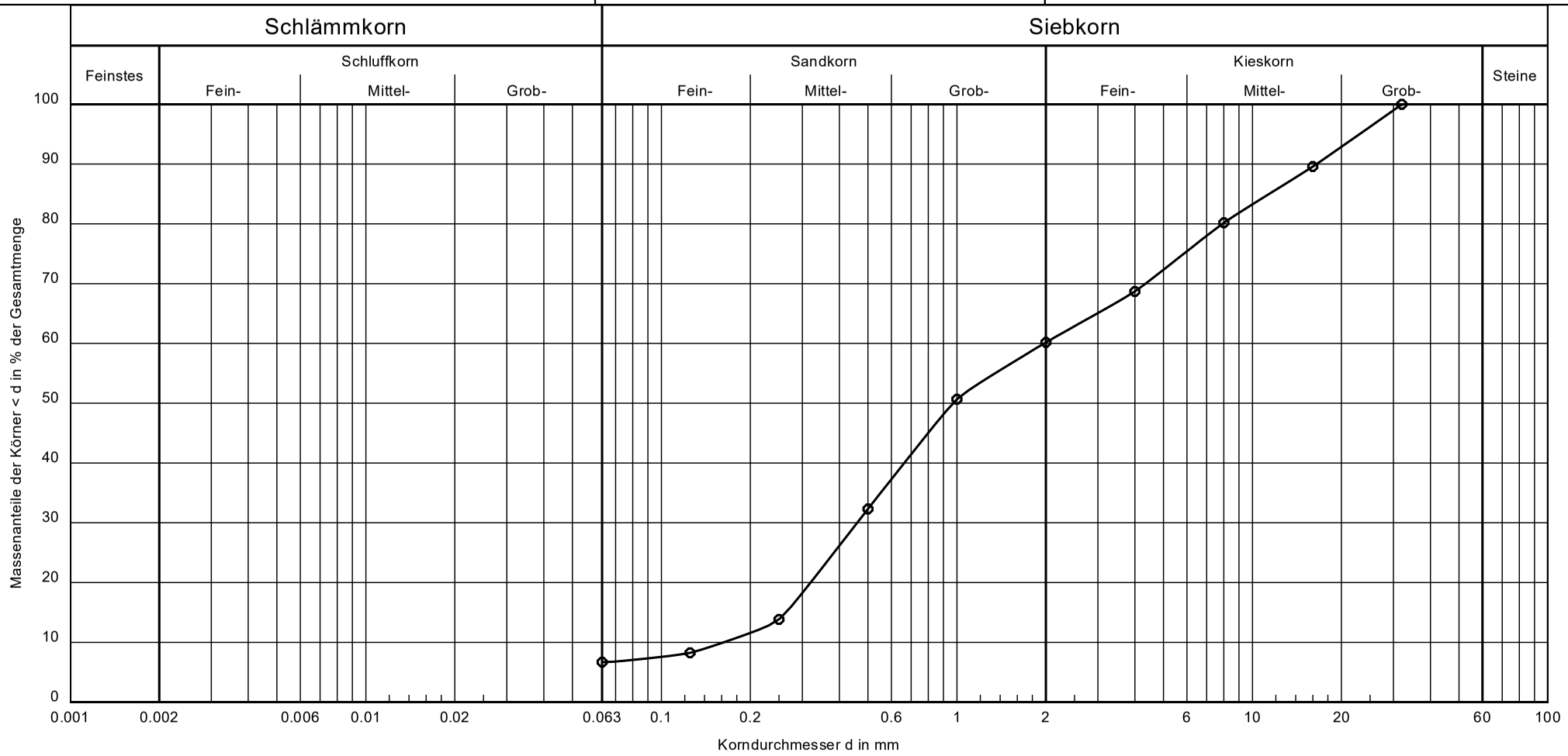
GEOTECHNISCHE PRÜFSTELLE
PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel. 0241/991 272 90
www.gpduellmann.de

Körnungslinie

RWE Power AG

Grachtweg Nord, Inden

Entnahmedatum: 07.02.2023
ausgeführt durch: Omar
ausgeführt am: 15.02.2023
Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	V 5/2
Entnahmestelle:	V5
Entnahmetiefe:	2,5 - 4,5 m
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, fg, mg, u', gg'
Anteile:	- /6.7/53.5/39.8
Cu/Cc:	12.2/0.7
d10/d60 [mm]:	0.1623 / 1.9741
Bodengruppe:	SU

