

GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER

BERATENDE INGENIEURE mbB

Kernkraftwerk Brokdorf, KBR Neubau Transportbereitstellungshalle TBH-KBR

1. Bericht

Baugrundbeurteilung
und Gründungsempfehlung

Hamburg, den 14. Februar 2019 - Auftr.-Nr. 022904

REIMERSBRÜCKE 5, D-20457 HAMBURG · TELEFON (040) 38 91 39-0 · TELEFAX (040) 380 91 70



Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Veranlassung	1
2. Unterlagen	2
3. Angaben zum Baugelände und zur geplanten Halle	3
3.1 Baugelände	3
3.2 Geplanter Neubau	4
4. Baugrund	5
4.1 Baugrundaufschluss	5
4.2 Baugrundsichtung	6
4.2.1 Auffüllung, überwiegend Sand	6
4.2.2 Organische Weichschichten Klei und Torf	8
4.2.3 Sande	8
4.2.4 Kies, sandig	9
4.2.5 Glimmerschluff	10
5. Wasser im Baugrund	11
5.1 Stauwasser	11
5.2 Grundwasser	11
5.3 Wasserqualität	12
6. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	13
6.1 Wassergehalt	13
6.2 Glühverlust	14
6.3 Bestimmung der Korngrößenverteilung	15
6.3.1 Klei	15
6.3.2 Sande	15
6.3.3 Kies	15
6.3.4 Geschiebemergel	16
6.3.5 Glimmerschluff	16



	<u>Seite</u>
6.4 Zustandsgrenzen.....	16
6.4.1 Klei.....	16
6.4.2 Glimmerschluff.....	17
7. Bodenkennwerte.....	18
7.1 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen	18
7.2 Bodenkennwerte für dynamische Berechnungen.....	19
8. Homogenbereiche.....	20
8.1 Allgemeines	20
8.2 Einteilung der Böden in Homogenbereiche.....	21
9. Orientierende technische Untersuchung des künftigen Aushubbodens auf Schadstoffe	21
9.1 Zusammenstellung der Mischproben	22
9.2 Fachliche Beurteilung der Analyseergebnisse im Hinblick auf die Verbringung/Entsorgung des Aushubbodens.....	23
9.3 Hinweise für das weitere Handeln	25
10. Gründungsbeurteilung	26
10.1 Gründungskonzept	26
10.2 Angaben zur Großbohrpfahlgründung	27
10.3 Setzungen der Großbohrpfahlgründung	28
11. Hinweise zur Bauausführung	30
11.1 Herstellung der Großbohrpfähle	30
11.2 Herstellung und Trockenhaltung der Baugrube.....	33
11.3 Leitungsanschlüsse.....	33
11.4 Zustandsfeststellung	34
12. Zusammenfassung.....	34



Anlagenverzeichnis

022904/1	Lage- und Übersichtsplan
022904/2	Bohrprofile B 1 und B 3 Drucksondierungen DS 1 bis DS 4
022904/3	Bohrprofile B 6 und B 8 Drucksondierungen DS 5 bis DS 8
022904/4, Blatt 1 und 2	Stauwasseranalyse
022904/5, Blatt 1 und 2	Grundwasseranalyse
022904/6 und 7	Korngrößenverteilungen oberer Klei
022904/8 und 9	Korngrößenverteilungen unterer Klei
022904/10 und 11	Korngrößenverteilungen Sande
022904/12	Korngrößenverteilungen Kiese
022904/13	Korngrößenverteilung Geschiebemergel
022904/14	Korngrößenverteilungen Glimmerschluff
022904/15 und 16	Konsistenzgrenzen oberer Klei
022904/17 bis 19	Konsistenzgrenzen unterer Klei
022904/20 und 21	Konsistenzgrenzen Glimmerschluff
022904/22.1 bis 22.7	Homogenbereiche H 1 bis H 7
022904/23, Blatt 1 bis 3	LAGA Bodenart „Sand“, MP 1, MP 5 und MP 6
022904/24, Blatt 1 bis 5	LAGA Bodenart „Lehm/Schluff“, MP 2, MP 3 und MP 4 und Erweiterung nach DepV



Kernkraftwerk Brokdorf
GmbH & Co. oHG
Osterende
25576 Brokdorf

Reimersbrücke 5
20457 Hamburg
Telefon: 040 389139-0
Telefax: 040 3809170
www.steinfeld-und-partner.de

DNV GL Zertifiziertes Management-
System mit dem Standard SCC[®]: 2011

Auftragsnummer

022904

14. Februar 2019
- Ri/Na -

Kernkraftwerk Brokdorf, KBR
Neubau Transportbereitstellungshalle TBH-KBR
hier: Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung

Bestellnummer 4500331541/PC7/0707

Anlagen: 022904/1 bis 24

1. Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung

1. Veranlassung

Auf dem Gelände des Kernkraftwerkes Brokdorf (KBR) ist der Neubau der Transportbereitstellungshalle TBH-KBR geplant.

Mit der o. g. Bestellung wurden wir seitens der PreussenElektra GmbH, Hannover, beauftragt, im Namen und auf Rechnung der Kernkraftwerk Brokdorf GmbH & Co. oHG für dieses Bauvorhaben den Bericht zur „Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung“ zu erstellen.

Partner



Partnerschaftsgesellschaft mit
beschränkter Berufshaftung
Sitz der Gesellschaft: Hamburg
Partnerschaftsregister: Hamburg
Registernummer: PR 1155

NL Berlin-Brandenburg
Blumberger Weg 20
16356 Ahrensfelde
Telefon: 033394 564-56
Telefax: 033394 564-58

Bankverbindungen





2. Unterlagen

Neben unseren umfangreichen Archivunterlagen zu den Baugrundverhältnissen vom Kraftwerksgelände stehen uns für die Bearbeitung die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

Von der PreussenElektra GmbH, Hannover:

U 2.1 Planunterlagen zur TBH-KBR als Vorabzug:

- Lageplan, M 1 : 500, Zeichnungs-Nr. E18725-030, Index 0 vom 18.06.2018
- Grundrisse, M 1 : 100, Zeichnungs-Nr. E18725-031.1, Index 0 vom 18.06.2018
- Schnitte, M 1 : 100, Zeichnungs-Nr. E18725-031.2, Index 0 vom 18.06.2018

Pläne erstellt von der wti GNS-Gruppe, Jülich,

- E-Mail der PreussenElektra GmbH mit Angabe der Nutzlasten für den Verlade- und Lagerbereich der TBH

Eingang am 05.07.2018

Vom Bohrunternehmen W. Soltau Brunnenbau GmbH, Seevetal:

U 2.2 Schichtenverzeichnisse der 4 konventionellen Baugrundaufschlussbohrungen B 1, B 3, B 6 und B 8 nach DIN EN ISO 22475-1, Endteufen rd. 35,0 m unter OK Gelände, einschließlich 71 gestörter Bodenproben in PVC-Bechern, 4 gestörter Bodenproben in 10 l-Eimern (Kies), 37 gestörter Bodenproben in LAGA-Gläsern, 40 ungestörter Bodenproben in 1 m langen PVC-Linern sowie 28 ungestörter Bodenproben im Stahlstützen, Bohrungen ausgeführt im Zeitraum 22.10. bis 08.11.2018

Eingang der Bodenproben am 09.11.2018

U 2.3 Sondierdiagramme der 8 Drucksondierungen DS 1 bis DS 8 nach DIN EN ISO 22476-1, erreichte Aufschlusstiefen zwischen rd. 35,6 m und rd. 40,0 m unter OK Gelände (Mittelwert rd. 38,6 m), Drucksondierungen ausgeführt am 08./09.10.2018 von der Fugro Germany Land GmbH, Lilienthal

Eingang am 17.10.2018

U 2.4 Analyseergebnisse einer Stauwasser- und einer Grundwasserprobe aus der Bohrung B 3 zur Beurteilung der Betonkorrosion nach DIN 4030 sowie der Stahlaggressivität nach DIN 50929, Analysen ausgeführt von der UCL Umwelt Control Labor GmbH, Kiel, Prüfberichte-Nr. 18-55864-002/1 (2 Blatt) Stauwasser und 18-55864-001/1 (2 Blatt) Grundwasser, jeweils vom 13.11.2018

Eingang am 14.11.2018



Vom Kernkraftwerk Brokdorf, KBR:

- U 2.5 Lageplan, Absteckfeldbuch - Grobabsteckung (ohne Maßstab) als Dokumentation der Absteckung der Aufschlusspunkte 1 bis 8 in der Örtlichkeit (mit NN-Höhe), gemessen am 26.09.2018, ausgeführt vom Vermessungsbüro Tittel & Martensen, Itzehoe,

Eingang am 10.10.2018

- U 2.6 Kernkraftwerk Brokdorf, Zwischenlager ZD-10, Setzungsmessungen aus dem Zeitraum 2004 (Anfang der Bauzeit) bis zum 07.05.2018 (derzeit letzte Folgemessung - Zwischenlager teilgefüllt, Lagerauslastung rd. 35 %), Setzungsmessungen ausgeführt und ausgewertet vom Vermessungsbüro CVK, Kruse, v. Barga, Stade

Eingang am 14.01.2019

Von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg:

- U 2.7 - Prüfbericht-Nr. 2018P524801/1, Analyseergebnisse der Mischproben MP 1, MP 5 und MP 6, Zuordnung gemäß LAGA (M 20, Fassung 2004)/Boden „Sand“, Datum 27.12.2018
- Prüfbericht-Nr. 2018P524803, ergänzte Version vom 22.01.2019, Analyseergebnisse der Mischproben MP 2, MP 3 und MP 4, Zuordnung gemäß LAGA (M 20, Fassung 2004)/Boden „Lehm/Schluff“ mit Erweiterungsanalysen nach DepV (2009) sowie für MP 2 und MP 3 auch Atmungsaktivität (AT 4) und Brennwert Ho (wf), Datum 30.01.2019

letzter Eingang am 30.01.2019

3. Angaben zum Baugelände und zur geplanten Halle

3.1 Baugelände

Der Neubau der Transportbereitstellungshalle ist auf dem nordwestlichen äußeren Kraftwerksgelände geplant. Der Neubau soll rd. 68 m nördlich bzw. nordöstlich vom Zwischenlager ZD.10 im Bereich des Revisionsparkplatzes ZT.2 sowie einem nordwestlich anschließenden, z. T. mit Strauchwerk bewachsenen Grünbereich gebaut werden. Die Lage des Neubaugrundrisses kann aus dem Lageplan der Anlage 022904/1 ersehen werden.

Nach der Einmessung der Aufschlussansatzpunkte durch den Vermesser (U 2.5) liegt das Gelände des Parkplatzes auf Höhen um rd. NN +1,4 m. Für den Grünbereich sind Höhen zwischen rd. NN +1,3 m und NN +1,6 m ausgewiesen. Die Erdmiete im Westen liegt mit ihrer Oberfläche etwa einen halben Meter höher (Ansatzhöhe DS 1 auf rd. NN +2,0 m bzw. B 1 etwas eingeebnet auf rd. NN +1,7 m).



3.2 Geplanter Neubau

Der nicht unterkellerte Neubau besteht überwiegend aus der Halle mit Anlieferung und Lagerbereich sowie aus dem im Nordosten unmittelbar anschließenden Betriebsgebäude. Die Grundrissabmessungen betragen insgesamt 28,10 m x 90,00 m (s. u.). Die Sohlplatten der Gebäudeteile sollen einheitlich mit OK auf NN +1,50 m (BN ±0,00 m) liegen (U 2.1). Für den Neubau wird eine Pfahlgründung erforderlich. Wir gehen von einer rd. 1,5 m dicken Pfahlkopfplatte aus (analog zum Zwischenlager ZD.10).

Die Halle erhält Abmessungen von 28,10 m x 80,00 m. Sie wird in Stahlbetonbauweise errichtet. Der Anlieferbereich im Nordosten wird 12,00 m breit. Die restliche Grundfläche wird als Lager genutzt. Die Kranschienen verlaufen rd. 10,5 m über OK Sohlplatte mit OK Schiene auf BN +10,51 m. Die Gesamthöhe des Lagers beträgt über OK Sohlplatte rd. 16,80 m (OK umlaufende Traufe). Die Dicke der auf Stahlbetonfertigteilebindern aufliegenden Ortbetondecke beträgt rd. 50 cm. Die Außenwände erhalten eine Dicke von 85 cm. Die Unterkante der Pfahlkopfplatte wird bei rd. NN ±0,0 m angenommen.

Das Betriebsgebäude wird vom Lager durch eine Fuge getrennt. Es erhält Abmessungen von rd. 10,0 m x 28,10 m und insgesamt 3 Geschosse (EG, 1. OG, 2. OG). Es soll in Stahlbeton und Ziegelmauerwerk errichtet werden. Die Gebäudehöhe beträgt über OK Sohle EG bis OK Traufe rd. 12,10 m (U 2.1). Ob das Betriebsgebäude zusammen mit der angrenzenden Halle auf einer durchlaufenden Pfahlkopfplatte errichtet wird, ist noch statisch zu prüfen.

Lasten aus einer statischen Berechnung liegen für den geplanten Neubau der Transportbereitstellungshalle noch nicht vor. Die Nutzlast für den Lagerbereich ist mit 250 kN/m² und im Verladebereich mit 100 kN/m² geplant (U 2.1). Die Wand- und die über die Außenwände abgetragenen Deckenlasten wurden von uns mit rd. 600 kN/m abgeschätzt.

Für das Betriebsgebäude wird vorerst von einer mittleren Geschossflächenlast von rd. 15 kN/m² ausgegangen. Bei drei Geschossen (EG, 1. OG und 2. OG) beträgt die über die Sohlplatte abzutragende Flächenlast dann rd. 45 kN/m².



4. Baugrund

4.1 Baugrundaufschluss

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse sind bezogen auf den geplanten Neubaugrundriss der Transportbereitstellungshalle 4 konventionelle Baugrundaufschlussbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 (B 1, B 3, B 6 und B 8, U 2.2) sowie 8 Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1 (DS 1 bis DS 8, U 2.3) ausgeführt worden. Die ungefähre Lage der Aufschlussansatzpunkte kann aus dem Lageplan der Anlage 022904/1 ersehen werden. Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse bzw. Aufschlusspaare haben untereinander einen Abstand von rd. 30 m.

Die 8 Drucksondierungen wurden vor den Bohrungen ausgeführt. Mit den Drucksondierungen konnten Aufschlusstiefen unter OK Gelände zwischen rd. 35,6 m (DS 1 bzw. bis rd. NN -33,5 m) und rd. 40,0 m (DS 2, DS 7 bzw. bis max. rd. NN -38,6 m) erreicht werden (Mittelwert bis rd. 38,6 m unter OK Gelände). Die Drucksondierungen enden verfahrensbedingt (Geräteauslastung) im Glimmerschluff (s. Abschn. 4.2) bzw. wurden bei rd. 40 m Aufschlusstiefe im Glimmerschluff beendet (DS 2, DS 7).

Der Bohrdurchmesser der 4 Aufschlussbohrungen betrug $D = 273$ mm. Die Bohrungen wurden einheitlich bis rd. 35,0 m unter OK Gelände abgeteuft und enden alle im Glimmerschluff (s. Abschn. 4.2). Vom Bohrunternehmen wurden neben den gestörten Bodenproben (in PVC-Bechern) aus allen organischen und bindigen Bodenschichten auch ungestörte Bodenproben in Stahlstutzen entnommen (U 2.2). Darüber hinaus wurden aus allen Bohrungen über eine Bohrstrecke von rd. 10 m (von rd. 14,0 m bis rd. 24,0 m unter OK Gelände) Rohrkerne gezogen (Kernlänge jeweils 1,0 m, Kern- \varnothing ca. 100 mm). Erfasst wurde so der Teufenbereich der Sande ab Basisnähe der organischen Weichschichten bis zur folgenden Kiesschicht (s. Abschn. 4.2). Aus der Kiesschicht wurde in jeder Bohrung auch eine Bodenprobe im 10 l-Eimer gewonnen, für die Bestimmung von aussagekräftigen Korngrößenverteilungen des Kieses (s. Abschn. 6.3.3).



Die Ergebnisse der Drucksondierungen sind auf den Anlagen 022904/2 und 3 in Form der Sondierdiagramme (U 2.3) im Maßstab 1:100 über die Tiefe dargestellt. Aufgetragen sind jeweils die lokale Mantelreibung τ_m in MN/m², der Spitzenwiderstand q_c in MN/m² und das daraus abgeleitete Reibungsverhältnis $R_f = \tau_m/q_c \cdot 100$. Die Ergebnisse der 4 Bohrungen B 1, B 3, B 6 und B 8 sind nach den Angaben des Bohrunternehmers in den Schichtenverzeichnissen (U 2.2) sowie nach unserer visuellen und manuellen Bewertung der uns vom Bohrunternehmen angelieferten Bodenproben auf den Anlagen 022904/2 und 3 jeweils rechts neben der benachbarten Drucksondierung als höhengerecht dargestelltes Bohrprofil im Maßstab 1:100 aufgetragen.

Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse vermitteln das folgende Bild über den Baugrundaufbau.

4.2 Baugrundsichtung

Über die erkundete Tiefe weist der Baugrund die folgende Baugrundsichtung auf:

- 4.2.1 Auffüllung, überwiegend Sand
- 4.2.2 Organische Weichschichten Klei und Torf
- 4.2.3 Sande
- 4.2.4 Kies, sandig
- 4.2.5 Glimmerschluff

4.2.1 Auffüllung, überwiegend Sand

Oberflächlich ist das Gelände im Bereich des Parkplatzes ZT.2 mit Rasengittersteinen und nach dem Ergebnis der Bohrung B 6 darunter noch bis rd. 0,2 m unter OK Gelände mit kiesigen Sanden (enthält Bauschuttspuren) befestigt.

Außerhalb des Parkplatzes steht oberflächlich eine geringmächtige Mutterbodenschicht aus überwiegend Feinsand mit wechselnden Mittelsand-, Schluff- und organischen Beimengungen an. In den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen B 1 und B 3 ist der Mutterboden vom Bohrunternehmen nicht extra vermerkt (U 2.2). Die Bohrung B 8 zeigt den Mutterboden rd. 20 cm mächtig.



Unter der Oberflächenbefestigung oder dem Mutterboden bzw. ab der Geländeoberkante folgt in allen Aufschlüssen eine Auffüllung aus Sand. Es handelt sich dabei um die im Winterhalbjahr 1976/77 großflächig aufgebrachte Geländeaufspülung für den Kraftwerksneubau.

Erkundet wurde in den Bohrungen überwiegend Mittelsand mit unterschiedlichen Feinsandanteilen, geringen Schluffbeimengungen (auch Kleibrocken) sowie örtlich auch sehr geringen Grobsandanteilen oder einzelnen Kiesen und mit örtlich geringen organischen Bestandteilen.

Nach den Bohrergebnissen ist die Auffüllung (einschließlich Oberflächenbefestigung oder Mutterboden) insgesamt zwischen rd. 2,2 m (B 8) und rd. 3,3 m (B 1) mächtig (i. M. rd. 2,6 m). Die Drucksondierungen zeigen vergleichbar dazu Mächtigkeiten zwischen rd. 1,9 m (DS 7) und rd. 3,5 m (DS 1; i. M. rd. 2,5 m). Die Basis der Auffüllung wurde am südöstlichen Rand der geplanten Halle im Niveau zwischen rd. NN -0,5 m (DS 7) und rd. NN -0,9 m (B 6) aufgeschlossen (i. M. rd. NN -0,7 m). Am nordwestlichen Rand liegt die Basis der Auffüllung etwas tiefer im Niveau zwischen rd. NN -1,0 m (DS 2) und rd. NN -1,6 m (B 1; i. M. rd. NN -1,4 m).

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen DS 5 bis DS 7 ist die Auffüllung im Bereich des Parkplatzes ZT.2 überwiegend dicht gelagert ($15 \text{ MN/m}^2 \leq q_c \leq 25 \text{ MN/m}^2$). Die anderen Drucksondierungen zeigen eine überwiegend mitteldicht gelagerte Auffüllung (um $q_c = 10 \text{ MN/m}^2$). Nur der obere knapp eine Meter der Erdmiete (DS 1) ist mit Spitzenwiderständen um $q_c = 5 \text{ MN/m}^2$ nur locker gelagert. In rd. 2 m Tiefe unter OK Gelände steigt hier aber der Spitzenwiderstand dann örtlich bis auf Werte über $q_c = 20 \text{ MN/m}^2$ an (Spannungsspitze). Hier ist für diesen Teufenbereich eine dichte bis sehr dichte Lagerung vorhanden.



4.2.2 Organische Weichschichten Klei und Torf

Der gewachsene Baugrund beginnt mit den organischen Weichschichten aus Klei und Torf.

Der Weichschichtkomplex ist zwischen rd. 11,4 m (B 3) und rd. 14,9 m (DS 6) mächtig (Schichtdickendifferenz rd. 3,5 m, mittlere Mächtigkeit rd. 13,0 m). Er besteht aus dem oberen Klei (i. M. rd. 4 m mächtig), dem eingelagerten Torf (i. M. rd. 2 m mächtig) und dem unteren Klei (i. M. rd. 6 m bis 8 m mächtig).

Die Basis des Schichtkomplexes wurde zwischen rd. NN -12,8 m (B 3) und rd. NN -15,6 m (B 6, DS 6) erkundet. Die Schichtbasis ist danach nicht eben und horizontal ausgebildet, sondern weist nach dem Erkundungsergebnis Höhendifferenzen von rd. 3 m auf.

Beim oberen und unteren Klei handelt es sich um einen organischen bindigen Boden aus überwiegen Schluff und/oder Ton und Schluff mit unterschiedlichen Feinsandbeimengungen. Die Feinsande können örtlich auch als Bänder, Streifen oder Schichten eingelagert sein. Der Klei steht oberflächennah in weicher, darunter bis zur Schichtbasis des unteren Kleis nur in breiiger Konsistenz an (Verklebungspotential s. Abschn. 6.4.1). Er zeigt wechselnde Anteile von eingelagerten Pflanzenresten. Besonders der untere Klei enthält auch viele Schilffreste. Im Klei wurden unregelmäßig auch torfige Einlagerungen erkundet.

Der Übergang vom oberen Klei zum Torf und vom Torf zum unteren Klei ist fließend. Der Torf ist wenig zersetzt und enthält viele Pflanzenreste. Er besteht z. T. nahezu ausschließlich aus organischem Material (s. Abschn. 6.2). Örtlich wurde auch Torf mit vielen kleiigen Lagen aufgeschlossen (s. B 8 von rd. 5,6 m bis 7,0 m unter OK Gelände).

Die organischen Weichschichten wirken als Wasserstauer (Grundwassernichtleiter).

4.2.3 Sande

Nach dem Durchteufen der organischen Weichschichten folgt ein mächtiger Sandkomplex. Unterhalb der organischen Weichschichten können in den Sanden örtlich noch Weichschichteinlagerungen auftreten.