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 23.026
Anlage: 5.4

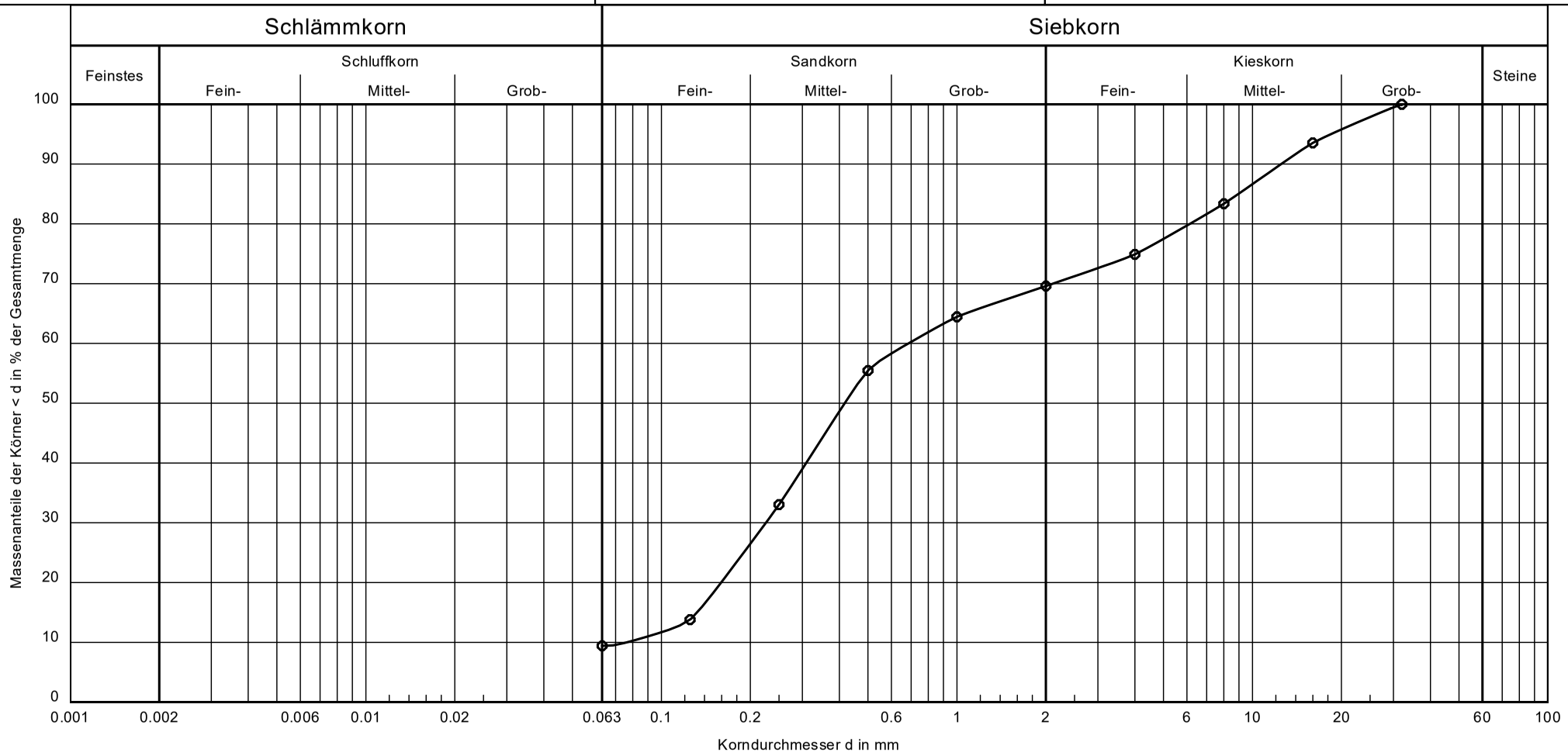
GEOTECHNISCHE PRÜFSTELLE
PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel. 0241/991 272 90
www.gpduellmann.de

Körnungslinie

RWE Power AG

Grachtweg Nord, Inden

Entnahmedatum: 07.02.2023
ausgeführt durch: Omar
ausgeführt am: 15.02.2023
Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	V 6/2
Entnahmestelle:	V6
Entnahmetiefe:	2,8 - 5,0 m
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, mg, u', fg'
Anteile:	- /9.4/60.2/30.4
Cu/Cc:	9.0/1.0
d10/d60 [mm]:	0.0763 / 0.6853
Bodengruppe:	SU

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 23.026
Anlage: 5.5

Eurofins Umwelt West GmbH - Zieglerstraße 11 a - 52078 Aachen

Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. Düllmann GmbH
Neuenhofstr. 112
52078 Aachen