Der Schichtkomplex ist nach den Aufschlussergebnissen insgesamt zwischen rd. 6,6 m (B 6) und rd. 9,8 m (DS 5) mächtig (i. M. rd. 8,0 m bis 8,5 m). Die Schichtbasis wurde recht einheitlich zwischen rd. NN -21,6 m (DS 3) und rd. NN -22,9 m (DS 5) erkundet (i. M. bei rd. NN -22,3 m).

Die Sande bestehen zunächst überwiegend aus Fein- und Mittelsanden mit örtlich meist nur sehr geringen Schluffbeimengungen. Mit zunehmender Tiefe werden die Sande langsam gröber. Die Grobsandanteile und dann auch die kiesigen Beimengungen nehmen zu. In Basisnähe können auch schon einzelne Steine eingelagert sein (s. Bohrung B 1, Schicht von rd. 23,4 m bis rd. 24,5 m Tiefe unter OK Gelände).

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen wechselt die Lagerungsdichte der Sande örtlich z. T. stark. Überwiegend sind die Sande mit Spitzenwiderständen um $q_c = 10 \text{ MN/m}^2$ mindestens mitteldicht gelagert. In der rd. oberen Hälfte des Schichtkomplexes treten aber häufig - z. T. auch über mehrere Meter (s. DS 3 oder DS 8) - dichte ($q_c \geq 15 \text{ MN/m}^2$) und vereinzelt auch sehr dichte Lagerungen auf ($q_c \geq 25 \text{ MN/m}^2$). Darunter wurden vereinzelt und dann bei einer Mächtigkeit von rd. 1 m bis 2 m auch Zonen mit lockerer ($q_c \geq 5 \text{ MN/m}^2$, z. B. DS 3, DS 6) oder locker bis mitteldichter Lagerung ($q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$) erkundet. In der Drucksondierung DS 5 ist in Höhe der Schichtbasis über rd. 1,5 m eine extrem dichte Lagerung vorhanden ($q_c > 40 \text{ MN/m}^2$).

Die Sande sind grundwasserführend. Das Grundwasser steht mit den Tidewasserständen der Elbe in hydraulischer Verbindung (s. Abschn. 5).

Nach den Erfahrungen vom Kraftwerksgelände handelt es sich bei dem anstehenden Sandschichtkomplex um einen hochtragfähigen Baugrund.

4.2.4 Kies, sandig

Nach dem Durchteufen der Sande folgt in allen Aufschlüssen ein Schichtkomplex aus sandigem Kies. Der Übergang von den Sanden zum Kies ist fließend. Es handelt sich um mächtige Erosionsreste einer ehemaligen Geschiebemergelschicht, wobei der Geschiebemergel von den Schmelzwässern zerspült, die feineren Bestandteile vom Wasser ausge-



tragen wurden und nur die groben Komponenten liegen geblieben sind. In der Bohrung B 6 ist der Geschiebemergel an der Basis der Kiesschicht noch als Rest mit einer Schichtdicke von rd. 0,4 m erkundet worden. Der mit $w = 12,8\%$ nur geringe Wassergehalt des Geschiebemergels (s. Abschn. 6.1) weist auf die hohe Festigkeit dieser Restschicht hin.

In der Kiesschicht muss mit Geröllhorizonten aus sandigem Kies, Steinen und Blöcken gerechnet werden, wobei die Blöcke Findlingsgröße erreichen können. Mit dem gewählten großen Bohrdurchmesser von $D = 273$ mm konnte die Kiesschicht durchteuft werden. Es wurden viele Steine, z. T. mit Kantenlängen bis 20 cm (s. B 3), geborgen (U 2.2). Die ungefähre Anzahl und Größe der erbohrten Steine ist nach den Angaben des Bohrunternehmens an den Bohrprofilen auf den Anlagen 022904/2 und 3, der jeweiligen Tiefe zugeordnet, vermerkt. Es handelt sich dabei naturgemäß um ein zufälliges Ergebnis. Die festgestellte Steinzahl muss nicht repräsentativ sein.

Die Schichtbasis der sandigen Kiese verläuft nicht eben. Sie wurde in Tiefen zwischen rd. NN -26,7 m (DS 6) und rd. NN -31,5 m erkundet (DS 4; Differenz rd. 4,8 m). Nach den Aufschlussresultaten hat die Kiesschicht Mächtigkeiten zwischen rd. 4,3 m (DS 6) und rd. 9,0 m (DS 4) bzw. im Mittel zwischen rd. 6,0 m bis 6,5 m.

Die Ergebnisse der Drucksondierungen spiegeln die Eigenschaften der sandigen Kiesschicht hinsichtlich der Lagerungsdichte aufgrund der Kies- und Steineinlagerungen und des hier nicht immer möglichen kontinuierlichen Sondierfortschrittes nur eingeschränkt wider. Es handelt sich um eine hochtragfähige Schicht in überwiegend dichter und sehr dichter Lagerung.

4.2.5 Glimmerschluff

Nach dem Durchteufen der Kiese sowie der Reste des Geschiebemergels (B 6, DS 6) wurde in allen Aufschlüssen der Glimmerschluff angeschnitten. Bei einer max. Aufschlusstiefe bis rd. 40,0 m unter OK Gelände konnte die Drucksondierung DS 2 den Glimmerschluff max. rd. 11,1 m mächtig aufschließen. Erkundet wurden bindige Feinsand- und/oder Schluffschichten mit wechselnden Tonanteilen. Der Feinsandanteil kann örtlich mehr als 50 % erreichen (s. Abschn. 6.3.5).



Beim Glimmerschluff handelt es sich um einen weiträumig anstehenden, mächtigen, überwiegend bindigen Schichtkomplex, der auf dem Kraftwerksgelände bei Bohrtiefen bis rd. 100 m unter OK Gelände nicht durchteuft wurde.

Der Glimmerschluff steht überwiegend in fester Konsistenz an (s. Abschn. 6.4.2). Es handelt sich um einen hochtragfähigen voreiszeitlichen (tertiären) Schichtkomplex.

5. Wasser im Baugrund

In der oberen Auffüllung aus überwiegend Sanden ist ein Stauwasserhorizont ausgebildet. Das Grundwasser steht in den Sanden und Kiesen unterhalb der organischen Weichschichten weiträumig als gespannter Druckhorizont an.

5.1 Stauwasser

In der Sandauffüllung oberhalb der organischen Weichschichten ist ein Stauwasserhorizont ausgebildet. Die Höhe des Stauwasserstandes wird u. a. vom Wasserstand in den benachbarten Gräben (etwa NN $\pm 0,0$ m) sowie örtlichen Dränagen oder anderen Vorflutmöglichkeiten und von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen bestimmt. Während der Bohrarbeiten im Zeitraum Ende Oktober / Anfang November 2018 wurden Stauwasserstände zwischen rd. 1,05 m (B 3; NN +0,35 m) und rd. 2,20 m unter OK Gelände (B 8; NN -0,80 m) erkundet. In Zeiten mit lang anhaltenden ergiebigen Niederschlägen ist örtlich und zeitlich begrenzt ein Stauwasseraufstau bis nahe zur Geländeoberkante nicht auszuschließen.

5.2 Grundwasser

Das Grundwasser steht in den Sanden unterhalb der organischen Weichschichten als gespannter Druckhorizont an. Es unterliegt dem Tideeinfluss des Elbwassers. Auch alle in den organischen Weichschichten eingelagerten Sandbänder oder Sandschichten sind grundwasserführend. Hier ist ein mittlerer Grundwasserdruck um rd. NN $\pm 0,0$ m eingepreßt.

Während der Bohrarbeiten wurde das gespannte Grundwasser nach dem Durchteufen der organischen Weichschichten angebohrt und so auch an den Bohrprofilen auf den Anlagen 022904/2 und 3 angetragen. Aufgrund der großen Druckunterschiede und der guten



Wasserdurchlässigkeit in den Sanden unter den organischen Weichschichten steigt das Grundwasser nach dem Anschneiden kräftig und schnell an. Die in den Schichtenverzeichnissen (U 2.2) des Bohrunternehmens vermerkten Wasserstände sind nur Momentaufnahmen. Sie sind nicht ausgespiegelt und sie können auch die Tideschwankungen im Grundwasser nicht wiedergeben. An den Bohrprofilardarstellungen wurde deshalb nur der Grundwasseranstieg vermerkt. Angaben zu den ausgespiegelten Grundwasserständen lassen sich aus Pegelmessungen ableiten (s. u.).

Nach den Ergebnissen von mehrjährigen Pegelmessungen auf dem Kraftwerksgelände ist in den unteren Sanden etwa mit mittleren Wasserdruckhöhen H zwischen rd. NN -0,5 m < H < NN +0,5 m zu rechnen. Die Grundwasserstandsmessungen haben gezeigt, dass im Grundwasser zusätzlich mit Druckschwankungen in der Größenordnung von rd. 50 % der Tideschwankungen des Elbwassers zu rechnen ist. Die gedämpften Elbtiden sind auf die o. g. mittleren Wasserdruckhöhen H aufmoduliert. Für die sturmflutfreie Zeit im Sommerhalbjahr (vom 01.04. bis 15.09. eines jeden Jahres) ist für die Tidehochwasserzeiten mit einem Grundwasserdruck bis max. NN +1,50 m zu rechnen. Dieser Wert kann im Sommerhalbjahr nur kurzzeitig während sehr seltener Sommersturmfluten überschritten werden.

Für das Gelände des Kernkraftwerks Brokdorf ist ein Katastrophenwasserstand von NN +4,3 m (einschließlich Wellenschlag von 0,5 m) eingeführt. Es wird in diesem Fall von einem Versagen der Deiche und einer Überflutung des Geländes ausgegangen.

5.3 Wasserqualität

Während der Bohrarbeiten wurde vom Bohrunternehmen aus der Bohrung B 3 je eine Wasserprobe aus dem oberen Stauwasser- und dem unteren Grundwasserhorizont entnommen (U 2.2). Die Wasserproben wurden von der UCL GmbH auf Betonaggressivität nach DIN 4030-1:2008-06 sowie auf Stahlaggressivität nach DIN 50929 untersucht (U 2.4). Die Analyseergebnisse sind dem vorliegenden Bericht als Anlage 022904/4, Blatt 1 und 2, (B 3-SW, Stauwasser) und als Anlage 022904/5, Blatt 1 und 2 (B 3-GW, Grundwasser) beigelegt.



Das Stauwasser ist aufgrund eines leicht erhöhten Ammoniumgehaltes (25 mg/l) als schwach betonangreifend eingestuft (Expositionsklasse XA 1). Das Grundwasser ist nicht betonangreifend (Expositionsklasse < XA 1).

In Bezug auf die Mulden-/Lochkorrosion bzw. auf die Flächenkorrosion von Stahl ist das Stauwasser jeweils in die Kategorie „sehr gering“ und das Grundwasser in „gering“ bzw. „sehr gering“ eingestuft.

6. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Für die Bestimmung von Bodenkennwerten und zur Übertragbarkeit von Bodenkennwerten gleicher Bodenarten vom Kraftwerksgelände sowie von vergleichbaren Bauvorhaben sind von repräsentativ ausgewählten typischen Bodenproben bodenmechanische Laborversuche ausgeführt worden, deren Ergebnisse nachfolgend mitgeteilt werden.

6.1 Wassergehalt

Die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen von organischen und bindigen Bodenproben durch Ofentrocknung nach DIN EN ISO 17892-1 sind auf den Anlagen 022904/2 und 3 rechts neben den Bohrprofilardarstellungen in einer gesonderten Spalte eingetragen. Es ergeben sich folgende Grenz- und Mittelwerte:

Tabelle 1 Wassergehalte

Bodenart	Anzahl der Versuche	Wassergehalt w (%)		
		min.	mittel	max.
oberer Klei, weiche Konsistenz	5	27,7	32,7	38,8
oberer Klei, breiige Konsistenz	17	38,3	67,3	111
Torf, wenig zersetzt, z. T. kleiig	10	137	357	489
unterer Klei, breiige Konsistenz	25	80,5	102	147
Geschiebemergel	1	-	12,8	-
Glimmerschluff	19	13,4	15,1	18,1



Die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen liegen in der für die untersuchten Böden erwarteten und vom Kraftwerksgelände bekannten Größenordnung.

Die große Bandbreite der Wassergehalte in den Klei- und Torfschichten weist auf den sehr inhomogenen Schichtenaufbau sowie auf die stark wechselnden organischen Anteile im Klei hin.

Die Wassergehalte des Geschiebemergels und des Glimmerschluffes sind sehr gering. Sie verweisen auf die hohe Festigkeit und Steifigkeit dieser Schichten.

6.2 Glühverlust

Der Gehalt an organischer Substanz ist an insgesamt 12 Klei- und an 4 Torfproben im Glühverlustversuch nach DIN 18128 bestimmt worden. Die Ergebnisse sind auf den Anlagen 022904/2 und 3 links neben den Bohrprofilen B 1, B 3, B 6 und B 8, der jeweiligen Schicht zugeordnet, angetragen. Es ergeben sich folgende Grenz- und Mittelwerte.

Tabelle 2 Glühverlust

Bodenart	Anzahl der Versuche	Glühverlust V_{gl} (%)		
		min.	mittel	max.
oberer Klei	4	2,9	5,7	8,0
Torf	4	75,3	86,7	90,8
unterer Klei	8	7,4	9,0	11,6

Der Klei ist nach den Versuchsergebnissen als schwach organischer ($V_{gl} < 5 \%$), als organischer ($5 \% \leq V_{gl} \leq 10 \%$) oder stark organischer Boden ($V_{gl} > 10 \%$) einzustufen. Der Gehalt an organischen Bestandteilen wechselt im Klei vergleichsweise stark und regellos. Der Torf besteht örtlich nahezu vollständig aus organischem Material (max. $V_{gl} = 90,8 \%$).



6.3 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Von den erkundeten gewachsenen Bodenschichten sind Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4 durch Siebung und/oder Sedimentation bestimmt worden. Vom nahezu vollständig aus organischem Material bestehenden Torf ist die Bestimmung der Korngrößenverteilung nach v. g. DIN versuchstechnisch nicht möglich.

Die Einzelergebnisse der Versuche sind auf den Anlagen 022904/6 bis 14 dargestellt.

6.3.1 Klei

Die Anlagen 022904/6 und 7 zeigen insgesamt 5 Korngrößenverteilungen vom oberen Klei. Auf den Anlagen 022904/8 und 9 sind insgesamt 5 Korngrößenverteilungen vom unteren Klei dargestellt.

Die Korngrößenverteilungen weisen auf den inhomogenen Aufbau der Kleischichten hin. Der Tongehalt ($d \leq 0,002$ mm) kann örtlich weniger als 10 % betragen oder aber auch Werte um 50 % erreichen. Der Ton- und Schluffgehalt ($d \leq 0,06$ mm) liegt in der Regel über 80 %, kann aber örtlich auch unter 50 % abfallen. Dann hat der Klei einen entsprechend hohen Sandgehalt (mehr als 50 % möglich, überwiegen Feinsand).

6.3.2 Sande

Die Anlagen 022904/10 und 11 zeigen insgesamt 8 Korngrößenverteilungen der Sande. Es handelt sich um Fein- und/oder Mittelsande mit einem Schluffgehalt $d \leq 0,06$ mm von weniger als 5 %. Mit der Tiefe nimmt der Grobsandanteil langsam zu und es können auch Kiese, vereinzelt auch Steine eingelagert sein.

6.3.3 Kies

Auf der Anlage 022904/12 sind beispielhaft insgesamt 4 Korngrößenverteilungen der Kiese unterhalb der Sandschicht dargestellt. Um möglichst repräsentative Angaben über den Kornaufbau der Kiese zu erhalten, wurde in den 4 Versuchen jeweils der gesamte Inhalt der vom Bohrunternehmen in 10 l-Eimern aus dem Kies entnommenen Bodenproben gesiebt (U 2.2). In den Versuchen wurden Sandgehalte ($d \leq 2$ mm) zwischen rd. 30 % und 40 % bestimmt. Der Steinanteil ($d > 60$ mm) lag zwischen rd. 10 % und 20 %. Im Kies sind Steine und Blöcke bis zur Findlingsgröße möglich.



6.3.4 Geschiebemergel

Die Korngrößenverteilung auf der Anlage 022904/13 zeigt den typischen Kornaufbau eines Geschiebemergels, der vom Ton über den Schluff und Sand bis zum Kies reicht. Die größeren Kiese und Steine sind hier versuchstechnisch nicht mit erfasst worden. Im Geschiebemergel sind Steineinlagerungen bis zur Findlingsgröße möglich.

6.3.5 Glimmerschluff

Auf der Anlage 022904/14 sind exemplarisch 4 Korngrößenverteilungen vom Glimmerschluff dargestellt. Es handelt sich um eine bindige Feinsand-/Schluffschicht. Der Tonanteil ($d \leq 0,002$ mm) wurde etwa zwischen 15 % und 30 % bestimmt.

6.4 Zustandsgrenzen

Von 5 Kleiprobe und von 2 Glimmerschluffproben wurden zur Bestimmung der Plastizitäts- und der Konsistenzzahl (I_p und I_c) die Wassergehalte an der Fließ- und Ausrollgrenze (w_L und w_P) nach DIN 18122 bestimmt.

6.4.1 Klei

Die Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmung vom Klei sind auf den Anlagen 022904/15 bis 19 dargestellt. Sie lauten wie folgt:

Tabelle 3 Zustandsgrenzen Klei, organisch

Probe aus / s. Anlage	zugehörige Kornverteilung auf Anlage	Fließgrenze w_L (%)	natürlicher Wassergehalt w (%)	Ausrollgrenze w_P (%)	Plastizitätszahl I_p (%)	Konsistenzzahl I_c (-)	Zustandsform
B 1, 4,25 m / 022904/15	022904/6	93,3	70,3	46,1	47,8	0,49	breiig (bis weich)
B 6, 3,25 m / 022904/16	022904/7	60,8	42,3	35,5	25,3	0,73	weich (bis steif)
B 1, 12,75 m / 022904/17	022904/8	110,9	97,5	56,1	54,8	0,24	breiig
B 3, 12,25 m / 022904/18	022904/8	122,0	100,4	66,5	55,5	0,39	breiig
B 6, 10,25 m / 022904/19	022904/9	105,5	86,8	50,8	54,7	0,34	breiig



Die untersuchten Kleiprobe sind bodenmechanisch als organische Tone (OT) mit ausgeprägter Plastizität ($w_L > 50\%$) einzustufen.

Nach den Konsistenzzahlen sind die beiden oberflächennahen Kleiprobe (B 1, 4,25 m; B 6, 3,25 m) einer breiigen (nahe weichen) Konsistenz bzw. einer weichen (nahe steifen) Konsistenz zuzuordnen. Darunter ist im Klei nur eine breiige Konsistenz belegt. Zu beachten ist dabei, dass es sich hier um eine rein bodenmechanische Einstufung handelt. Der Klei ist in situ trotzdem stichfest und besitzt - abhängig von der Höhe der Tonanteile - eine hohe Klebkraft bzw. ein hohes Verklebungspotential. Er lässt sich vom Entnahmewerkzeug nur schwer und bei hohem Tonanteil nur sehr schwer lösen.

6.4.2 Glimmerschluff

Die Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmung von zwei Glimmerschluffproben sind auf den Anlagen 022904/20 und 21 dargestellt. Die Abgrenzung zwischen halbfester und fester Konsistenz eines Bodens ist allein nach den Versuchen zur Bestimmung der Zustandsgrenzen nicht möglich. Für die v. g. Glimmerschluffproben wurde deshalb auch der Wassergehalt an der Schrumpfgrenze (w_s) bestimmt. Nach bodenmechanischer Definition hat ein Boden eine feste Konsistenz, wenn der natürliche Wassergehalt kleiner als der Wassergehalt an der Schrumpfgrenze ist ($w < w_s$). Die Ergebnisse der Versuche sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 4 Zustands- und Schrumpfgrenzen Glimmerschluff

Probe aus / s. Anlage	zugehörige Kornver- teilung auf Anlage	Fließ- grenze w_L (%)	natürlicher Wasser- gehalt w (%)	Ausroll- grenze w_p (%)	Plastizitäts- zahl I_p (%)	Konsis- tenz- zahl I_c (-)	Schrumpf- grenze w_s (%)	Zustands- form
B 1, 30,55 m / 022904/20	022904/14	32,9	14,3	21,0	11,9	1,57	14,5	fest
B 1, 32,75 m / 022904/21	022904/14	38,8	15,1	21,2	17,6	1,34	15,8	fest



Bei den untersuchten Glimmerschluffproben handelt es sich nach bodenmechanischer Definition um leicht bis mittelplastische Tone (TL, TM) mit einer Fließgrenze zwischen rd. 30 % und 40 %, die in fester Konsistenz ($w < w_s$) anstehen.

7. Bodenkennwerte

Nach Auswertung der am Standort der geplanten Transportbereitstellungshalle grundrissbezogen ausgeführten Drucksondierungen und Baugrundaufschlussbohrungen werden nachfolgend zunächst die bodenmechanischen Kennwerte für die erdstatischen Berechnungen (s. Abschn. 7.1) und anschließend die Bodenkennwerte für die dynamische Berechnungen zusammengestellt (s. Abschn. 7.2). Gleichzeitig enthalten die Tabellen mit den Kennwerten auch die für die Berechnungen maßgebenden Schichtgrenzen als Bemessungsprofil.

7.1 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind den erkundeten Bodenschichten gemäß Abschn. 4.2 bodenmechanische Kennwerte zugewiesen. Den aufgeführten Werten liegen die visuelle und manuelle Beurteilung der Bodenproben, die Ergebnisse der Laborversuche gemäß Abschn. 6 sowie unsere Erfahrungen mit den Baugrund- und Gründungsverhältnissen vom Kraftwerksgelände zugrunde.

Ferner werden in der nachfolgenden Tabelle 5 auch die Bodenklassen nach alter DIN 18300:2012-09 (Erdarbeiten) aufgeführt. Die Angaben zu den Homogenbereichen nach VOB/C, Ausgabe 2016, folgen in Abschn. 8.

Die Ergebnisse der LAGA-Analysen im Hinblick auf mögliche Schadstoffbelastungen der Aushubböden werden in Abschn. 9 zusammengestellt.



Tabelle 5 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Schicht-Nr. Bericht Abschn.	Schicht- grenze (Bemessungs- profil) mNN	Bodenart	Wichte γ/γ' (kN/m ³)	Scherfestigkeit		Steifemodul $E_{s,k}$ (MN/m ²)	Bodenklasse nach DIN 18300
				φ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)		
1 4.2.1	GOK bis -0,5	Auffüllung, überwiegend Sande	18/10	30,0	0	≥ 10	3 ¹⁾
2 4.2.2	bis -14,5	Klei und Torf	14/4	17,5	10	≥ 1	2, 4, 5
3 4.2.3	bis -22,5	Sand	19/11	35,0	0	≥ 50	3
4 4.2.4	bis -27,0	Kies, sandig	19/11	37,5	0	> 100	3 ²⁾
5 4.2.5	unterhalb -27,0	Glimmerschluff	21/11	27,5	20	≥ 70	4, 5, 6

¹⁾ Für eingelagerten Klei gilt Bodenklasse 2, 4

²⁾ Bei hohem Steinanteil Bodenklasse 5, in Ausnahmefällen Bodenklasse 6.

7.2 Bodenkennwerte für dynamische Berechnungen

Für die dynamischen Berechnungen (z. B. Bemessungserdbeben) werden nachfolgend die baugrunddynamischen Ansatzwerte zusammengestellt. Die Angaben beruhen auf Untersuchungen, die im Rahmen früherer Bauvorhaben für das Kernkraftwerk Brokdorf und insbesondere auch im Rahmen der Planung für das in den Jahren 2004/2005 errichtete Standortzwischenlager ZL-KBR (ZD.10) durchgeführt wurden sowie auf unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Böden im norddeutschen Raum.

Die Baugrundsteifigkeit kann örtlich z. B. durch unterschiedliche Lagerungsdichten variieren. Wir empfehlen daher, die dynamische Berechnung mit den angegebenen Schubmoduln G_{max}/G_{min} als Ober- und Untergrenzen durchzuführen. Die in der Tabelle 6 angegebenen Werte G_{max} entsprechen den Schubmoduln bei kleinsten Dehnungen.



Tabelle 6 Bodenkennwerte für dynamische Berechnungen

Schicht-Nr. Bericht Abschn.	Schicht- grenze (Bemessungs- profil) mNN	Bodenart	Dichte ρ (t/m ³)	Poisonzahl ν (-)	Scherfestigkeit	
					$G_{\max}^{1)}$ (MN/m ²)	$G_{\min}^{2)}$ (MN/m ²)
1 4.2.1	GOK bis -0,5	Auffüllung, überwiegend Sande	1,8	0,40	30	20
2 4.2.2	bis -14,5	Klei und Torf	1,4	0,49	10	2
3 4.2.3	bis -22,5	Sande	2,1	0,45	110	50
4 4.2.4	bis -27,0	Kies, sandig	2,1	0,45	220	90
5 4.2.5	unterhalb -27,0	Glimmerschluff	2,1	0,49	150	50

¹⁾ G_{\max} : dynamischer Schubmodul bei kleinsten Scherdehnungen $\gamma = 4 \times 10^{-4}$ im Klei und Torf
bzw. $\gamma = 1 \times 10^{-4}$ in den unterlagernden Schichten

²⁾ G_{\max} : dynamischer Schubmodul bei $\gamma = 4 \times 10^{-3}$ im Klei und Torf
bzw. $\gamma = 1 \times 10^{-3}$ in den unterlagernden Schichten.

8. Homogenbereiche

8.1 Allgemeines

Mit der VOB/C, Ausgabe 2016, erfolgte für den Bereich Tiefbau die Einführung geänderter Allgemeiner Technischer Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), nach denen die bisher geltenden Bodenklassen durch die Beschreibung des Baugrundes mit Homogenbereichen für alle Tiefbau-ATV vereinheitlicht werden.

Auf der Grundlage der für die geplante Baumaßnahme erforderlichen Tiefbauarbeiten werden die Homogenbereiche unter Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Normen (Stand 2016-09) angegeben, wobei das Bauvorhaben der geotechnischen Kategorie GK 3 zugeordnet wird.

- DIN 18300 Erdarbeiten
- DIN 18301 Bohrarbeiten
- DIN 18313 Schlitzwandarbeiten mit stützender Flüssigkeit



8.2 Einteilung der Böden in Homogenbereiche

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (s. Abschn. 4.2) werden für die erbohrten Baugrundsichten die folgenden Homogenbereiche H 1 bis H 7 festgelegt.

Homogenbereich H 1:	Auffüllung aus überwiegend Sanden, örtlich Kleibrocken
Homogenbereich H 2:	Oberer Klei
Homogenbereich H 3:	Torf
Homogenbereich H 4:	Unterer Klei
Homogenbereich H 5:	Sande
Homogenbereich H 6:	Kies, sandig
Homogenbereich H 7:	Glimmerschluff

Die Abschätzungen im Hinblick auf die Bandbreite der bodenmechanischen Eigenschaften der Böden erfolgt für die einzelnen Homogenbereiche auf der Grundlage der Ergebnisse der ausgeführten Baugrundaufschlüsse (s. Abschn. 4) und der bodenmechanischen Laborversuche (s. Abschn. 6) sowie der uns vorliegenden Erfahrungswerte von vergleichbaren Böden. Aufgrund von anthropogenen sowie von natürlich geogen bedingten Unregelmäßigkeiten sind Abweichungen davon möglich. Bei hohen anthropogenen Anteilen in den Auffüllungen (z. B. überwiegend Bauschutt) sind die Homogenbereiche erforderlichenfalls auf der Baustelle an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Die für die einzelnen Homogenbereiche festgelegten Eigenschaften sind in den Anlagen 022904/22.1 bis 22.7 tabellarisch zusammengestellt. Gegebenenfalls vorhandene Schadstoffbelastungen sind nicht berücksichtigt (s. a. Abschn. 9).

9. **Orientierende technische Untersuchung des künftigen Aushubbodens auf Schadstoffe**

Um Hinweise für die Verbringungsmöglichkeiten des Aushubbodens zu bekommen, sind vom Bohrunternehmer aus den Bohrungen B 3 und B 6 bis in eine Tiefe von rd. 25,0 m unter OK Gelände auch Bodenproben in luftdicht verschlossenen Gläsern entnommen worden (U 2.2). Die Bodenproben wurden von uns für die erforderlichen chemischen Untersuchungen horizont- bzw. bodenschichtbezogen zu 6 Mischproben (MP 1 bis MP 6) zusammengestellt. Die Mischproben



sind hinsichtlich ggf. enthaltener Schad- und Inhaltsstoffe gemäß LAGA-TR Boden (2004) chemisch auf den Parameterumfang entsprechend der Tabelle II.1.2-1 untersucht worden. Nach dem Vorliegen der LAGA-Analysen sind für die Mischproben MP 2 (oberer Klei), MP 3 (Torf) und MP 4 (unterer Klei) aufgrund von hohen geogen bedingten Belastungen (s. Abschn. 9.2) Nachanalysen nach Deponieverordnung (DepV 2009) erfolgt. Vom Probenmaterial der Mischproben MP 2 und MP 3 wurde zusätzlich der Brennwert und die Atmungsaktivität (AT 4) bestimmt. Die Analysen sind vom behördlich anerkannten Chemielaboratorium GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg, ausgeführt worden (U 2.7).

9.1 Zusammenstellung der Mischproben

Die Zusammenstellung der Mischproben mit dem Bezug zur Baufläche (Bezeichnung der Bohrungen), den jeweils zugehörigen Entnahmebereichen (Tiefen unter OK Gelände) sowie der Bodenbeschreibung und der Sensorik sind in der folgenden Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7 Zusammenstellung der Proben MP 1 bis MP 6

Mischprobe	Bohrung	Entnahmebereich (m unter GOK)	Bodenart, Beschreibung / Sensorik	Zuordnung gemäß TR LAGA
MP 1, Auffüllung (s. Abschn. 4.2.1)	B 3 B 6	0,0 - 2,8 0,0 - 2,3	Auffüllung überwiegend Sande, örtlich Kleibrocken / unauffällig	Bodenart „Sand“
MP 2 oberer Klei (s. Abschn. 4.2.2)	B 3 B 6	2,8 - 6,7 2,3 - 6,8	Klei; organisch, Pflanzenreste / unauffällig	Bodenart „Lehm/Schluff“
MP 3 Torf (s. Abschn. 4.2.2)	B 3 B 6	6,7 - 8,4 6,8 - 8,5	Torf, wenig zersetzt, überwiegend organisch / unauffällig	Bodenart „Lehm/Schluff“
MP 4 unterer Klei (s. Abschn. 4.2.2)	B 3 B 6	8,4 - 14,2 8,5 - 17,0	Klei, organisch, Pflanzenreste / unauffällig	Bodenart „Lehm/Schluff“
MP 5 Sande (s. Abschn. 4.2.3)	B 3 B 6	14,2 - 23,4 17,0 - 23,6	Sande, überwiegend Fein- und Mittelsande / unauffällig	Bodenart „Sand“
MP 6 Kies, sandig (s. Abschn. 4.2.4)	B 3 B 6	23,4 - 25,0 23,6 - 25,0	Kies, sandig / unauffällig	Bodenart „Sand“



Die Analyseergebnisse der Mischproben sind dem vorliegenden Bericht als Anlage 022904/23, Blatt 1 bis 3 (für MP 1, MP 5 und MP 6) bzw. als Anlage 022904/24, Blatt 1 bis 5 (MP 2, MP 3 und MP 4), beigelegt (U 2.7).

9.2 Fachliche Beurteilung der Analyseergebnisse im Hinblick auf die Verbringung/Entsorgung des Aushubbodens

Mischprobe MP 1

Die Mischprobe MP 1 repräsentiert die rolligen Auffüllungen aus überwiegend Sanden (s. Abschn. 4.2.1).

Nach den Analyseergebnissen zeigt die Mischprobe MP 1 keine Auffälligkeiten in Bezug auf die Zuordnungswerte der LAGA-TR Boden (s. Anlage 022904/23, Blatt 2).

Der untersuchte Boden der Mischprobe MP 1 ist nach LAGA-TR Boden der **Einbauklasse 0 (Z0-Boden)** zuzuordnen.

Untersuchter Boden der Einbauklasse 0 ist uneingeschränkt verwertbar.

Mischprobe MP 2

Die Mischprobe MP 2 repräsentiert die obere Kleischicht des gewachsenen Baugrundes bis zum Torf (s. Abschn. 4.2.2).

Nach den Analyseergebnissen (s. Anlage 022904/24, Blatt 2 und 3) weist der zukünftige Pfahlaushub des oberen Kleibodens in der Originalsubstanz einen erhöhten TOC-Gehalt auf (1,5 Masse-% TM). Im Eluat ist die Leitfähigkeit erhöht (575 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und es wurde ein erhöhter Sulfatgehalt bestimmt (201 mg/L).

Bei den v. g. erhöhten Analysewerten handelt es sich nicht um anthropogen bedingte Bodenverunreinigungen, sondern um natürliche geogen bedingte Bodenbelastungen. Sofern für den natürlichen Kleiboden keine Verwendungsmöglichkeit gefunden wird, wird wegen der Überschreitung des Zuordnungswertes Z 2 beim Sulfat im Eluat eine Ein-



stufung in die Deponieklasse DK I erforderlich. Der Aushubboden ist dann auf eine entsprechende Deponie zu verbringen.

Mischprobe MP 3

Die Mischprobe **MP 3** repräsentiert die zwischen der oberen und der unteren Kleischicht eingelagerte Torfschicht (s. Abschn. 4.2.2).

Nach den Analyseergebnissen (s. Anlage 022904/24, Blatt 2 und 3) weist der zukünftige Pfahlaushub aus Torfboden in der Originalsubstanz erhöhte Werte für Cyanid ges. (1,5 mg/kg TM) und TOC (38 Masse-% TM) auf. Im Eluat sind mit 6,4 ein zu geringer pH-Wert, eine zu hohe Leitfähigkeit (2160 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sowie erhöhte Gehalte an Chlorid (263 mg/L) sowie Sulfat (740 mg/L) belegt.

Bei den v. g. erhöhten Analysewerten handelt es sich nicht um anthropogen bedingte Bodenverunreinigungen, sondern um natürliche geogen bedingte Bodenbelastungen. Sofern für den natürlichen Torfboden keine Verwendungsmöglichkeit gefunden wird, wird wegen des sehr hohen TOC-Gehalts mit 38 Masse-% TM eine Verbringung des Aushubbodens auf eine Deponie erforderlich. Die biologische Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz wurde als Atmungsaktivität AT_4 mit 3,4 mg O_2/g TM und der Brennwert zu $\text{Ho} = 12.800$ kJ/kg bestimmt. Aufgrund des sehr hohen Brennwertes (> 6000 kJ/kg) ist der TOC-Gehalt einstufigsrelevant. Es ergibt sich aufgrund des TOC-Gehalts von 38 Masse-% TM eine **Einstufung oberhalb der Deponieklasse DK III (> DK III)**.

Mischprobe MP 4

Die Mischprobe **MP 4** repräsentiert den unter der Torfschicht folgenden unteren Klei bis zum Beginn der unterlagernden Sande (s. Abschn. 4.2.2).

Nach den Analyseergebnissen (s. Anlage 022904/24, Blatt 2 und 3) weist der zukünftige Pfahlaushub aus unterem Klei in der Originalsubstanz einen erhöhten TOC-Gehalt auf (3,8 Masse-% TM). Im Eluat sind eine erhöhte Leitfähigkeit (948 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sowie erhöhte Gehalte an Chlorid (80 mg/L) und Sulfat (252 mg/L) belegt.



Bei den v. g. erhöhten Analysewerten handelt es sich nicht um anthropogen bedingte Bodenverunreinigungen, sondern um natürliche geogen bedingte Bodenbelastungen. Sofern für den natürlichen Kleiboden keine Verwendungsmöglichkeit gefunden wird, wird wegen der Überschreitung des Zuordnungswertes Z2 beim Sulfat im Eluat eine **Einstufung in die der Deponieklasse DK I** erforderlich. Der Aushubboden ist dann auf eine entsprechende Deponie zu verbringen.

Mischproben MP 5 und MP 6

Die Mischprobe **MP 5** repräsentiert die unter der Weichschichtbasis folgenden Sande bis zur Kiesschicht. Der auf die Sande folgende Kies wird durch die Mischprobe **MP 6** repräsentiert (s. Abschn. 4.2.3 und 4.2.4).

Nach den Analyseergebnissen zeigen beide Mischproben keine Auffälligkeiten in Bezug auf die Zuordnungswerte der LAGA-TR Boden (s. Anlage 022904/23, Blatt 2).

Der untersuchte zukünftige Pfahlaushubboden aus Sand und Kies der Mischproben **MP 5** und **MP 6** ist nach LAGA-TR Boden der **Einbauklasse 0 (Z0-Boden)** zuzuordnen.

Untersuchter Boden der Einbauklasse 0 ist uneingeschränkt verwertbar.

9.3 Hinweise für das weitere Handeln

Die Entsorgung von Baugrubenaushub mit Schadstoffgehalten größer Z0 außerhalb der Baustelle verursacht Mehrkosten gegenüber nicht verunreinigtem Boden mit dem Zuordnungswert Z0 (Z0-Boden).

Für das Verbringen des Aushubbodens sind mit dem Erdbauunternehmen eindeutige vertragliche Regelungen zu treffen und Einheitspreise getrennt nach den Zuordnungswerten Z0, Z1, Z1.1, Z1.2, Z2 gemäß LAGA Richtlinie (LAGA-TR Boden und LAGA-TR Bau-schutt) sowie bei Zuordnungswerten > Z2 für die Deponieklassen DK 0, DK I, DK II, DK III und > DK III nach Deponieverordnung (DepV 2009) einzuholen. Wir empfehlen, die Entsorgungsmöglichkeiten für den Klei- und Torfaushub im Vorwege zu klären, damit dieser Boden nach Möglichkeit nicht auf Deponien verbracht werden muss.



Weiterhin sind die Kosten und der Zeitbedarf für die Zwischenlagerung/Aufhaltung des Aushubs auf einer Bereitstellungsfläche zu erfassen. Der Aushub kann dann nach dem Vorliegen der Ergebnisse von Deklarationsanalysen je ca. 500 m³-Halde ergebnisabhängig sowie nach den vertraglichen Regeln mit dem Erdbauunternehmen fachgerecht entsorgt werden.

10. Gründungsbeurteilung

10.1 Gründungskonzept

Die anstehenden sehr mächtigen organischen Weichschichten und die großen abzutragenden Bauwerkslasten erfordern für den Neubau der TBH-KBR eine Pfahlgründung. Der Lastabtrag der Pfähle kann setzungsarm in den unterhalb der Weichschichtbasis folgenden Sanden und Kiesen erfolgen (Schicht 4.2.3 und 4.2.4).

Wegen der hohen Bauwerkslasten empfehlen wir für den Neubau eine Gründung auf Großbohrpfählen nach DIN EN 1536, so wie bei allen vergleichbaren Bauwerken auf dem Kraftwerksgelände und so zuletzt auch für das Zwischenlager ZD.10 (U 2.6) ausgeführt. Die Pfahlfüße sind in der Kiesschicht abzusetzen. Mit den Pfahlfüßen ist ein Mindestabstand von mehr als 1 m zum unterlagernden und ebenfalls hochtragfähigen Glimmerschluff (Hochlage nach den Ergebnissen des Baugrundaufschlusses bei DS 6 bei rd. NN -26,7 m, s. Abschn. 4.2.5) einzuhalten.

Für den Neubaustandort ist mit niederschlagsabhängigen Stauwasserständen in der oberen Auffüllung zu rechnen, die zeitweise bis in die Nähe der Geländeoberfläche aufstauen können (s. Abschn. 5.1). Für die Sohlplatte wird deshalb eine druckwasserdichte Ausführung in Stahlbeton (WU-Beton, bemessen als „Weiße Wanne“) erforderlich. Auch die Ausbildung aller Leitungszu- und -abführungen ist darauf abzustimmen. Als Katastrophewasserstand ist für das Kraftwerksgelände NN +4,3 m eingeführt (s. Abschn. 5.2). Für alle Bauwerksteile, die im Katastrophenfall nicht geflutet werden dürfen, sind die betroffenen Wände und Türen etc. ebenfalls druckwasserdicht zu bemessen und auszuführen. Für die betroffenen Sohlplattenteile ist ein Auftriebsnachweis in Höhe UK Sohlplatte zu führen.



10.2 Angaben zur Großbohrpfahlgründung

Die Planung der Pfahlgründung für die TBH-KBR kann auf den positiven Erfahrungen mit allen auf dem Kraftwerksgelände ausgeführten Großbohrpfahlgründungen aufbauen.

Zuletzt wurde das benachbarte Zwischenlager ZD.10 auf rd. 25 m langen Großbohrpfählen $D_s = 150$ cm gegründet. Die Setzungsmessungen (U 2.6) belegen - wie es erwartet wurde - auch für dieses Gebäude den setzungsarmen Abtrag der Bauwerkslasten über die Großbohrpfahlgründung (s. Abschn. 10.3).

Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (s. Abschn. 4 bis Abschn. 6) weisen für den Neubaustandort bezogen auf das Zwischenlager ZD.10 vergleichbare Baugrundverhältnisse aus. Für die Planung der Großbohrpfahlgründung THB-KBR kann deshalb im Hinblick auf die äußere Pfahltragfähigkeit, so wie beim Zwischenlager ZD.10 ausgeführt, von folgenden Randbedingungen ausgegangen werden.

- Pfahlschaftdurchmesser

$$D_s = 150 \text{ cm}$$

- zulässige Pfahlauslastung (Druck)

$$R_{2,k} \leq 6.500 \text{ kN}$$

(zu vergleichen mit der charakteristischen (1,0fachen) Pfahlkraft F_k)

- Grenzlast (Bruchlast, Druck)

$$R_{1,k} \text{ bzw. } R_{c,k} \leq 13.000 \text{ kN}$$

(charakteristischer Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit GEO-2 nach EC 7)

Der mit dem Bemessungswert der Einwirkungen $F_{c,d}$ zu vergleichende Bemessungswert für den Pfahlwiderstand $R_{c,d}$ ist aus dem charakteristischen Pfahlwiderstand $R_{c,k} = 13.000$ kN unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwertes aufgrund von Erfahrungen mit $\gamma_t = 1,4$ nach EC 7, Tabelle A2.3, zu ermitteln.

- einzuhaltender Pfahlachsabstand

$$e \geq 3 D_s$$



Sofern in einzelnen Fällen ein Pfahlachsabstand $e < 3 D_s$ ausgeführt werden soll, ist bei der Pfahlauslastung eine Abminderung der ansetzbaren Mantelreibung infolge Überschneidung der Einflussflächen zu berücksichtigen.

Die Planung für den Neubau TBH-KBR sieht vor, das Geländeniveau um das Gebäude herum (z. Zt. bei rd. NN +1,4 m) nicht anzuheben. Der Ansatz von negativer Mantelreibung ist bei der Pfahlbemessung unter diesen Randbedingungen nicht erforderlich.

Für den Abtrag von lotrechten dynamischen Bauwerkslasten über die Großbohrpfähle kann vom 2fachen Wert $R_{2,k}$ der statischen Auslastung ausgegangen werden (dyn. $R_{2,k} \leq 13.000$ kN).

Der Nachweis der ausreichenden inneren Pfahltragfähigkeit ist vom Tragwerksplaner zu führen.

– erforderliche Pfahlfußtiefen (einheitlich)

UK Pfahl NN -25,0 m

Bezogen auf die zukünftige Unterkante der Pfahlkopfplatte (angenommen bei rd. NN $\pm 0,0$ m) ergeben sich rd. 25 m lange Pfähle. Nach den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse binden die neuen Pfähle vergleichbar mit dem Zwischenlager zwischen rd. $t_E = 9,4$ m (B 6, DS 6) und rd. $t_E = 12,2$ m (B 3) in die hochtragfähigen Sande und Kiese ein. Der Mittelwert liegt bei $t_E = 11,0$ m bzw. bezogen auf das Bemessungsprofil gemäß Abschn. 6.1 bei rd. $t_E = 10,5$ m (Weichschichtbasis bei rd. NN -14,5 m). Alle Pfahlfüße stehen in den Kiesen und mehr als 1 m oberhalb des Glimmerschluffes.

10.3 Setzungen der Großbohrpfahlgründung

Unter den gegebenen Randbedingungen und beim Absetzen der Pfahlfüße in den hochtragfähigen Kiesen auf rd. NN -25,0 m bleiben die Setzungen nach den Erfahrungen vom Kraftwerksgelände auch beim Abtrag größerer Flächenlasten gering. Vorausgesetzt wird eine fachgerechte Pfahlherstellung.



Im Hinblick auf die zu erwartenden Bauwerkssetzungen kann im vorliegenden Fall für den Neubau TBH-KBR bei einem mit dem Zwischenlager ZD.10 vergleichbaren Bauwerkskonzept auf die Ergebnisse der Setzungsberechnungen und der Setzungsmessungen für das Zwischenlager verwiesen werden. Das Zwischenlager ist auf insgesamt 149 Großbohrpfählen mit einem Schaftdurchmesser von $D_s = 150$ cm bei einer Auslastung von (1,0fach) $R_{2,k} = 6.500$ kN gegründet. Die Pfähle sind in den Kiesen auf rd. NN -25,0 m abgesetzt. Nur 10 Pfähle in der Südwestecke wurden baugrundbedingt rd. 1 m tiefer bis auf rd. NN -26,00 m geführt (Weichschichteinlagerungen in den oberen Sanden unterhalb der Weichschichtbasis).