Titel:	**Prüfbericht zu Auftrag 02303977**
Prüfberichtsnummer:	**AR-23-JA-001197-01**
Auftragsbezeichnung:	**Grachtweg Nord, Inden**
Anzahl Proben:	**4**
Probenart:	**Boden**
Probenahmedatum:	**08.02.2023**
Probenehmer:	**keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt**
Probeneingangsdatum:	**14.02.2023**
Prüfzeitraum:	**14.02.2023 - 10.03.2023**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Anhänge:
XML_Export_AR-23-JA-001197-01.xml

Sebastian Baling
Niederlassungsleitung

+49 2419468623

Digital signiert, 10.03.2023
Sebastian Baling
Prüfleitung

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-14078-01-00

				Probenbezeichnung		**MP 1**	**MP 2**	**MP 3**
				Probenahmedatum/ -zeit		**08.02.2023**	**08.02.2023**	**08.02.2023**
				Probennummer		**023014262**	**023014270**	**023014277**
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	**BG**	**Einheit**			
Probenvorbereitung Feststoffe								
Königswasseraufschluss	AN	L8	DIN EN 13657: 2003-01			X	X	X
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz								
Trockenmasse	AN	L8	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	84,9	85,1	94,6
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01#								
Arsen (As)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,8	mg/kg TS	8,0	7,8	5,2
Blei (Pb)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	2	mg/kg TS	13	32	11
Cadmium (Cd)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	0,3	< 0,2
Chrom (Cr)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	25	25	15
Kupfer (Cu)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	12	41	7
Nickel (Ni)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	23	25	15
Quecksilber (Hg)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Thallium (Tl)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink (Zn)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	44	176	32
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz								
TOC	AN	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	0,3	0,6	< 0,1
EOX	AN	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1,0	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Kohlenwasserstoffe C10-C22	AN	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40
PAK aus der Originalsubstanz								
Naphthalin	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Acenaphthylen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Acenaphthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Fluoren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Phenanthren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Anthracen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Fluoranthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Pyren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Benzo[a]anthracen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Chrysen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Benzo[b]fluoranthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Benzo[k]fluoranthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Benzo[a]pyren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Benzo[ghi]perylen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)	n.n. 1)	n.n. 1)
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	-	-	-
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	-	-	-

				Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				Probenahmedatum/ -zeit		08.02.2023	08.02.2023	08.02.2023
				Probennummer		023014262	023014270	023014277
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	**BG**	**Einheit**			
PCB aus der Originalsubstanz								
PCB 28	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 52	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 101	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 118	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 138	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 153	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 180	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Summe 6 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06		mg/kg TS	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06		mg/kg TS	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]
Physikalisch-chem. Kenngrößen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
pH-Wert	AN	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			8,0	7,8	8,5
Temperatur pH-Wert	AN	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	21,0	20,7	19,7
Leitfähigkeit bei 25°C	AN	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5	µS/cm	313	310	556
Kenngr. d. Eluatherst. f. org., nicht-flücht. Par. nach DIN 19529: 2015-12								
Trübung im Eluat nach DIN EN ISO 7027: 2000-04	AN	L8		10	FNU	< 10	< 10	17,2
Anionen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
Sulfat (SO4)	AN	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	10	21	140
Elemente aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
Arsen (As)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Blei (Pb)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,004	< 0,001	< 0,001
Cadmium (Cd)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg/l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (Cr)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001	< 0,001	0,001
Kupfer (Cu)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,002	0,003	< 0,001
Nickel (Ni)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,002	< 0,001	< 0,001
Quecksilber (Hg)	AN	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Thallium (Tl)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Zink (Zn)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01

				Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				Probenahmedatum/ -zeit		08.02.2023	08.02.2023	08.02.2023
				Probennummer		023014262	023014270	023014277
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	**BG**	**Einheit**			
PAK aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
Naphthalin	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05	< 0,05	n.n. [1)]
Acenaphthylen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,03	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Acenaphthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	n.n. [1)]	0,31	n.n. [1)]
Fluoren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	0,12	n.n. [1)]
Phenanthren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	n.n. [1)]	0,04	n.n. [1)]
Anthracen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	n.n. [1)]	< 0,008	n.n. [1)]
Fluoranthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	n.n. [1)]	< 0,02	n.n. [1)]
Pyren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	< 0,01	n.n. [1)]
Benzo[a]anthracen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Chrysen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Benzo[b]fluoranthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Benzo[k]fluoranthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Benzo[a]pyren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Benzo[ghi]perylen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,017	0,509	-
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	-	0,484	-
1-Methylnaphthalin	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	0,14	n.n. [1)]
2-Methylnaphthalin	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01	0,15	< 0,01
Summe Methylnaphthaline nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,010	0,290	0,005
Summe Naphthalin + Methylnaphthaline nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,027	0,315	0,005
PCB aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
PCB 28	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 52	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 101	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 118	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 138	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 153	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
PCB 180	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]	n.n. [1)]	n.n. [1)]
Summe 6 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11		µg/l	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11		µg/l	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]	(n. b.) [2)]