Prognostiziert wurden für das Zwischenlager Setzungen in der Größenordnung von $s \approx 2,0$ cm (Lager leer, Plattenrand) bis $s \approx 4,0$ cm (Lager voll, Plattenmitte). Mit den Setzungsmessungen wurde im Jahr 2004 nach der Fertigstellung der Pfahlkopfplatte begonnen. Die erste Einlagerung ist im Jahr 2007 erfolgt. Die bislang letzte Setzungsmessung datiert vom 07.05.2018 (Lager teilgefüllt, Lagerauslastung rd. 35 %). Die Bauwerkssetzungen liegen derzeit bei max. $s = 25$ mm (Mittelwert $s \approx 21$ mm inklusive Setzungszuwachs infolge Einlagerung von rd. 5 mm) und damit in der prognostizierten Größenordnung (U 2.6).

Bei einer mit dem Zwischenlager vergleichbaren Pfahlauslastung und Pfahlstellung kann für den geplanten Neubau TBH-KBR mit folgenden Bauwerkssetzungen gerechnet werden.

Die Einzelpfahlsetzungen werden in der Größenordnung um rd. $s = 1,5$ cm erwartet. Die Gesamtsetzungen sind größer. Sie resultieren aus der Lastausbreitung im Baugrund bzw. aus der Überschneidung der Lastflächen. Für den Neubau TBH-KBR ist bei maximaler Auslastung (Lager voll) mit Gesamtsetzungen in Gebäudemitte in der Größenordnung von rd. $s = 4$ cm zu rechnen.

Für die noch leere Halle werden die größeren Setzungen zunächst im Bereich der Außenwände erwartet, während die Pfähle im Gebäudeinneren zunächst lediglich mit dem Sohlplatteneigengewicht belastet werden. Wir gehen davon aus, dass für diesen Lastzustand



(Lager leer) die Differenzsetzungen bezogen auf die halbe Bauwerksbreite $\Delta s \leq 1,5$ cm betragen werden (Plattenmitte $s \approx 0,5$ cm, Plattenrand $s \approx 2$ cm). Mit zunehmender Lagerauslastung werden auch die Sohlplattensetzungen zunehmen und können so die v. g. Größenordnung von ca. $s = 4$ cm in Gebäudemitte und ca. $s = 3$ cm am Gebäuderand erreichen.

Bei erwarteten Differenzsetzungen in der v. g. Größenordnung sind Risseschäden infolge von Setzungsdifferenzen nicht zu erwarten.

Für die Kranbahn mit einer Spurweite von rd. 25 m können infolge ungleichmäßiger Verteilung der Lagerlasten (Teilfüllungszustände) und infolge Baugrundinhomogenitäten sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung Verkantungen aus Setzungsunterschieden in einer Größenordnung von $\tan \alpha = 1 : 1500$ auftreten.

11. Hinweise zur Bauausführung

11.1 Herstellung der Großbohrpfähle

Bei den Bohrarbeiten und bei der Herstellung der Großbohrpfähle sind die geltenden Vorschriften und Normen sowie die Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, EA-Pfähle (2012) und hier insbesondere der Abschnitt 11 (Qualitätssicherung), zu beachten.

Vorlaufend zur Pfahlherstellung ist vom Pfahlhersteller ein Qualitätssicherungsplan (QS-Plan) für die Bohrarbeiten aufzustellen (in Anlehnung an ZL-KBR, QS-Plan vom 08.01.2004, Rev. 6) und mit dem Bauherrn abzustimmen (Arbeitsbeschreibung und Arbeitsanweisungen).

Für eine jederzeit unabhängige Kontrolle der Pfahlbohrarbeiten sind die wesentlichen, dem Geräteführer des Bohrgerätes über sein Display angezeigten Daten (z. B. Bohrtiefe, Ziehgeschwindigkeit, Last etc.) über ein zusätzliches, außen am Bohrgerät angebrachtes Display in ausreichender Größe sichtbar zu machen.



Die Herstellung und Qualität der Großbohrpfähle wird wesentlich von den tideabhängig wechselnden Grundwasserverhältnissen bestimmt. Wir empfehlen, die Herstellung der Pfähle in der sturmflutfreien Zeit im Sommerhalbjahr vom 01.04. bis 15.09. eines jeden Jahres ausführen zu lassen. Als maximaler Grundwasserdruck kann unter diesen Randbedingungen NN +1,5 m angesetzt werden (s. Abschn. 5.2). Während der Pfahlherstellung ist es erforderlich, die Grundwasserdruckverhältnisse in den Sanden unterhalb der Weichschichtbasis (etwa im Niveau NN -20 m) in einer Grundwassermessstelle (Pegel) kontinuierlich zu beobachten und auszuwerten. Der Pegel ist mit ausreichendem zeitlichem Vorlauf vor dem Beginn der Pfahlarbeiten herzustellen (Lage elbseitig vom Neubaugrundriss) und seine Funktion dem Bauherrn zu belegen.

Bei der Herstellung der Großbohrpfähle ist zu berücksichtigen, dass das Grundwasser unterhalb der organischen Weichschichten als gespannter Horizont mit großem Überdruck ansteht und dass der Grundwasserstand mit den Tideschwankungen der Elbe in Verbindung steht. Der mittlere Druck liegt etwas oberhalb des jeweiligen Elbemittelwassers. Die aufmodulierten Tideschwankungen im Grundwasser führen zu wechselnden Auflastverhältnissen im Bereich der Bohrlochsohle. Damit Auflockerungen während des Bohrens durch Bodeneintrieb in das Bohrrohr sicher vermieden werden können, ist im Bohrloch stets ein ausreichender Flüssigkeitsüberdruck sicherzustellen (im QS-Plan festzulegen). Sofern die Pfahlherstellung auch im Winterhalbjahr erfolgen soll, ist ein Zeitpuffer für die Unterbrechungen der Pfahlherstellung während Sturmflutereignissen in der Elbe einzuplanen.

Die Herrichtung der Arbeitsebene ist vom Pfahlhersteller eigenverantwortlich in Abhängigkeit vom gewählten Geräteeinsatz festzulegen (u. a. Grundbruchnachweis, Höhe des Stauwassers geländegleich möglich bzw. durch Stauwasserhaltung zu begrenzen; s. Abschn. 11.2). Wegen der Abhängigkeit von den Grundwasserdrücken während der Pfahlbohrarbeiten ist ein Höhenniveau der Arbeitsebene unterhalb des derzeitigen Geländeneiveaus (rd. NN +1,4 m) nicht empfehlenswert. Die Höhe der Arbeitsebene ist letztlich aber abhängig von den einzelnen gewählten Randbedingungen festzulegen, im QS-Plan zu dokumentieren und mit dem Bauherren abzustimmen.



Wegen der erforderlichen Einbindung der Pfähle von z. T. mehr als 12 m in die Sande und Kiese unter den organischen Weichschichten treten beim Abteufen der Pfahlverrohrung vergleichsweise große Mantelreibungskräfte auf. Weiterhin muss wegen der örtlich hohen Schluff- und Feinsandanteile des anstehenden Baugrundes mit einem Aufsanden bzw. Aufladen der Stützflüssigkeit im Bohrrohr gerechnet werden. Die Pfähle für die Gründung des Zwischenlagers ZD.10 sind u. a. auch wegen der v. g. Gründe unverrohrt unter Bentonitstützung hergestellt worden (Schlitzwandtechnologie). Die Länge des erforderlichen Schutzrohres im Pfahlkopfbereich war in Abhängigkeit vom angesetzten max. Grundwasserdruck und dem zu haltenden Suspensionsdruck im QS-Plan festgelegt.

Wegen der tideabhängigen Auflastverhältnisse im tragfähigen Baugrund unterhalb der organischen Weichschichten ist mit dem Pfahlhersteller vertraglich zu vereinbaren, dass die Pfähle nach dem Anschneiden der Sande arbeitstäglich (innerhalb von rd. 10 Stunden) fertigzustellen sind. Eine Standzeit der Pfahlbohrungen über arbeitsfreie Tage bzw. das Wochenende ist nicht zulässig. Für den Fall von Ablaufstörungen (z. B. Geräteschaden) ist eine ausreichende Menge Kies für die Verfüllung von angefangenen Pfahlbohrungen vorzuhalten.

Wegen der großen Pfahllängen und der damit einhergehenden großen Drücke im Frischbeton, ist bei der Festlegung der Betonrezeptur auch besonderer Wert auf ein ausreichendes Wasserhaltevermögen des Pfahlbetons zu legen. Eine Wasserabgabe des Frischbetons unter Eigengewicht (Bluten) kann Auswaschungen von Feinanteilen des Betons mit entsprechenden Schäden an den Pfählen zur Folge haben und ist sicher zu vermeiden.

Wegen der anstehenden sehr mächtigen organischen Weichschichten und der bodenmechanisch nur breiigen Konsistenz des Kleis (s. Abschn. 4.2.2 und Abschn. 6.4.1) ist auch bei fachgerechter Pfahlherstellung mit einem Betonmehrverbrauch von mehr als 10 % bezogen auf den Pfahlsolldurchmesser zu rechnen. Hierfür wird eine eigene Abrechnungsposition empfohlen, in der auch das Sollvolumen (Abrechnungsvolumen in Bezug auf den Betonmehrverbrauch) des Pfahles eindeutig festgelegt ist. Wir empfehlen, vorerst von einem mittleren Betonmehrverbrauch bezogen auf das Sollvolumen von 20 % auszugehen.



Wir empfehlen, an mindestens 10 % der hergestellten Pfähle deren Integrität nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) für dynamische Pfahl-Integritätsprüfungen überprüfen zu lassen (s. a. EA-Pfähle, 2012, Abschn. 12).

11.2 Herstellung und Trockenhaltung der Baugrube

Für die Herstellung einer 1,5 m dicken Pfahlkopfplatte (OK Platte NN +1,5 m) muss einschließlich 10 cm Unterbeton und geschätzt rd. 40 cm Flächenfilter eine bis rd. 2 m Tiefe Baugrube ausgehoben werden. Die Aushubsohle wird dann etwa auf NN -0,5 m liegen. Der Aushub findet damit im Stauwasser sowie im oder nahe des Übergangs von der Sandauffüllung zum oberen gewachsenen Klei statt. Auf die nur geringe Konsistenz des Kleis und seine hohe Empfindlichkeit im Hinblick auf Strukturstörungen als Folge von dynamischen Einflüssen durch den Baubetrieb wird besonders hingewiesen. Der Baugrubenaushub sollte deshalb z. B. nur rückschreitend erfolgen. Nach dem Flächenfiltereinbau (s. u.) kann in der Baugrube nur noch mit leichtem Gerät gearbeitet werden.

Die Baugrube wird bei ausreichenden Platzverhältnissen frei geböscht ausgehoben werden können. Bei der Festlegung der Böschungsneigungen ist die DIN 4124:2012-01 zu beachten. Aus den Baugrubenböschungen muss mit Stauwasseraustritten gerechnet werden. Erforderlichenfalls sind die Böschungen mit Filtervlies und Auflastfiltern zu sichern.

Am Böschungsfuß und in der Fläche sind das Stauwasser sowie anfallende Niederschlagswasser durch den Einbau einer Baudränage zu fassen und abzuführen (Flächenfilter mit Ringdrän und Quersträngen einschließlich Anschluss an Pumpensämpfe). Bewährt haben sich auch im Vorwege vor der Pfahlherstellung in Schlitzten eingefräste ausgekieste und mit Vakuum beaufschlagte Horizontaldränagen.

11.3 Leitungsanschlüsse

Alle Leitungszu- und -abführungen zum Neubau sind flexibel auszubilden, damit mögliche Setzungsdifferenzen zwischen dem tief gegründeten Neubau und dem anschließenden Gelände von allen Leitungen schadensfrei aufgenommen werden können.



11.4 Zustandsfeststellung

Wir empfehlen, vor Beginn der Baumaßnahme an allen im Einflussbereich des Neubaus stehenden Gebäuden sowie für die angrenzenden Straßen und Leitungen etc. eine Zustandsfeststellung (Aufnahme und Dokumentation des baulichen Zustandes bzw. vorhandener Schäden) durchzuführen.

12. Zusammenfassung

Für den geplanten Neubau der TBH-KBR im Kernkraftwerk Brokdorf sind grundrissbezogen 8 Drucksondierungen und 4 Baugrundaufschlussbohrungen abgeteuft und ausgewertet worden. Die Baugrundsichtung wurde damit bis max. rd. 40 m unter OK Gelände aufgeschlossen (s. Abschn. 4).

Die Baugrundverhältnisse erfordern für den Neubau eine Tiefgründung auf Großbohrpfählen mit einem Pfahlfußniveau bei rd. NN -25,0 m.

Für die erdstatischen sowie die dynamischen Berechnungen sind die Ansatzwerte in Abschn. 7 zusammengestellt. Angaben zu den Homogenbereichen des Baugrundes enthält Abschn. 8. Die Ergebnisse der LAGA-Analysen für den künftigen Aushubboden sind in Abschn. 9 zusammengestellt.

Angaben zur Großbohrpfahlgründung mit der möglichen Pfahlauslastung sowie den dafür erforderlichen Pfahlfußtiefen enthält Abschn. 10.2. Die Angaben zu den Setzungen der Pfahlgründung sind in Abschn. 10.3 zusammengestellt.

Hinweise zur Herstellung der Pfähle sowie zum vorab vom Pfahlhersteller aufzustellenden und mit dem Bauherren abzustimmenden QS-Plan sind in Abschn. 11.1 sowie zur Herstellung und Trockenhaltung der Baugrube in Abschn. 11.2 zusammengestellt.



Kernkraftwerk Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

- 35 -

14. Februar 2019
Auftrags-Nr. 022904

Für eine weitere Beratung stehen wir jederzeit gern zur Verfügung.

Bearbeiter:

Grundbauingenieure
Steinfeld und Partner



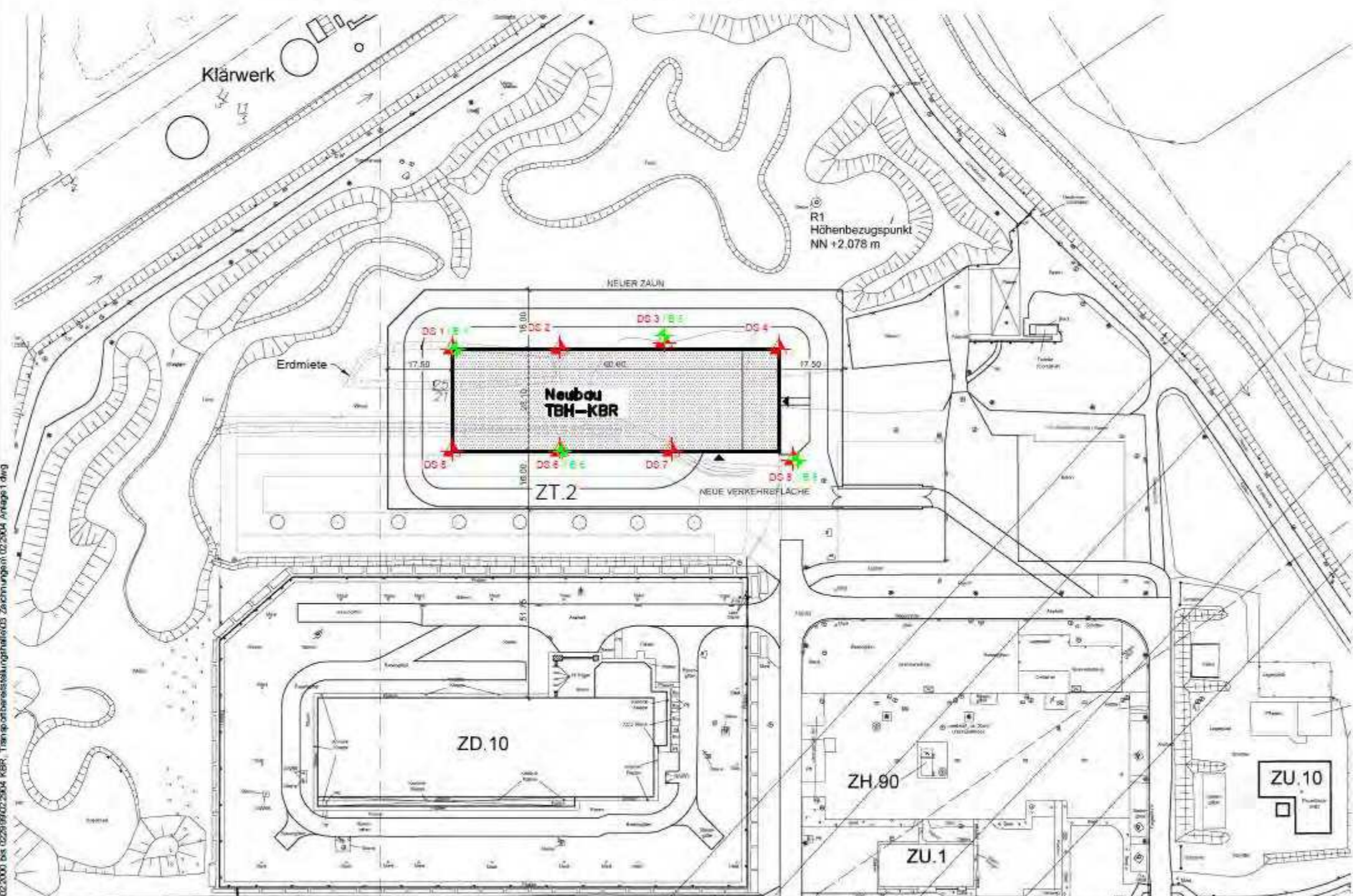
Verteiler:
PreussenElektra, Hannover,



U

Lageplan M 1:1000

0 20 40 60 80 100 m



Übersichtsplan M 1:5000



Legende:

- Bohrung 2018
- Drucksondierung 2018

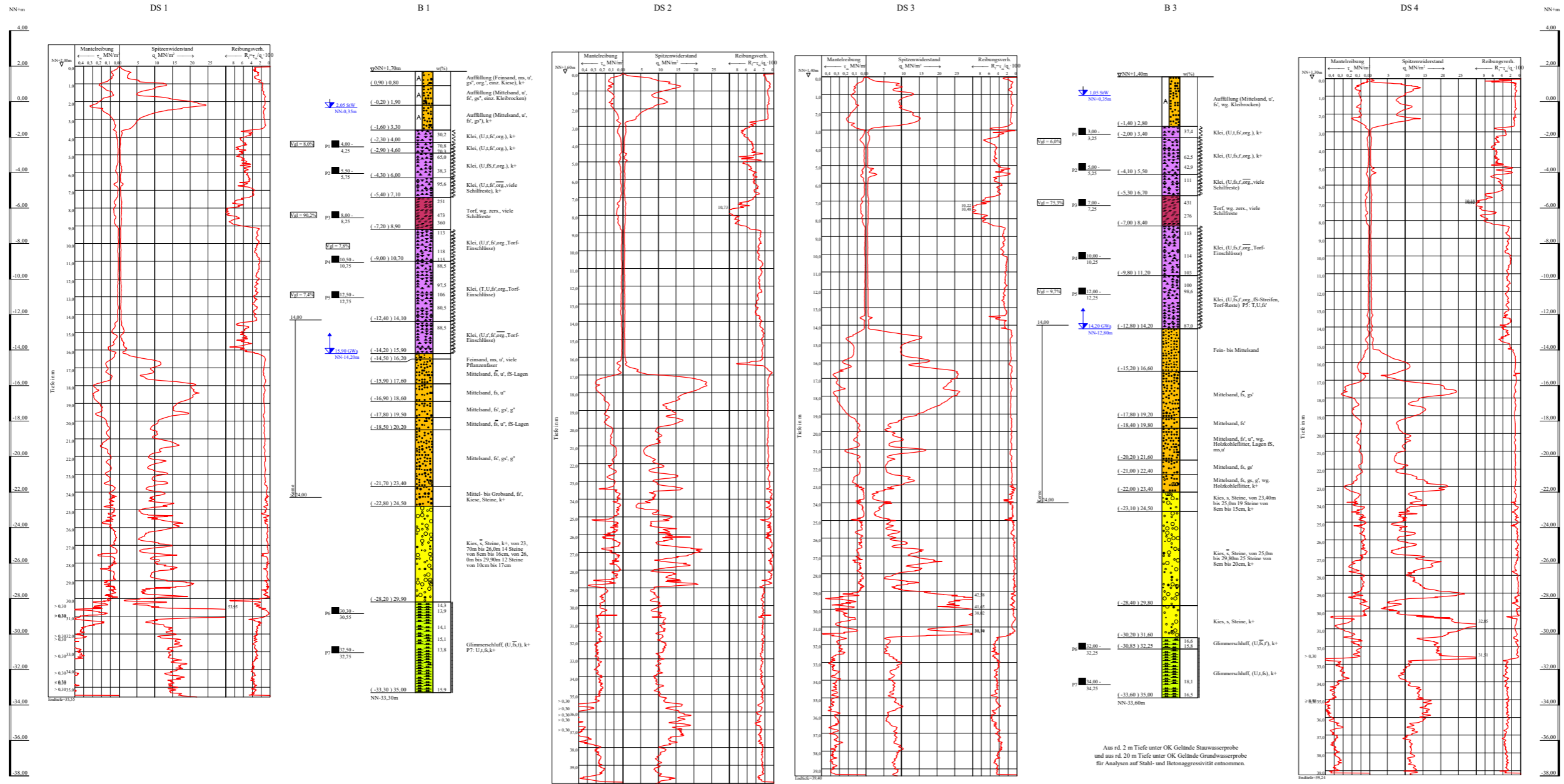
Anlage: 022904/1	Kernkraftwerk Brokdorf, KBR Neubau Transportbereitstellungshalle TBH-KBR	Änderungen:
Maßstab: 1:1000 / 1:5000		
Gez.:	Lage- und Übersichtsplan	Gepr.:
Dat.: 06.12.2018		Dat.: 14.02.2019
GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER BERATENDE INGENIEURE mbB 20457 HAMBURG - REIMERSBRÜCKE 5 - TELEFON (040) 389139-0		



P:02.2000 bis 022904/02.2004 KBR, Transportbereitstellungshalle/03 Zeichnungen: 02.2004 Anlage 1.dwg

Bohrprofile und Drucksondierungen M 1:100

Bohrungen ausgeführt von der W. Soltan GmbH, Seevetal, vom 25.10. - 05.11.2018
 Drucksondierungen ausgeführt von der Fugro Germany Land GmbH, Lilienthal, am 08./09.10.2018



ZEICHENERKLÄRUNG (S. DIN 4023)

Bohrung: DS Drucksondierung nach DIN EN ISO 22476-1

BOHRSCHLÜFF

Auffüllung	A
Glimmerschluff	GU
Kies	K
Klei	Cl
Musde	M
Sand	S
Schluff	U
Torf	T

KORNGRÖßENVERTEILUNG

f	fein
m	mittel
g	grob

KALKGEGHALT

k+	alkalisch
brg	breit
ft	fest

KONSISTENZ

wch	weich
schw	schwach (< 17%)
stark	stark (10-40%)
schw	schwach; - sehr stark

Lage- und Übersichtsplan siehe Anlage 022904/1

Anlage: 022904/2
 Maßstab: 1:100
 Gez.:
 Dat.: 06.12.2018

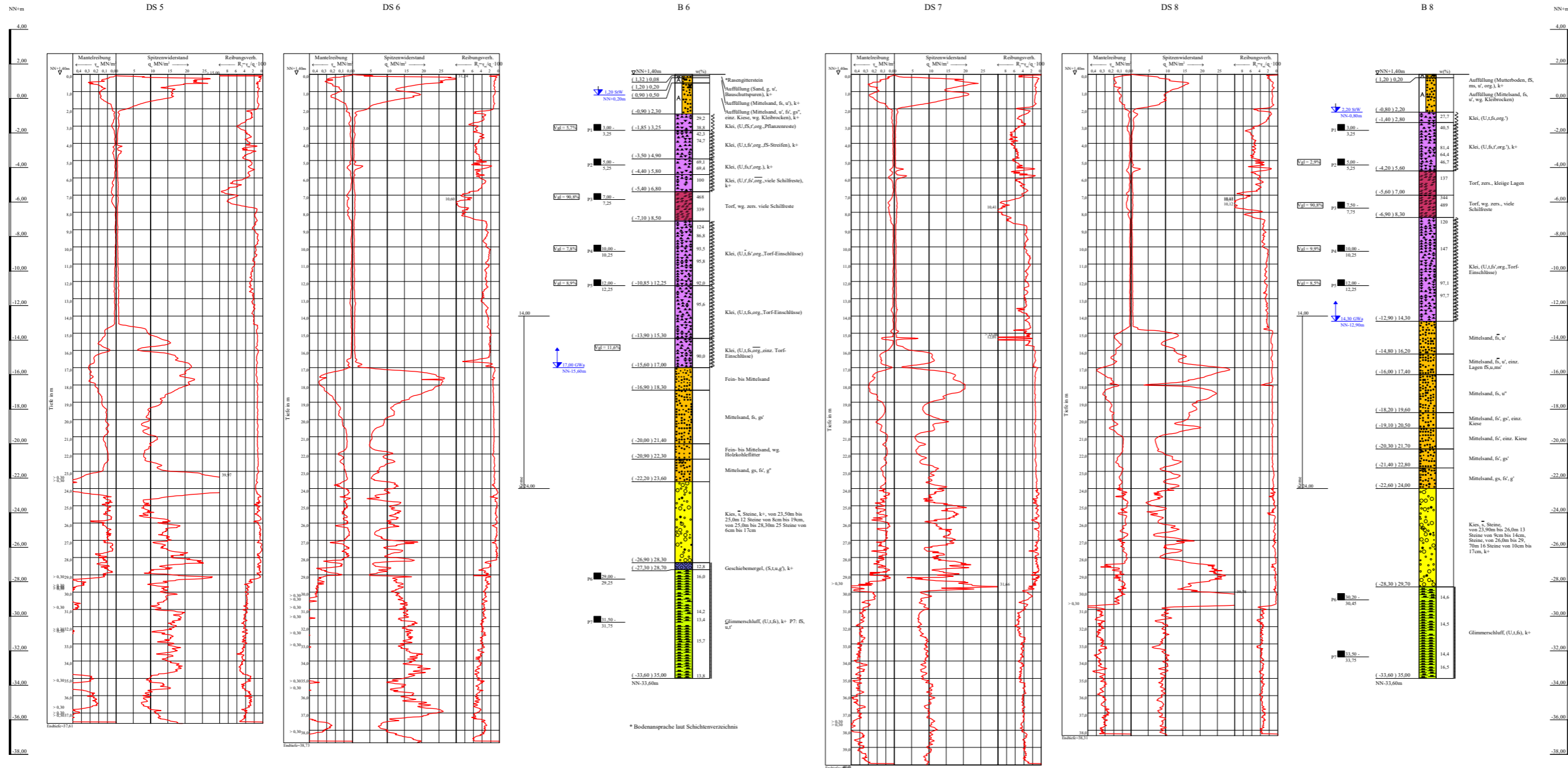
Kemkraftwerk Brokdorf, KBR
 Neubau Transportbereitstellungshalle TBH-KBR

Bohrprofile B 1 und B 3
 Drucksondierungen DS 1 bis DS 4

GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER
 BERATENDE INGENIEURE mbB
 20457 HAMBURG - REIMERSBRÜCKE 5 - TELEFON (040) 389139-0

Bohrprofile und Drucksondierungen M 1:100

Bohrungen ausgeführt von der W. Soltan GmbH, Sevetal, vom 22.10. - 08.11.2018
 Drucksondierungen ausgeführt von der Fugro Germany Land GmbH, Lilienthal, am 08./09.10.2018



ZEICHENERKLÄRUNG (S. DIN 4023)

C B Bohrung
 O DS Drucksondierung nach DIN EN ISO 22476-1

Auffüllung	A	
Geschlebsmergel	Mg	GRE
Glimmerschluff	G	g
Kies	kiezig	Klei
Moide	org.	F
Mutterboden	organisch	Ma
Sand	sandig	S
Schluff	schluffig	U
Torf	zersetzt	TF
Torf	zers.	zers.

f fein
 m mittel
 g grob

k+ kalkhaltig
 hg horig
 fet fest

schwach (< 15%)
 stark (16-40%)
 sehr schwach/ sehr stark

Lage- und Übersichtsplan siehe Anlage 022904/1

Anlage: 022904/3	Kernkraftwerk Bockdorf, KBR Neubau Transportbereitstellungshalle TBH-KBR	Änderungen:
Maßstab: 1:100	Bohrprofile B 6 und B 8 Drucksondierungen DS 5 bis DS 8	Gepr.: 11.08.2019
Gepr.: 06.12.2018		DAT.: 14.02.2019

GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER
 BERATENDE INGENIEURE mbB
 20457 HAMBURG - REIHERBRÜCKE 5 - TELEFON (040) 189139-0

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // Deutschland

Prüfbericht - Nr.: 18-55864-002/1

Prüfgegenstand: Grundwasser
 Auftraggeber / KD-Nr.: Wilhelm Soltau Brunnenbau GmbH, Im Alten Moor 8a, 21220 Seevetal / 66674
 Projektbezeichnung: KKW Brokdorf-TBH
 Probeneingang am / durch: 06.11.2018 / Paketdienst
 Prüfzeitraum: 06.11.2018 - 13.11.2018

Prüfung und Beurteilung von Wasser nach DIN 4030-1:2008-06

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	B 3-SW 18-55864-002	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
			nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		7,5	-	6,5 - 5,5	<5,5 - 4,5	<4,5	DIN EN ISO 10523: 2012-04,L
KMnO4-Verbrauch	mg/l	4,6					DIN 4030-2: 2008-06,L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	11					DIN 38409-7: 2005-12,L
Gesamthärte	mmol/l	2,6					DIN 38409-6: 1986-01,L
Gesamthärte	mg/l CaO	150					DIN 38409-6: 1986-01,L
Härtehydrogencarbonat	mmol/l	11					DIN 38409-7: 2005-12,L
Nichtcarbonathärte	mmol/l	< 0,1					DIN 38407-7: 2005-12,L
Kalkaggressiv. n. Heyer	mg/l	0,22	-	15 - 40	>40 - 100	>100	DIN 4030-2: 2008-06,L
Ammonium (NH4)	mg/l	25	-	15 - 30	>30 - 60	>60	DIN EN ISO 11732: 2005-05,L
Calcium	mg/l	55					DIN EN ISO 11885: 2009-09,L
Magnesium	mg/l	30	-	300 - 1000	>1000 - 3000	>3000	DIN EN ISO 11885: 2009-09,L
Chlorid	mg/l	390					DIN EN ISO 10304-1: 2009-07,L
Sulfat	mg/l	66	-	200 - 600	>600 - 3000	>3000	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07,L
Sulfid	mg/l	< 0,1					DIN 38405-27: 1992-07,L
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		XA1					DIN 4030-2: 2008-06,L

Seite 2 von 2 zum Prüfbericht Nr. 18-55864-002/1

20181113-16215355

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	B 3-SW 18-55864-002	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
			nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50929							
Mulden-/Lochkorrosion		sehr gering				DIN 50929-3: 1985-09,L	
Flächenkorrosion		sehr gering				DIN 50929-3: 1985-09,L	
Güte		sehr gut				DIN 50929-3: 1985-09,L	

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten += durchgeführt
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, K=Kiel, L=Lüden, HE=Heide

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
 Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Bewertung:

Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: XA1

XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

13.11.2018



UCL Umwelt Control Labor GmbH // Köpenicker Str. 59 // 24111 Kiel // Deutschland

Prüfbericht - Nr.: 18-55864-001/1

Prüfgegenstand: Grundwasser
Auftraggeber / KD-Nr.: Wilhelm Soltau Brunnenbau GmbH, Im Alten Moor 8a, 21220 Seevetal / 66674
Projektbezeichnung: KKW Brokdorf-TBH
Probeneingang am / durch: 06.11.2018 / Paketdienst
Prüfzeitraum: 06.11.2018 - 13.11.2018

Prüfung und Beurteilung von Wasser nach DIN 4030-1:2008-06

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	B 3-GW 18-55864-001	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
			nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Analyse der Originalprobe							
pH-Wert		6,8	-	6,5 - 5,5	<5,5 - 4,5	<4,5	DIN EN ISO 10523: 2012-04;L
KMnO4-Verbrauch	mg/l	8,5					DIN 4030-2: 2008-06;L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	12					DIN 38409-7: 2005-12;L
Gesamthärte	mmol/l	4,9					DIN 38409-6: 1986-01;L
Gesamthärte	mg/l CaO	270					DIN 38409-6: 1986-01;L
Härtehydrogencarbonat	mmol/l	12					DIN 38409-7: 2005-12;L
Nichtcarbonathärte	mmol/l	< 0,1					DIN 38407-7: 2005-12;L
Kalkaggressiv. n. Heyer	mg/l	0,22	-	15 - 40	>40 - 100	>100	DIN 4030-2: 2008-06;L
Ammonium (NH4)	mg/l	7,4	-	15 - 30	>30 - 60	>60	DIN EN ISO 11732: 2005-05;L
Calcium	mg/l	80					DIN EN ISO 11885: 2009-09;L
Magnesium	mg/l	70	-	300 - 1000	>1000 - 3000	>3000	DIN EN ISO 11885: 2009-09;L
Chlorid	mg/l	830					DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L
Sulfat	mg/l	14	-	200 - 600	>600 - 3000	>3000	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07;L
Sulfid	mg/l	< 0,1					DIN 38405-27: 1992-07;L
Beurteilung auf Betonaggressivität gem. DIN 4030							
Expositionsklasse		<XA1					DIN 4030-2: 2008-06;L

Seite 2 von 2 zum Prüfbericht Nr. 18-55864-001/1

20181113-16215355

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	B 3-GW 18-55864-001	Grenzwerte für die Expositionsklassen				Methode
			nicht angreifend	XA1	XA2	XA3	
Beurteilung auf Stahlaggressivität gem. DIN 50929							
Mulden-/Lochkorrosion		gering					DIN 50929-3: 1985-09;L
Flächenkorrosion		sehr gering					DIN 50929-3: 1985-09;L
Güte		sehr gut					DIN 50929-3: 1985-09;L

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe AG=Auftraggeberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide

Für die Bewertung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird.
Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (pH unt. Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe.

Bewertung:

Das Grundwasser ist nach DIN 4030 in die folgende Expositionsklasse einzuordnen: nicht angreifend

XA1 = schwach angreifend, XA2 = stark angreifend, XA3 = sehr stark angreifend

13.11.2018





Korngrößenverteilung

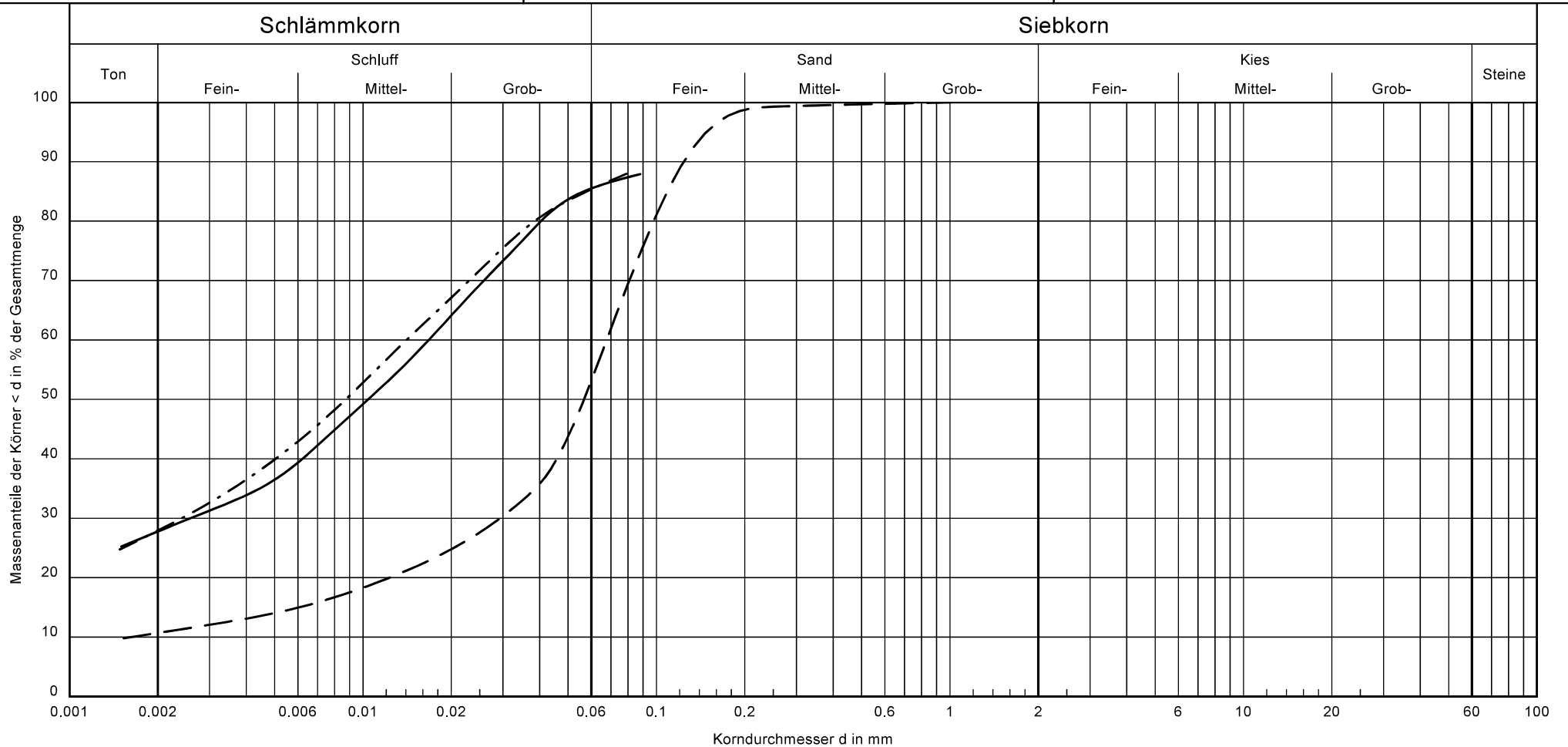
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 18.12.2018

Gez. : XXXXXXXXXX



Entnahmestelle:	B 1	B 1	B 3
Tiefe: [m]	4,25	5,75	3,25
Labornummer:	24	26	22
Geologische Bez.:	Klei, org.	Klei, org.	Klei, org.
Bodenart:	U, t, fs'	U, fs, t'	U, t, fs'
Arbeitsweise:	Schlammanalyse	Sieb-Schlammanalyse	Schlammanalyse
Signatur	—————	-----	- . - . - .

Anlage:
022904/6



Korngrößenverteilung

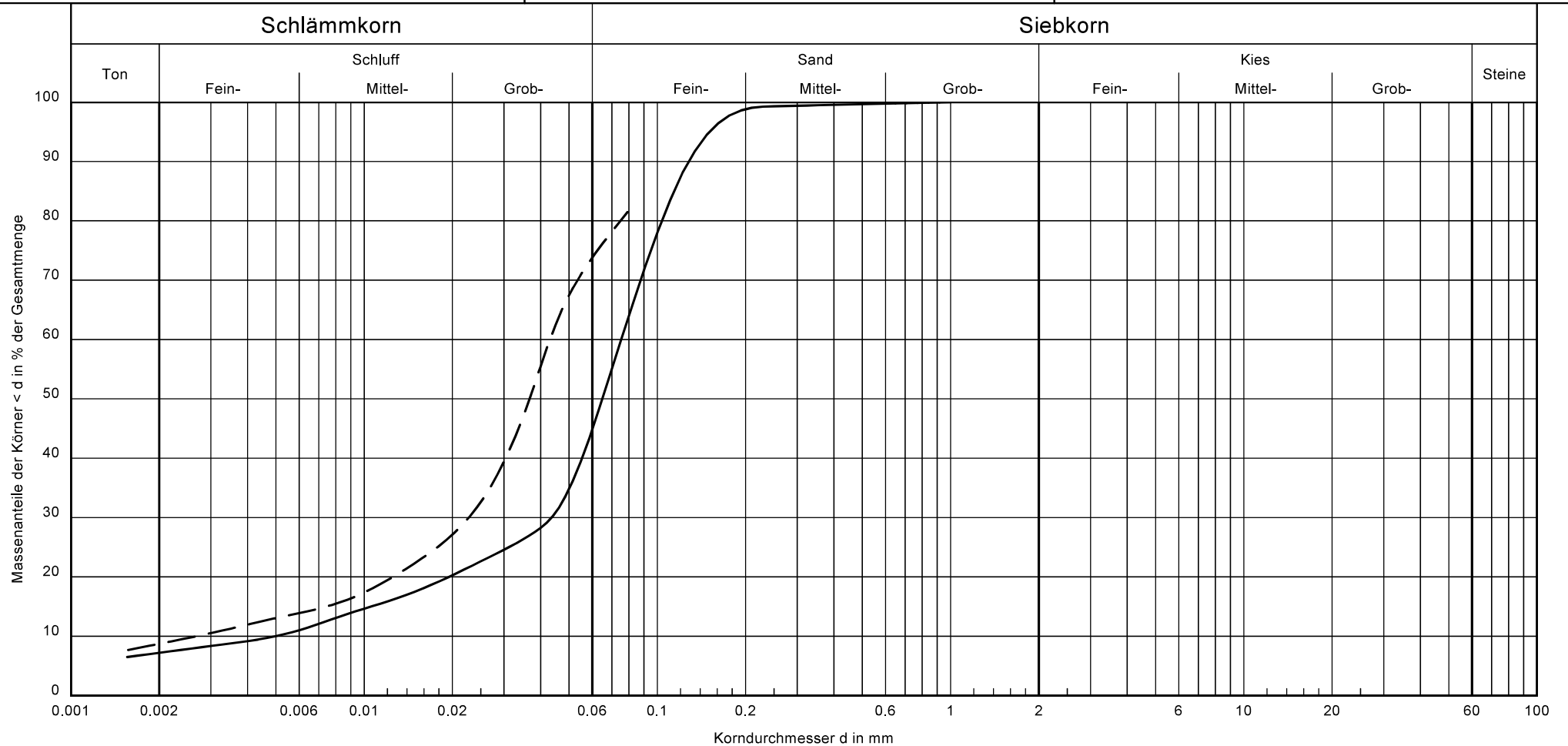
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 18.12.2018

Gez. : XXXXXXXXXX



Entnahmestelle:	B 6	B 8
Tiefe: [m]	3,25	5,25
Labornummer:	25	23
Geologische Bez.:	Klei, org.	Klei, org.¹
Bodenart:	U, fs, t'	U, fs, t'
Arbeitsweise:	Sieb-Schlämmanalyse	Schlämmanalyse
Signatur	_____	_____

Anlage:
022904/7



Korngrößenverteilung

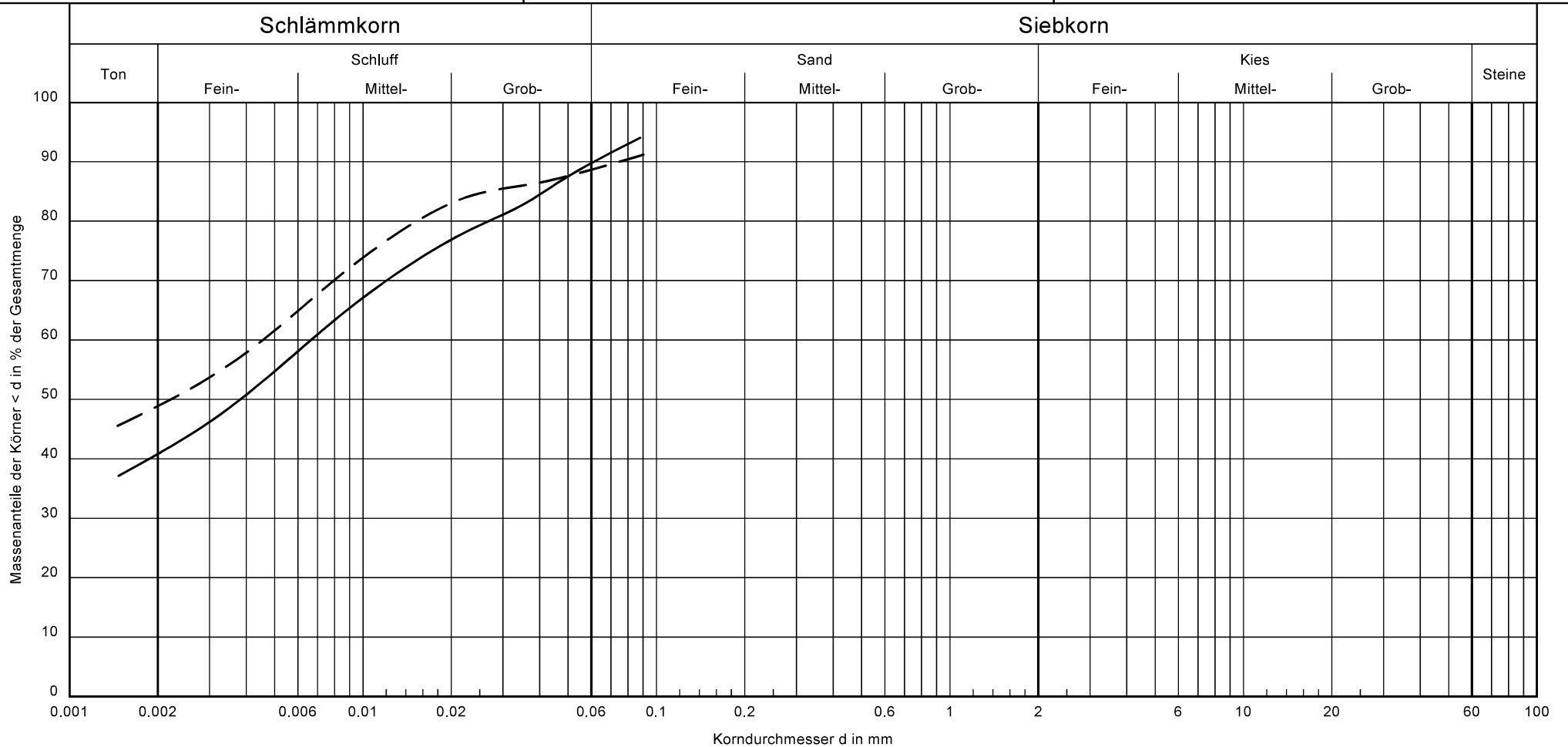
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 19.12.2018