				Probenbezeichnung		**MP 4**
				Probenahmedatum/ -zeit		**08.02.2023**
				Probennummer		**023014283**
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	**BG**	**Einheit**	
Probenvorbereitung Feststoffe						
Königswasseraufschluss	AN	L8	DIN EN 13657: 2003-01			X
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz						
Trockenmasse	AN	L8	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	94,6
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01#						
Arsen (As)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,8	mg/kg TS	5,1
Blei (Pb)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	2	mg/kg TS	9
Cadmium (Cd)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2
Chrom (Cr)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	15
Kupfer (Cu)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	9
Nickel (Ni)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	14
Quecksilber (Hg)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,07	mg/kg TS	< 0,07
Thallium (Tl)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2
Zink (Zn)	AN	L8	DIN EN 16171:2017-01	1	mg/kg TS	27
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz						
TOC	AN	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	0,1
EOX	AN	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1,0	mg/kg TS	< 1,0
Kohlenwasserstoffe C10-C22	AN	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40
PAK aus der Originalsubstanz						
Naphthalin	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Acenaphthylen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Acenaphthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Fluoren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Phenanthren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Anthracen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Fluoranthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05
Pyren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Benzo[a]anthracen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Chrysen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Benzo[b]fluoranthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05
Benzo[k]fluoranthen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Benzo[a]pyren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Benzo[ghi]perylen	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. 1)
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	0,050
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	AN	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	0,050

				Probenbezeichnung		**MP 4**
				Probenahmedatum/ -zeit		**08.02.2023**
				Probennummer		**023014283**
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	**BG**	**Einheit**	
PCB aus der Originalsubstanz						
PCB 28	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]
PCB 52	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]
PCB 101	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]
PCB 118	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]
PCB 138	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]
PCB 153	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]
PCB 180	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06	0,01	mg/kg TS	n.n. [1)]
Summe 6 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06		mg/kg TS	(n. b.) [2)]
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN EN 16167: 2019-06		mg/kg TS	(n. b.) [2)]
Physikalisch-chem. Kenngrößen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12						
pH-Wert	AN	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			8,5
Temperatur pH-Wert	AN	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	20,2
Leitfähigkeit bei 25°C	AN	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5	µS/cm	210
Kenngr. d. Eluatherst. f. org., nicht-flücht. Par. nach DIN 19529: 2015-12						
Trübung im Eluat nach DIN EN ISO 7027: 2000-04	AN	L8		10	FNU	< 10
Anionen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12						
Sulfat (SO4)	AN	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	7,5
Elemente aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12						
Arsen (As)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Blei (Pb)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Cadmium (Cd)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg/l	< 0,0003
Chrom (Cr)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Kupfer (Cu)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Nickel (Ni)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Quecksilber (Hg)	AN	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
Thallium (Tl)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002
Zink (Zn)	AN	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01

				Probenbezeichnung		**MP 4**
				Probenahmedatum/ -zeit		**08.02.2023**
				Probennummer		**023014283**
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	**BG**	**Einheit**	
PAK aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12						
Naphthalin	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,05	µg/l	n.n. [1)]
Acenaphthylen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,03	µg/l	n.n. [1)]
Acenaphthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	n.n. [1)]
Fluoren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]
Phenanthren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	< 0,02
Anthracen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	n.n. [1)]
Fluoranthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,02	µg/l	n.n. [1)]
Pyren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]
Chrysen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]
Benzo[b]fluoranthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]
Benzo[k]fluoranthen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]
Benzo[a]pyren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	n.n. [1)]
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]
Dibenzo[a,h]anthracen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,008	µg/l	n.n. [1)]
Benzo[ghi]perylen	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	n.n. [1)]
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,013
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,013
1-Methylnaphthalin	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
2-Methylnaphthalin	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe Methylnaphthaline nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,008
Summe Naphthalin + Methylnaphthaline nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-39 (F39): 2011-09		µg/l	0,008
PCB aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12						
PCB 28	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]
PCB 52	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]
PCB 101	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]
PCB 118	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]
PCB 138	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]
PCB 153	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]
PCB 180	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11	0,001	µg/l	n.n. [1)]
Summe 6 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11		µg/l	(n. b.) [2)]
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	AN	L8	DIN 38407-37: 2013-11		µg/l	(n. b.) [2)]

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

X - durchgeführt

[#] Heizblock-Aufschluss außer bei Untersuchungen im gesetzlich geregelten Bereich.

Kommentare zu Ergebnissen

[1)] nicht nachweisbar

[2)] nicht berechenbar

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Vorgebirgsstrasse 20, Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit L8 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.