Gez. : XXXXXXXXXX



Entnahmestelle:	B 1	B 3
Tiefe: [m]	12,75	12,25
Labornummer:	27	21
Geologische Bez.:	Klei, org.	Klei, org.
Bodenart:	T, U, fs'	T, U, fs'
Arbeitsweise:	Schlammanalyse	Schlammanalyse
Signatur	_____	_____

Anlage:
022904/8



Korngrößenverteilung

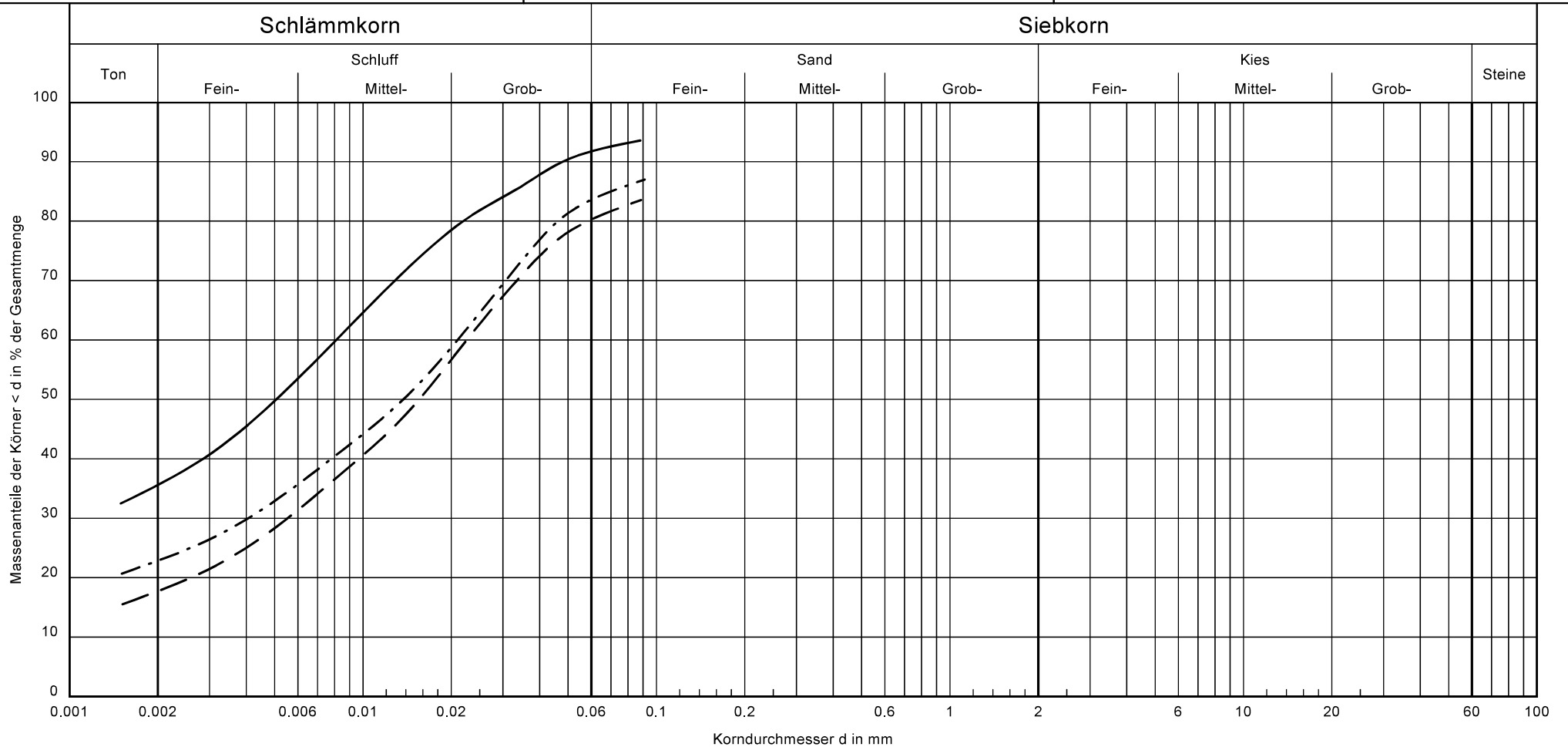
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 19.12.2018

Gez. XXXXXXXXXX



Entnahmestelle:	B 6	B 6	B 6
Tiefe: [m]	10,25	14,80	16,50
Labornummer:	20	13	14
Geologische Bez.:	Klei, org.	Klei, org.	Klei, org.
Bodenart:	U, \bar{t} , fs'	U, t, fs	U, t, fs
Arbeitsweise:	Schlammanalyse	Schlammanalyse	Schlammanalyse
Signatur	_____	-----	- . - . - .

Anlage:
022904/9



Korngrößenverteilung

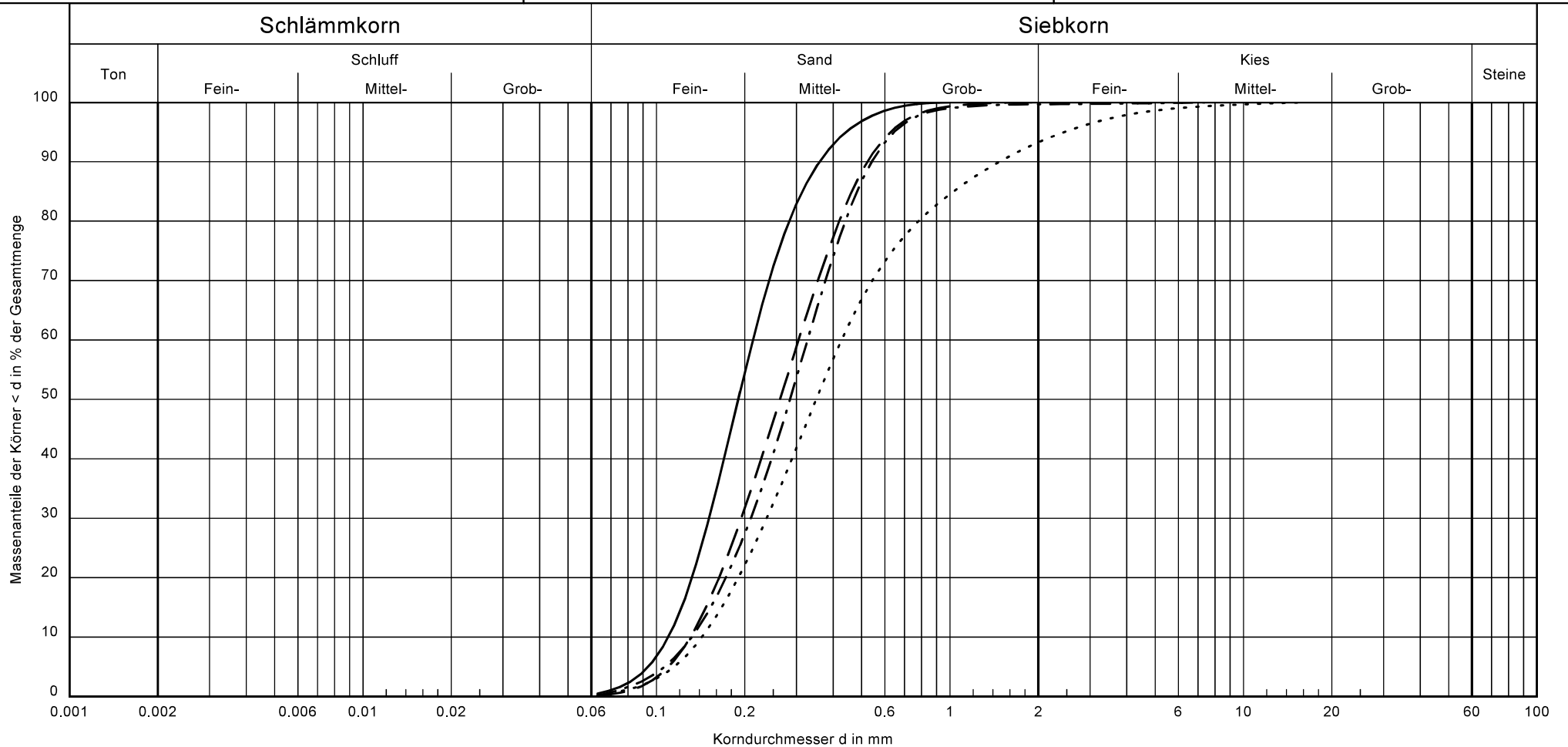
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 06.12.2018

Gez. : XXXXXXXXXX



Entnahmestelle:	B 3	B 3	B 3	B 3
Tiefe: [m]	14,80	17,60	21,80	23,30
Labornummer:	10	5	11	12
Geologische Bez.:	Sand	Sand	Sand	Sand
Bodenart:	fS, mS	mS, fs, gs'	mS, fs, gs'	mS, fs, gs, fg'
Arbeitsweise:	Trockensiebung	Trockensiebung	Trockensiebung	Trockensiebung
Signatur	—————	-----	- - - - -

Anlage:
022904/10



Korngrößenverteilung

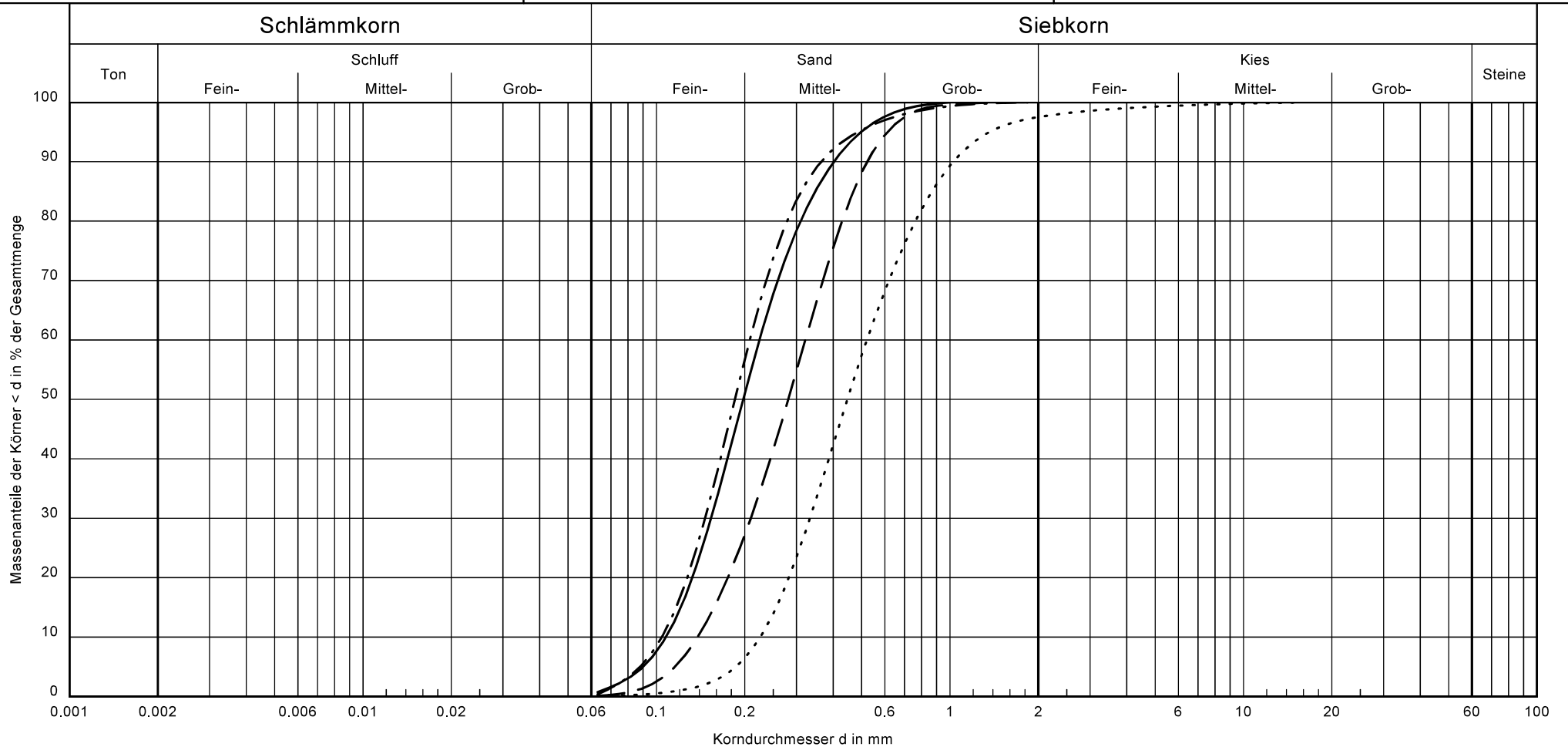
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 06.12.2018

Gez. [Redacted]



Entnahmestelle:	B 6	B 6	B 6	B 6
Tiefe: [m]	17,80	19,80	21,80	22,80
Labornummer:	7	8	9	6
Geologische Bez.:	Sand	Sand	Sand	Sand
Bodenart:	fS, mS	mS, fs, gs'	fS, mS	mS, gs, fs', g''
Arbeitsweise:	Trockensiebung	Trockensiebung	Trockensiebung	Trockensiebung
Signatur	—————	-----	- - - - -

Anlage:
022904/11



Korngrößenverteilung

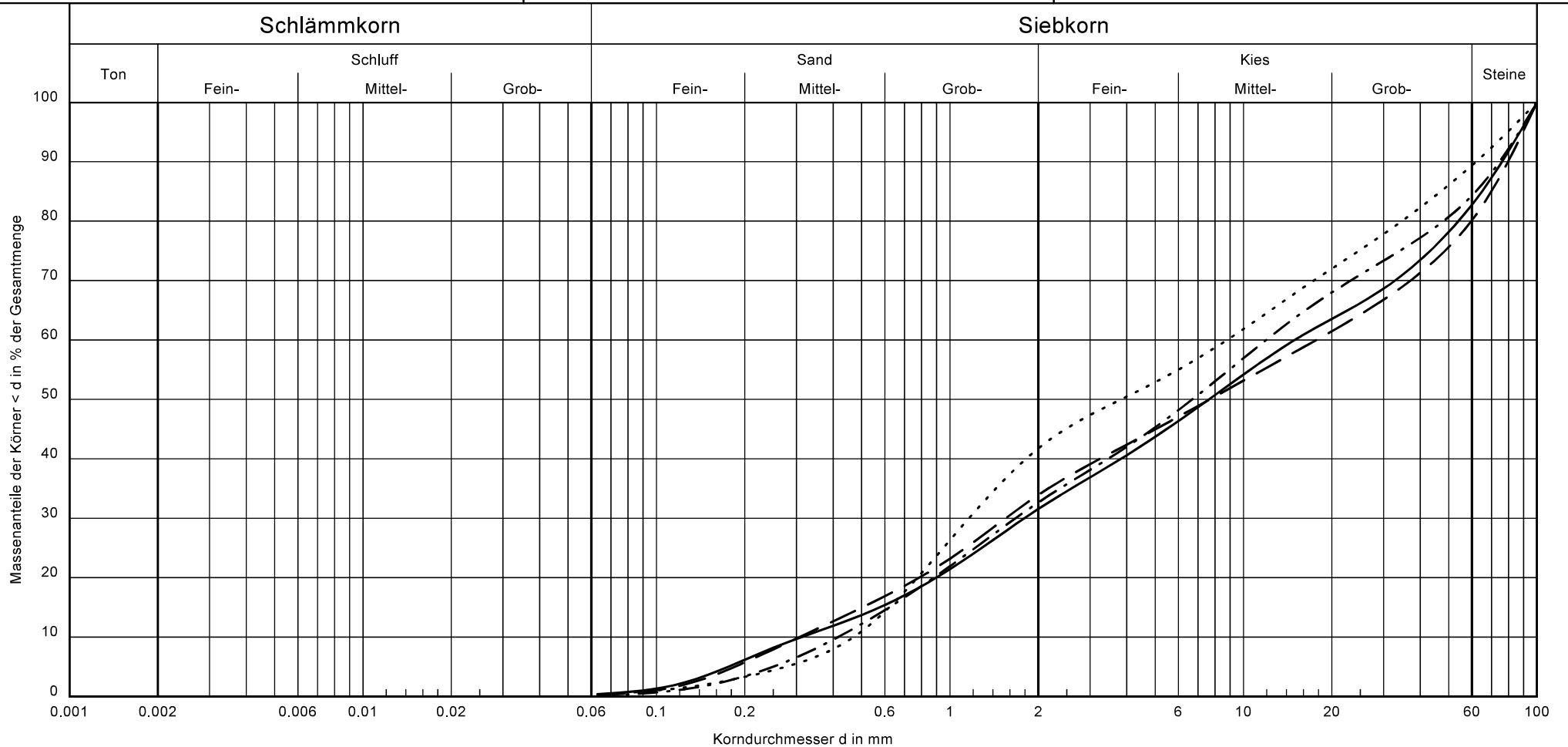
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 06.12.2018

Gez. :



Entnahmestelle:	B 1	B 3	B 6	B 8
Tiefe: [m]	25,00 - 26,00 (10l-Eimer)	25,00 - 26,00 (10l-Eimer)	25,00 - 26,00 (10l-Eimer)	25,00 - 26,00 (10l-Eimer)
Labornummer:	2	4	1	15
Geologische Bez.:	Kies	Kies	Kies	Kies
Bodenart:	G, \bar{s} , x	G, \bar{s} , x	G, \bar{s} , x	G, \bar{s} , x'
Arbeitsweise:	Naßsiegung	Trockensiegung	Trockensiegung	Trockensiegung
Signatur				

Anlage:
022904/12



Korngrößenverteilung

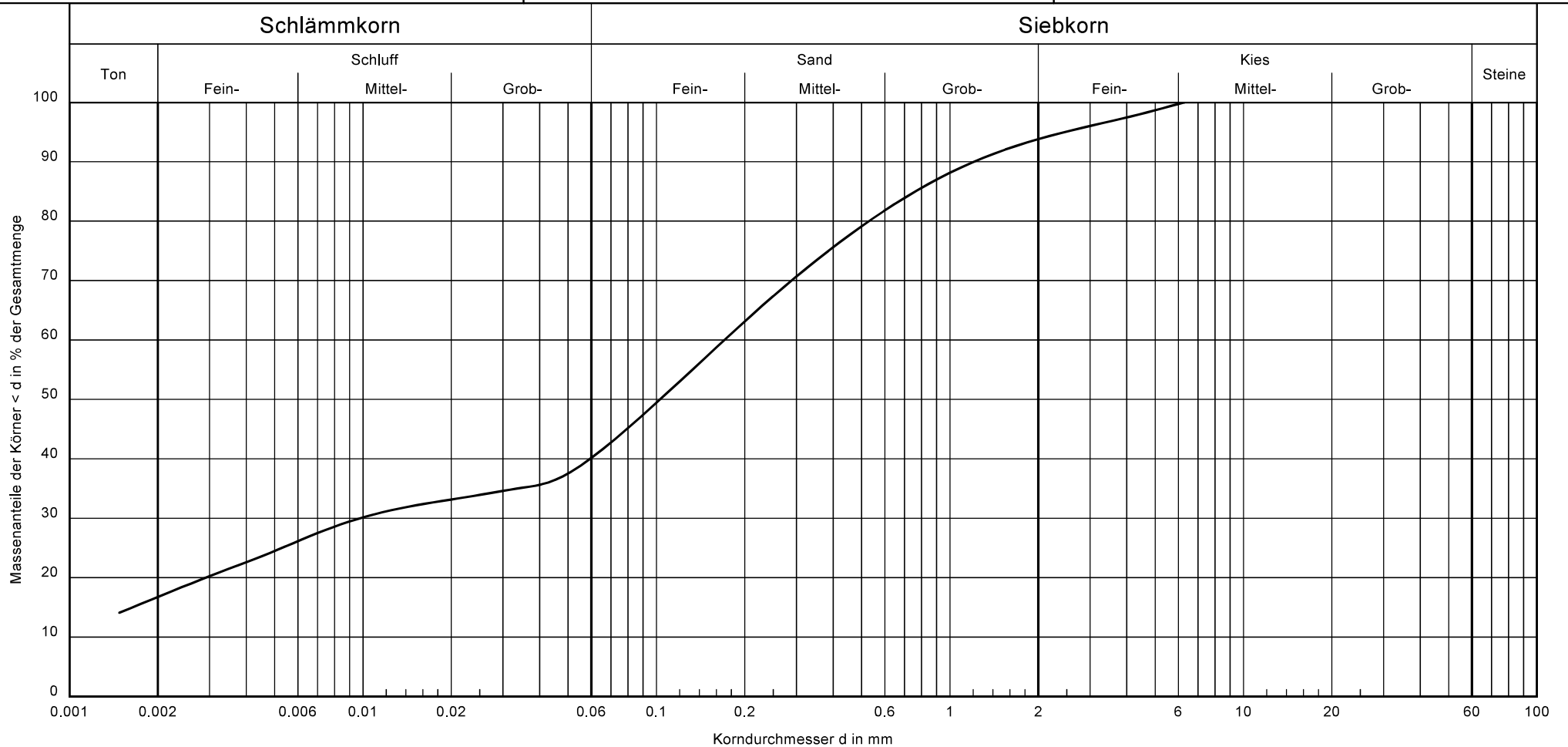
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 06.12.2018

Gez. :



Entnahmestelle:	B 6
Tiefe: [m]	28,50
Labornummer:	3
Geologische Bez.:	Geschiebemergel
Bodenart:	S, t, u, g'
Arbeitsweise:	Sieb-Schlämmanalyse
Signatur	<hr/>

Anlage:
022904/13



Korngrößenverteilung

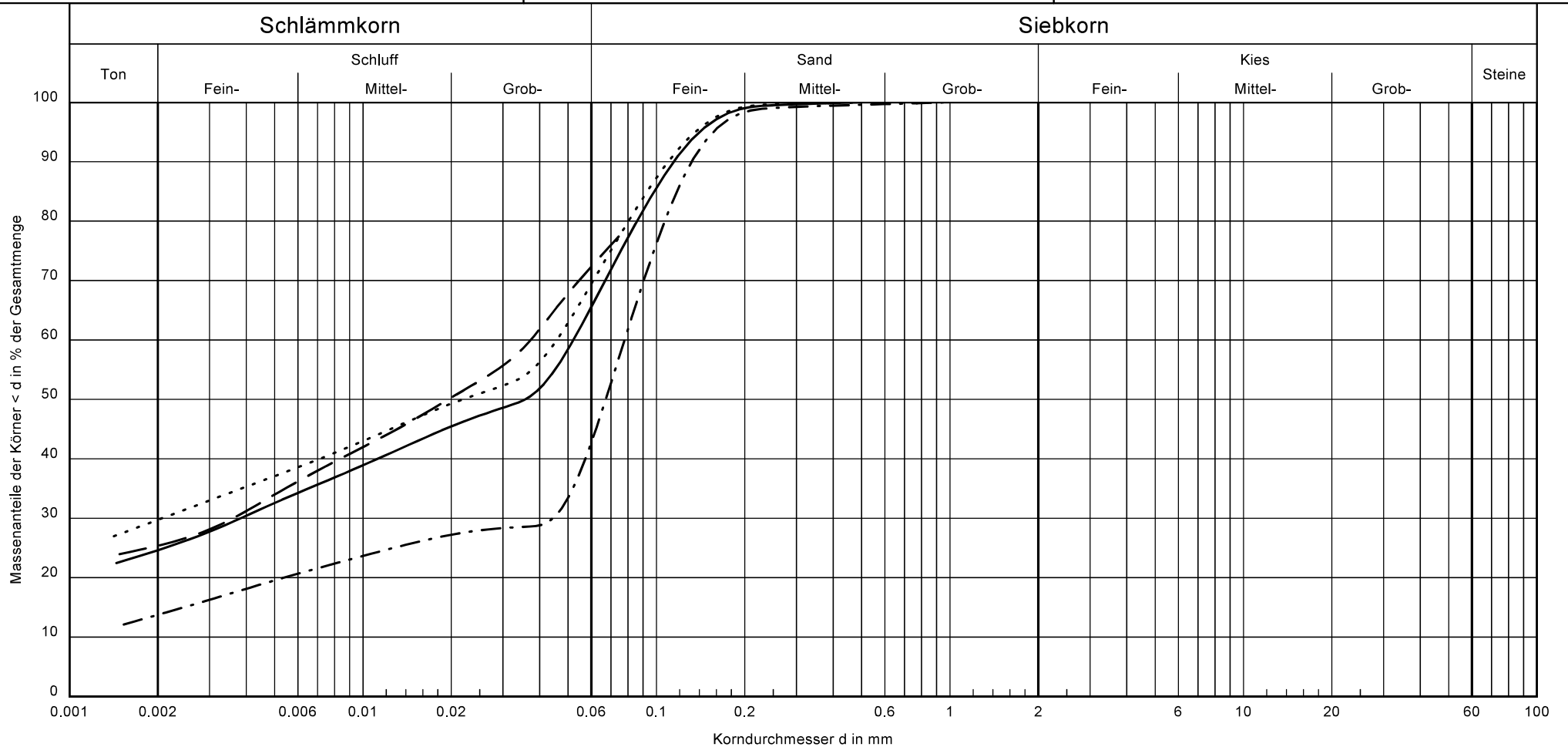
DIN EN ISO 17892-4

Auftragsnummer : 022904

Bauvorhaben : KBR, Transportbereitstellungshalle

Datum : 12.12.2018

Gez. : XXXXXXXXXX



Entnahmestelle:	B 1	B 1	B 6	B 8
Tiefe: [m]	30,55	32,75	31,75	30,45
Labornummer:	18	19	16	17
Geologische Bez.:	Glimmerschluff	Glimmerschluff	Glimmerschluff	Glimmerschluff
Bodenart:	U, \bar{f}_s , t	U, t, f_s	f_s , \bar{u} , t'	U, t, f_s
Arbeitsweise:	Sieb-Schlammanalyse	Schlammanalyse	Sieb-Schlammanalyse	Sieb-Schlammanalyse
Signatur	—————	-----	- - - - -

Anlage:
022904/14



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KBR, Transportbereitstellungshalle

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Datum: 13.12.2018

Auftragsnummer: 022904

Entnahmestelle: B 1

Tiefe [m]: 4,25

Labornummer: 5

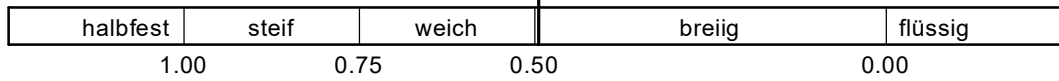
Geolog. Bez.: oberer Klei

Nr.	1	2	3	4	5	6
Art	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	25	25	25	-	-	-
mf + mb [g]	96.99	93.66	106.52	40.04	38.56	41.70
mt + mb [g]	60.75	58.00	67.07	34.38	33.58	36.09
mb [g]	22.27	20.04	24.96	22.11	22.80	23.89
mw [g]	36.24	35.66	39.45	5.66	4.98	5.61
mt [g]	38.48	37.96	42.11	12.27	10.78	12.20
w [%]	94.18	93.94	93.68	46.13	46.20	45.98

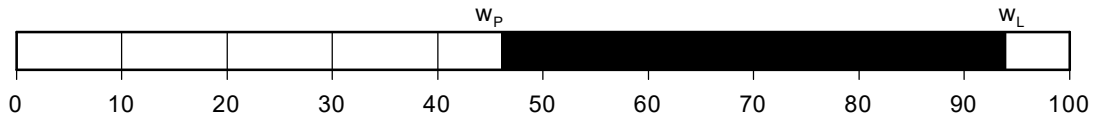
Wassergehalt w =	70.3 %
Fließgrenze w_L =	93.9 %
Ausrollgrenze w_P =	46.1 %
Plastizitätszahl I_P =	47.8 %
Konsistenzzahl I_C =	0.49

Zustandsform

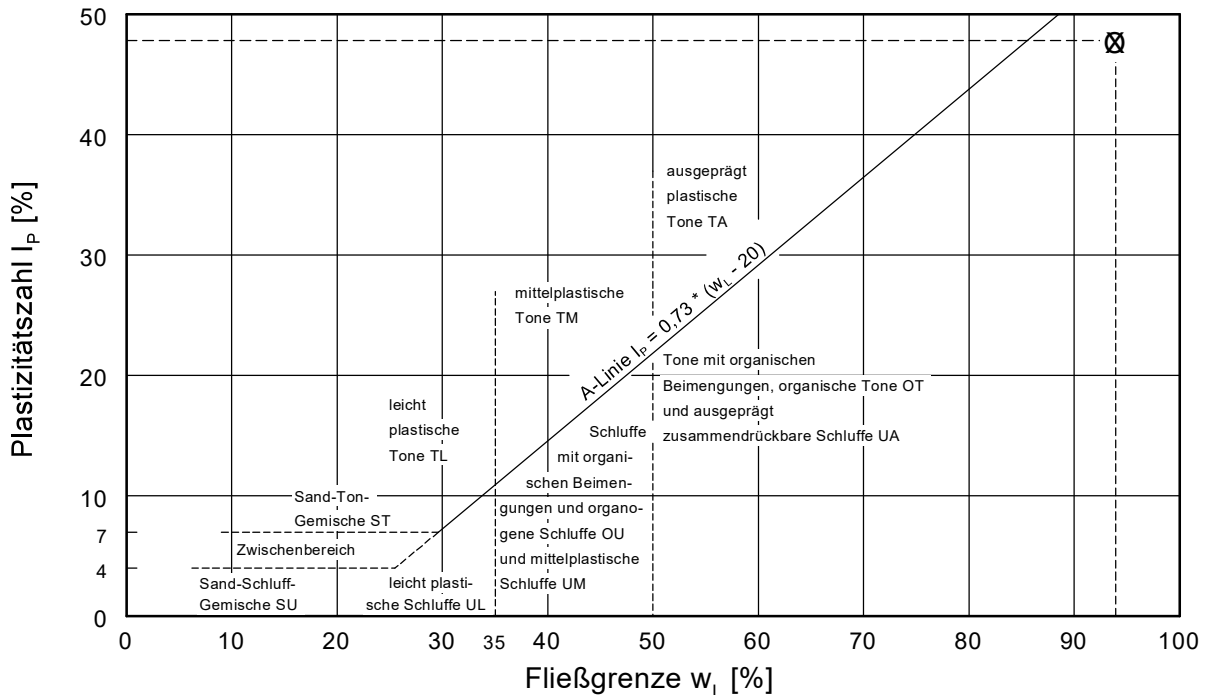
$I_C = 0.49$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KBR, Transportbereitstellungshalle

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Datum: 18.12.2018

Auftragsnummer: 022904

Entnahmestelle: B 6

Tiefe [m]: 3,25

Labornummer: 7

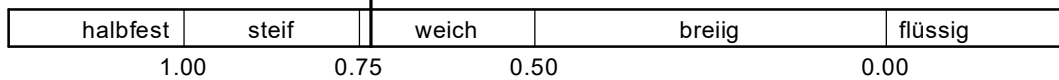
Geolog. Bez.: oberer Klei

Nr.	1	2	3	4	5	6
Art	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	25	25	25	-	-	-
mf + mb [g]	75.09	98.55	112.87	46.27	45.63	45.34
mt + mb [g]	55.09	70.67	79.63	40.35	40.26	39.74
mb [g]	22.39	24.81	24.77	23.78	24.87	24.19
mw [g]	20.00	27.88	33.24	5.92	5.37	5.60
mt [g]	32.70	45.86	54.86	16.57	15.39	15.55
w [%]	61.16	60.79	60.59	35.73	34.89	36.01

Wassergehalt w =	42.3 %
Fließgrenze w_L =	60.8 %
Ausrollgrenze w_P =	35.5 %
Plastizitätszahl I_P =	25.3 %
Konsistenzzahl I_C =	0.73

Zustandsform

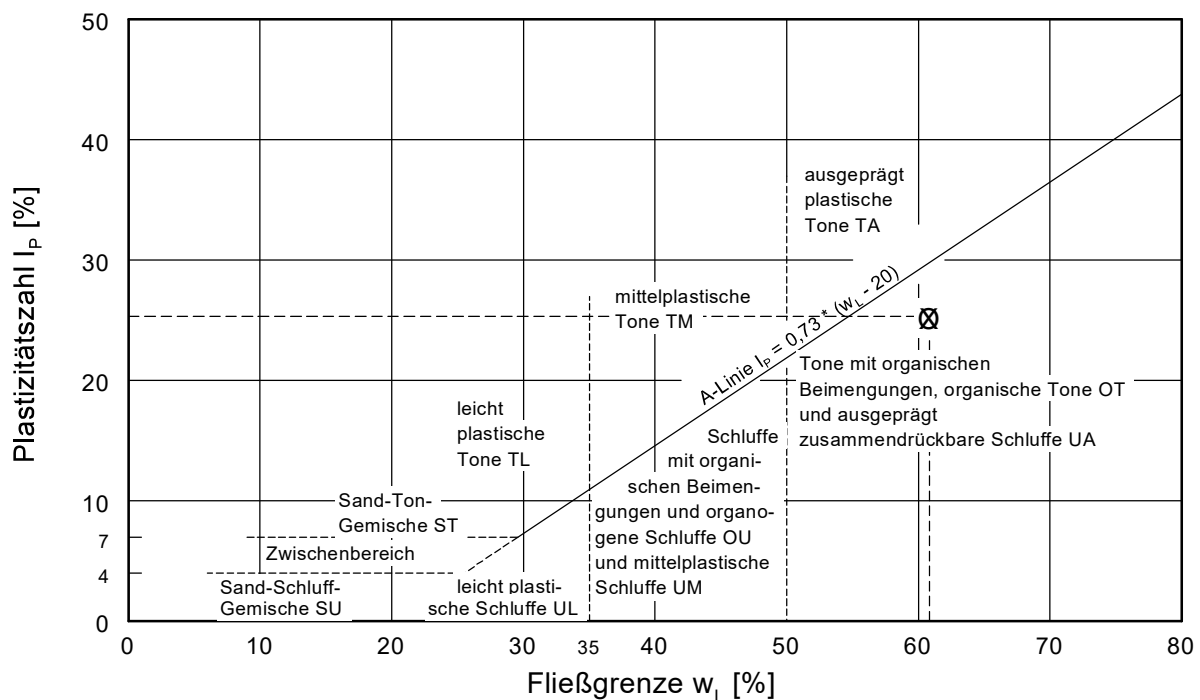
$I_C = 0.73$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KBR, Transportbereitstellungshalle

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Datum: 18.12.2018

Auftragsnummer: 022904

Entnahmestelle: B 1

Tiefe [m]: 12,75

Labornummer: 6

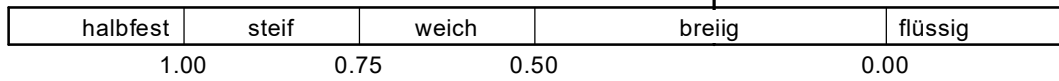
Geolog. Bez.: unterer Klei

Nr.	1	2	3	4	5	6
Art	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	25	25	25	-	-	-
mf + mb [g]	64.47	88.26	89.38	35.38	36.57	36.85
mt + mb [g]	42.25	52.48	55.47	30.62	31.60	32.20
mb [g]	22.27	20.04	24.96	22.11	22.80	23.89
mw [g]	22.22	35.78	33.91	4.76	4.97	4.65
mt [g]	19.98	32.44	30.51	8.51	8.80	8.31
w [%]	111.21	110.30	111.14	55.93	56.48	55.96

Wassergehalt w =	97.5 %
Fließgrenze w_L =	110.9 %
Ausrollgrenze w_P =	56.1 %
Plastizitätszahl I_P =	54.8 %
Konsistenzzahl I_C =	0.24

Zustandsform

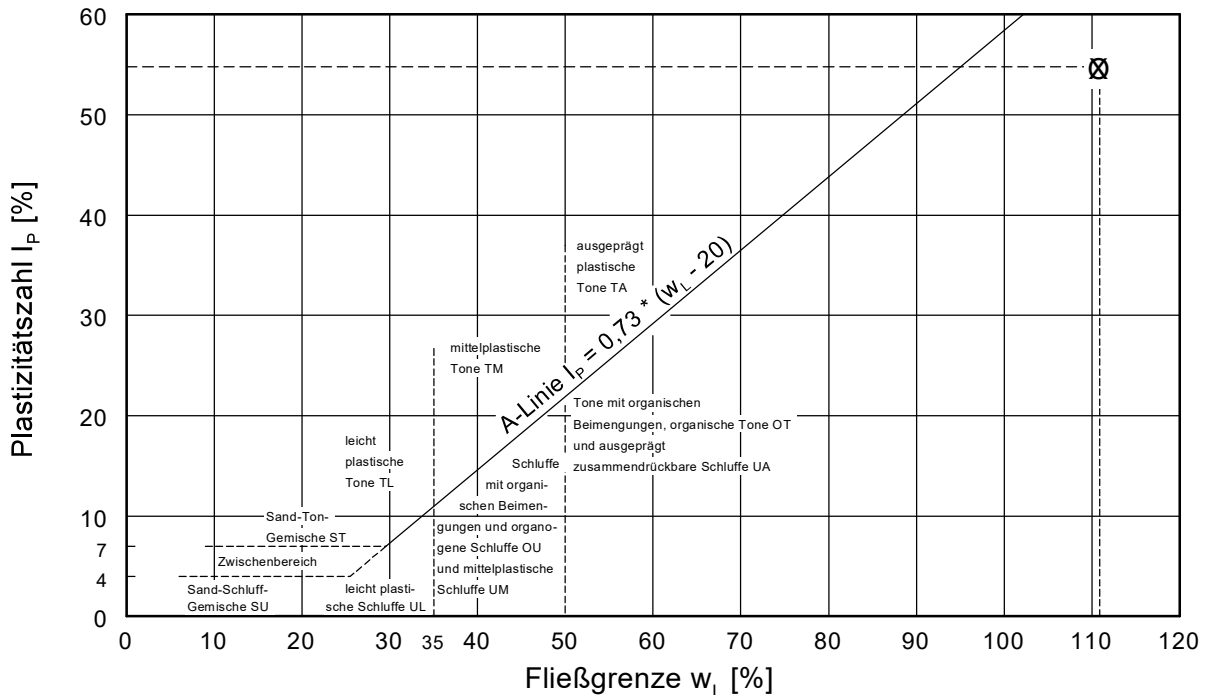
$I_C = 0.24$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KBR, Transportbereitstellungshalle

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Datum: 12.12.2018

Auftragsnummer: 022904

Entnahmestelle: B 3

Tiefe [m]: 12,25

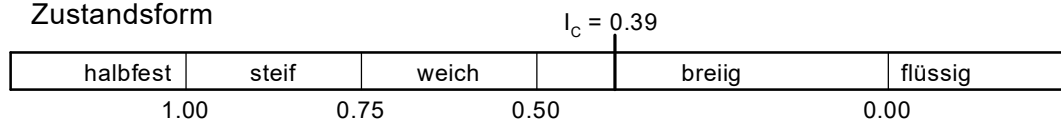
Labornummer: 4

Geolog. Bez.: unterer Klei

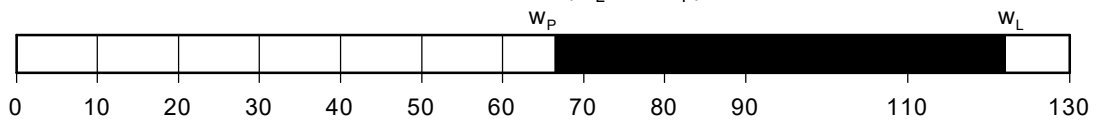
Nr.	1	2	3	4	5	6
Art	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	25	25	25	-	-	-
mf + mb [g]	87.91	94.09	105.11	34.35	34.28	36.63
mt + mb [g]	51.86	53.38	61.05	29.48	29.70	31.52
mb [g]	22.27	20.04	24.96	22.11	22.80	23.89
mw [g]	36.05	40.71	44.06	4.87	4.58	5.11
mt [g]	29.59	33.34	36.09	7.37	6.90	7.63
w [%]	121.83	122.11	122.08	66.08	66.38	66.97

Wassergehalt $w = 100.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 122.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 66.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 55.5 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.39$

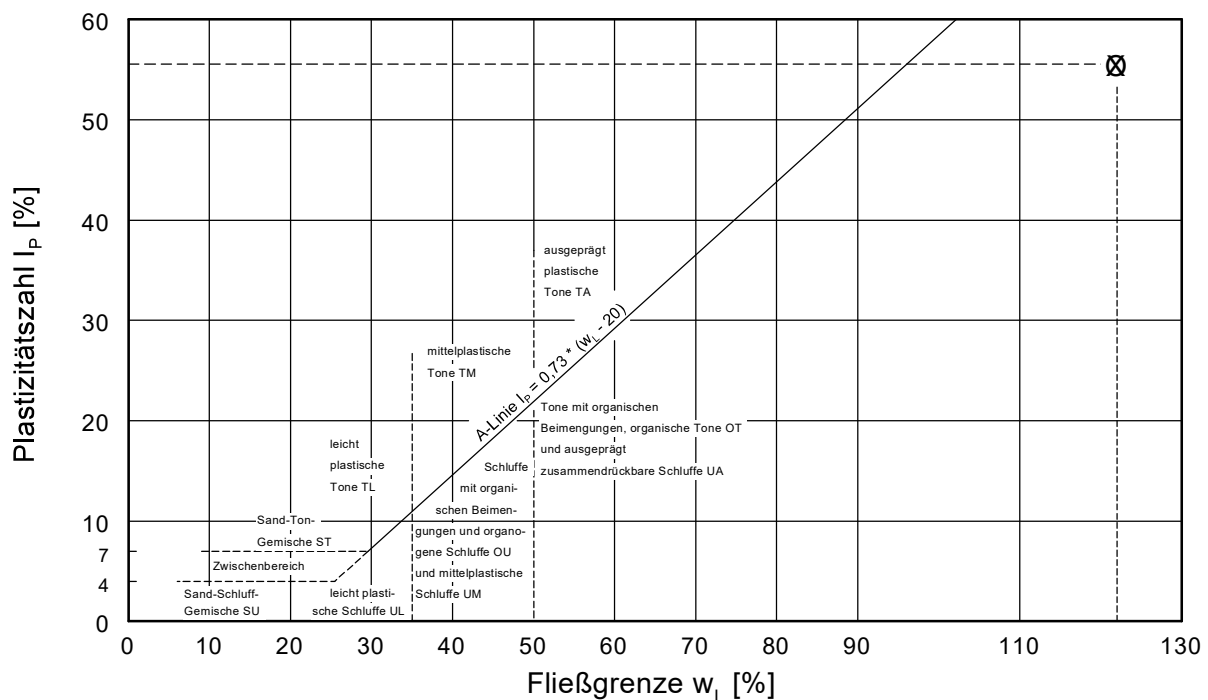
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KBR, Transportbereitstellungshalle

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Datum: 12.12.2018

Auftragsnummer: 022904

Entnahmestelle: B 6

Tiefe [m]: 10,25

Labornummer: 3

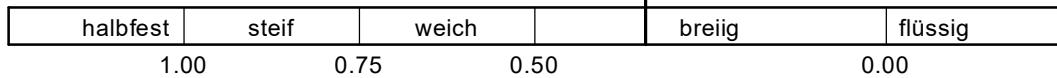
Geolog. Bez.: unterer Klei

Nr.	1	2	3	4	5	6
Art	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	25	25	25	-	-	-
mf + mb [g]	77.38	85.09	94.47	37.88	37.51	37.75
mt + mb [g]	49.13	54.23	58.60	33.12	33.26	33.19
mb [g]	22.39	24.81	24.77	23.78	24.87	24.19
mw [g]	28.25	30.86	35.87	4.76	4.25	4.56
mt [g]	26.74	29.42	33.83	9.34	8.39	9.00
w [%]	105.65	104.89	106.03	50.96	50.66	50.67

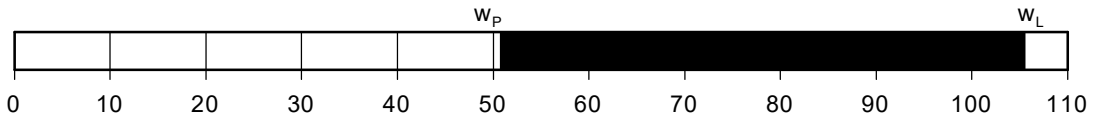
Wassergehalt w =	86.8 %
Fließgrenze w_L =	105.5 %
Ausrollgrenze w_P =	50.8 %
Plastizitätszahl I_P =	54.7 %
Konsistenzzahl I_C =	0.34

Zustandsform

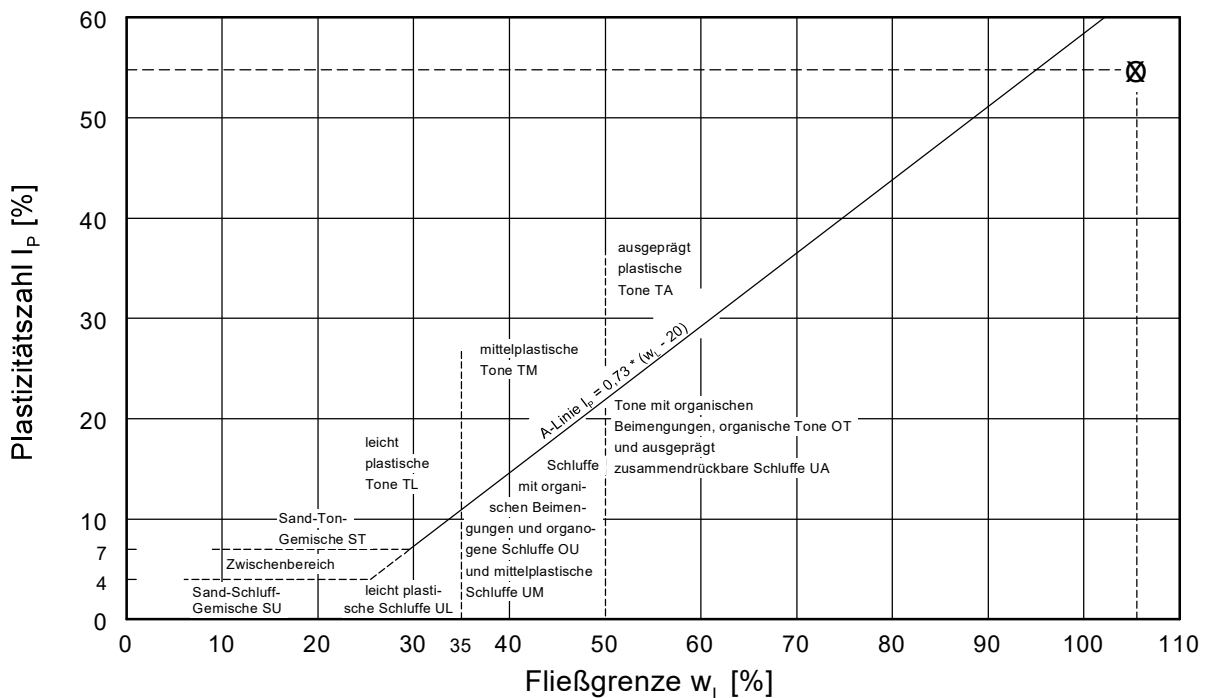
$I_C = 0.34$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KBR, Transportbereitstellungshalle

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Datum: 11.12.2018

Auftragsnummer: 022904

Entnahmestelle: B 1

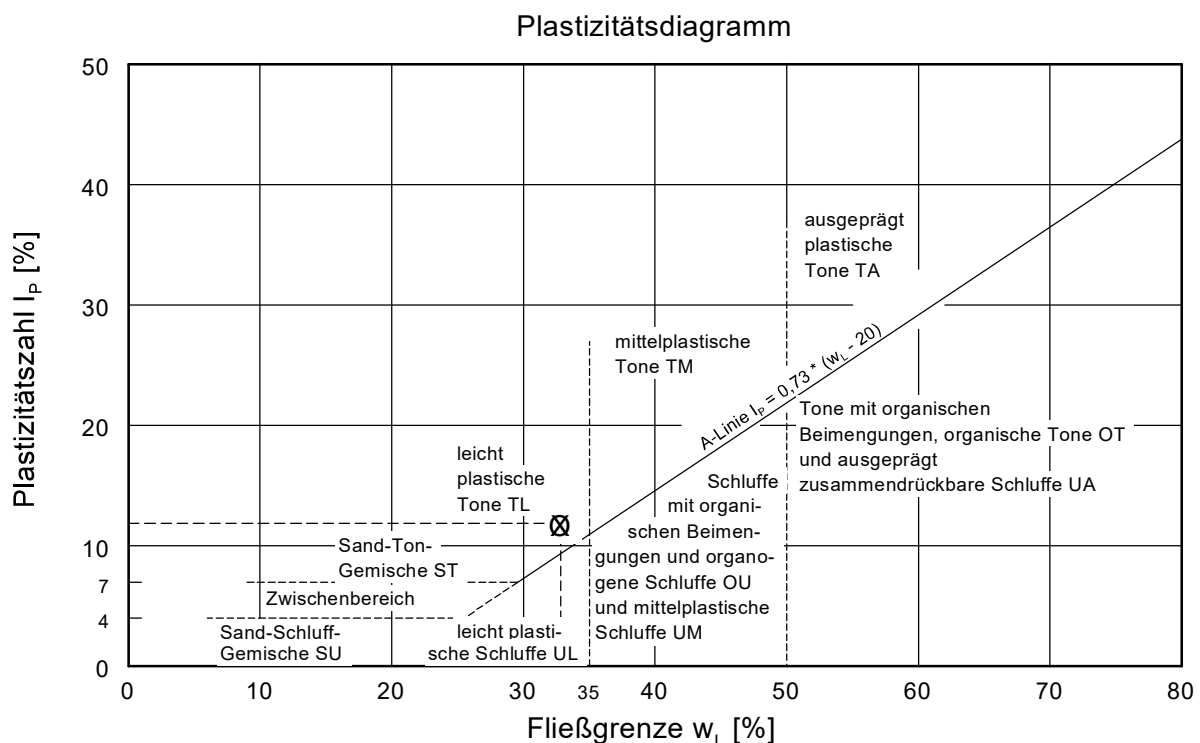
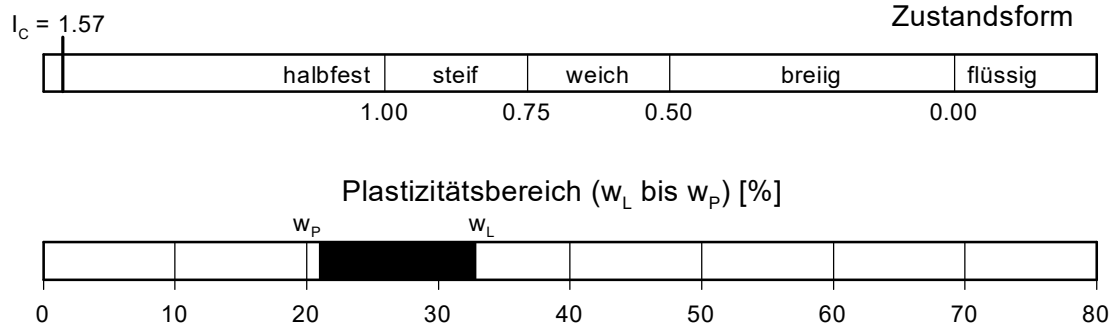
Tiefe [m]: 30,55

Labornummer: 2

Geolog. Bez.: Glimmerschluff

Nr.	1	2	3	4	5	6
Art	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	25	25	25	-	-	-
mf + mb [g]	91.71	114.17	123.29	49.49	47.79	48.19
mt + mb [g]	74.51	92.01	99.08	45.03	43.80	44.05
mb [g]	22.39	24.81	24.77	23.78	24.87	24.19
mw [g]	17.20	22.16	24.21	4.46	3.99	4.14
mt [g]	52.12	67.20	74.31	21.25	18.93	19.86
w [%]	33.00	32.98	32.58	20.99	21.08	20.85

Wassergehalt w =	14.3 %
Fließgrenze w_L =	32.9 %
Ausrollgrenze w_P =	21.0 %
Plastizitätszahl I_P =	11.9 %
Konsistenzzahl I_C =	1.57





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KBR, Transportbereitstellungshalle

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Datum: 11.12.2018

Auftragsnummer: 022904

Entnahmestelle: B 1

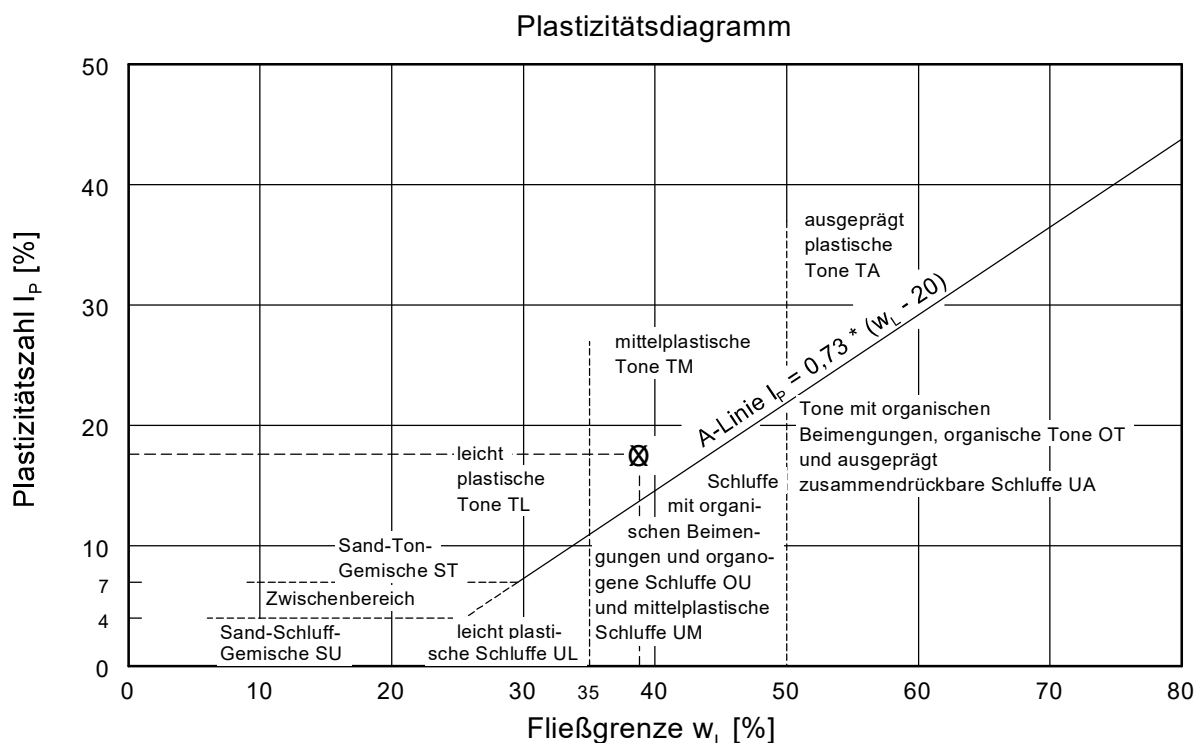
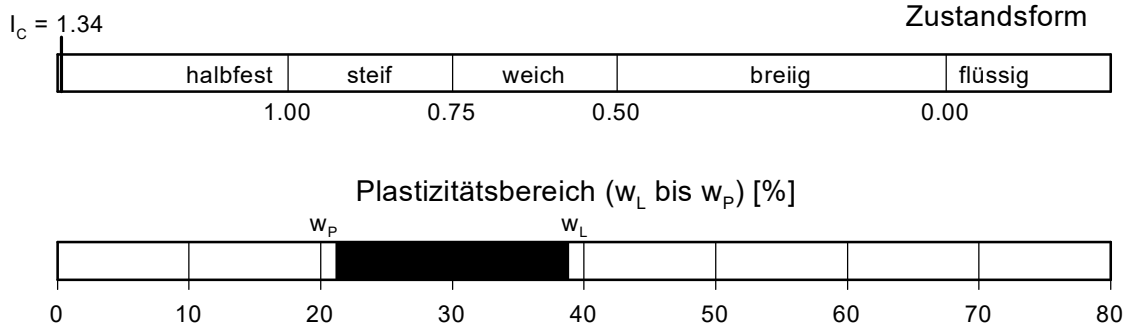
Tiefe [m]: 32,75

Labornummer: 1

Geolog. Bez.: Glimmerschluff

Nr.	1	2	3	4	5	6
Art	wL	wL	wL	wp	wp	wp
Schläge	25	25	25	-	-	-
mf + mb [g]	136.91	113.18	123.57	40.04	42.20	38.79
mt + mb [g]	104.93	87.14	95.92	36.90	38.81	36.19
mb [g]	22.27	20.04	24.96	22.11	22.80	23.89
mw [g]	31.98	26.04	27.65	3.14	3.39	2.60
mt [g]	82.66	67.10	70.96	14.79	16.01	12.30
w [%]	38.69	38.81	38.97	21.23	21.17	21.14

Wassergehalt $w = 15.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 38.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 21.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 17.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.34$





KBR Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

Anlage 022904/22.1

Homogenbereich H 1 - Auffüllung, überwiegend Sand, örtlich Kleibrocken

Grundlage: Ergebnisse Baugrundaufschluss und Erfahrungswerte

Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung, überwiegend rollig
Bodengruppe nach DIN 18196	[SE, SW, SU, örtlich OU, OT]
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	U / S / G = < 15 / 75-85 / < 10 (Gew.-%)
Anteile Steine und Blöcke	anthropogene Hindernisse möglich
Dichte / Wichte nach DIN EN ISO 17892-2	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3 - 19 \text{ kN/m}^3$
Kohäsion nach DIN 18137	---
Undrained Scherfestigkeit nach DIN 18137	---
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	---
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	---
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	---
Lagerungsdichte auf der Grundlage von Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1	locker, mitteldicht, dicht
Kalkgehalt nach DIN 18129	gering
Organischer Anteil nach DIN 18128	$V_{gl} < 5 \%$
Abrasivität (geschätzt)	gering bis mittel



KBR Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

Anlage 022904/22.2

Homogenbereich H 2 - Oberer Klei

Grundlage: Ergebnisse Baugrundaufschluss und Erfahrungswerte

Ortsübliche Bezeichnung	Klei
Bodengruppe nach DIN 18196	OU, OT
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	T / U / S = 5-60 / 30-70 / < 65 (Gew.-%)
Anteile Steine und Blöcke	Holzeinlagerungen möglich
Dichte / Wichte nach DIN EN ISO 17892-2	$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3 - 17 \text{ kN/m}^3$
Kohäsion nach DIN 18137	$c < 20 \text{ kN/m}^2$
Undrained Scherfestigkeit nach DIN 18137	$c_u < 30 \text{ kN/m}^2$
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	w = 30 % - 150 %
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	$I_c < 0,6$, oberflächennah $I_c < 0,8$
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	$I_p = 10 \% - 50 \%$
Lagerungsdichte auf der Grundlage von Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1	---
Kalkgehalt nach DIN 18129	gering
Organischer Anteil nach DIN 18128	$V_{gl} = 2 \% - 30 \%$
Abrasivität (geschätzt)	gering



KBR Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

Anlage 022904/22.3

Homogenbereich H 3 - Torf

Grundlage: Ergebnisse Baugrundaufschluss und Erfahrungswerte

Ortsübliche Bezeichnung	Torf
Bodengruppe nach DIN 18196	HN, HZ
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	---
Anteile Steine und Blöcke	Holzeinlagerungen möglich
Dichte / Wichte nach DIN EN ISO 17892-2	$\gamma = 11 \text{ kN/m}^3 - 13 \text{ kN/m}^3$
Kohäsion nach DIN 18137	$c < 10 \text{ kN/m}^2$
Undrained Scherfestigkeit nach DIN 18137	$c_u < 20 \text{ kN/m}^2$
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	$w = 100 \% - 600 \%$
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	---
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	---
Lagerungsdichte auf der Grundlage von Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1	---
Kalkgehalt nach DIN 18129	gering
Organischer Anteil nach DIN 18128	$V_{gl} = 50 \% - 95 \%$
Abrasivität (geschätzt)	gering



KBR Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

Anlage 022904/22.4

Homogenbereich H 4 - Unterer Klei

Grundlage: Ergebnisse Baugrundaufschluss und Erfahrungswerte

Ortsübliche Bezeichnung	Klei
Bodengruppe nach DIN 18196	OU, OT
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	T / U / S = 5-60 / 30-70 / < 65 (Gew.-%)
Anteile Steine und Blöcke	Holzeinlagerungen möglich
Dichte / Wichte nach DIN EN ISO 17892-2	$\gamma = 13 \text{ kN/m}^3 - 17 \text{ kN/m}^3$
Kohäsion nach DIN 18137	$c < 20 \text{ kN/m}^2$
Undrained Scherfestigkeit nach DIN 18137	$c_u < 20 \text{ kN/m}^2$
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	w = 30 % - 150 %
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	$I_c < 0,5$
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	$I_p = 10 \% - 50 \%$
Lagerungsdichte auf der Grundlage von Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1	---
Kalkgehalt nach DIN 18129	gering
Organischer Anteil nach DIN 18128	$V_{gl} = 5 \% - 50 \%$
Abrasivität (geschätzt)	gering



KBR Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

Anlage 022904/22.5

Homogenbereich H 5 - Sande

Grundlage: Ergebnisse Baugrundaufschluss und Erfahrungswerte

Ortsübliche Bezeichnung	Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	SE, SW, SU
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	U / S / G = < 10 / 80-100 / < 20 (Gew.-%)
Anteile Steine und Blöcke	einzelne Steine möglich, < 10 Gew.-%
Dichte / Wichte nach DIN EN ISO 17892-2	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3 - 19 \text{ kN/m}^3$
Kohäsion nach DIN 18137	---
Undrained Scherfestigkeit nach DIN 18137	---
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	---
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	---
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	---
Lagerungsdichte auf der Grundlage von Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1	mitteldicht, dicht, örtlich locker, örtlich sehr dicht
Kalkgehalt nach DIN 18129	gering
Organischer Anteil nach DIN 18128	---
Abrasivität (geschätzt)	mittel, hoch



KBR Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

Anlage 022904/22.6

Homogenbereich H 6 - Kies, sandig

Grundlage: Ergebnisse Baugrundaufschluss und Erfahrungswerte

Ortsübliche Bezeichnung	Kies
Bodengruppe nach DIN 18196	GE, GW
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	S / G / X = < 50 / 40-90 / < 40 (Gew.-%)
Anteile Steine und Blöcke	10 bis 40 Gew.-% bis Findlingsgröße möglich
Dichte / Wichte nach DIN EN ISO 17892-2	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 - 21 \text{ kN/m}^3$
Kohäsion nach DIN 18137	---
Undrained Scherfestigkeit nach DIN 18137	---
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	---
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	---
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	---
Lagerungsdichte auf der Grundlage von Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1	mitteldicht, dicht, sehr dicht
Kalkgehalt nach DIN 18129	gering
Organischer Anteil nach DIN 18128	---
Abrasivität (geschätzt)	mittel, hoch



KBR Brokdorf
Neubau Transportbereitstellungshalle

Anlage 022904/22.7

Homogenbereich H 7 - Glimmerschluff

Grundlage: Ergebnisse Baugrundaufschluss und Erfahrungswerte

Ortsübliche Bezeichnung	Glimmerschluff
Bodengruppe nach DIN 18196	TL, TM, UL, UM, örtlich TA
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	T / U / S = < 50 / 20-60 / 10-70 (Gew.-%)
Anteile Steine und Blöcke	---
Dichte / Wichte nach DIN EN ISO 17892-2	$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3 - 22,5 \text{ kN/m}^3$
Kohäsion nach DIN 18137	$c < 80 \text{ kN/m}^2$
Undrained Scherfestigkeit nach DIN 18137	$c_u > 600 \text{ kN/m}^2$
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	w = 10 % - 35 %
Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	$I_c > 1,0$
Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	$I_p = 10 \% - 50 \%$
Lagerungsdichte auf der Grundlage von Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1	---
Kalkgehalt nach DIN 18129	< 10 %
Organischer Anteil nach DIN 18128	$V_{gl} < 10 \%$
Abrasivität (geschätzt)	gering

GBA Gesellschaft für Bioanalytik · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Grundbauingenieure Steinfeld und Partner
Beratende Ingenieure mbB

20457 Hamburg

Prüfbericht-Nr.: 2018P524801 / 1

Auftraggeber	Grundbauingenieure Steinfeld und Partner Beratende Ingenieure mbB
Eingangsdatum	04.12.2018
Projekt	BV Brokdorf, KBR, THB
Material	Boden
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	022904
Verpackung	Weckglas
Probenmenge	ca. 800-1000 g
Auftragsnummer	18516121
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	04.12.2018 - 27.12.2018
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 27.12.2018


Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung darf GBA darf der Prüfbericht nicht auszugswise vervielfältigt werden.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2018P524801 / 1

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Flensburger Str. 15, 25421 Pinneberg
Telefon +49 (0)4101 7946-0
Fax +49 (0)4101 7946-26
E-Mail pinneberg@gba-group.de
www.gba-group.de


Sitz der Gesellschaft:
Hamburg
Handelsregister:
Hamburg HRB 42774
USt-Id.Nr. DE 118 554 138
St.-Nr. 47/723/00196

Geschäftsführer:



Prüfbericht-Nr.: 2018P524801 / 1

BV Brokdorf, KBR, THB

Zuordnung gem. LAGA-Boden (M20, Fassung 2004) / Bodenart "Sand"

Auftrag		18516121	18516121	18516121
Probe-Nr.		001	005	006
Material		Boden	Boden	Boden
Probenbezeichnung		MP 1	MP 5	MP 6
Probemenge		ca. 800-1000 g	ca. 800-1000 g	ca. 800-1000 g
Probeneingang		04.12.2018	04.12.2018	04.12.2018
Analysenergebnisse	Einheit			
Trockenrückstand	Masse-%	88,4 ---	77,7 ---	86,9 ---
EOX	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TM	<100 Z0	<100 Z0	<100 Z0
mobiler Anteil bis C22	mg/kg TM	<50 Z0	<50 Z0	<50 Z0
Cyanid ges.	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Summe BTEX	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Summe LHKW	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Summe PAK (EPA)	mg/kg TM	n.n. Z0	n.n. Z0	n.n. Z0
Benzo(a)pyren	mg/kg TM	<0,050 Z0	<0,050 Z0	<0,050 Z0
PCB Summe 6 Kongenere	mg/kg TM	n.n. Z0	n.n. Z0	n.n. Z0
Aufschluss mit Königswasser		---	---	---
Arsen	mg/kg TM	1,8 Z0	<1,0 Z0	1,5 Z0
Blei	mg/kg TM	6,8 Z0	1,8 Z0	2,1 Z0
Cadmium	mg/kg TM	<0,10 Z0	<0,10 Z0	<0,10 Z0
Chrom ges.	mg/kg TM	5,5 Z0	1,9 Z0	4,7 Z0
Kupfer	mg/kg TM	11 Z0	7,0 Z0	9,8 Z0
Nickel	mg/kg TM	3,9 Z0	1,2 Z0	4,1 Z0
Quecksilber	mg/kg TM	<0,10 Z0	<0,10 Z0	<0,10 Z0
Thallium	mg/kg TM	<0,30 Z0	<0,30 Z0	<0,30 Z0
Zink	mg/kg TM	26 Z0	6,3 Z0	11 Z0
TOC	Masse-% TM	0,15 Z0	0,051 Z0	0,052 Z0
Eluat				
pH-Wert		9,2 Z0	7,3 Z0	8,5 Z0
Leitfähigkeit	µS/cm	101 Z0	97 Z0	90 Z0
Chlorid	mg/L	0,85 Z0	13 Z0	10 Z0
Sulfat	mg/L	19 Z0	8,8 Z0	7,3 Z0
Cyanid ges.	µg/L	<5,0 Z0	<5,0 Z0	<5,0 Z0
Phenolindex	µg/L	<5,0 Z0	<5,0 Z0	<5,0 Z0
Arsen	µg/L	6,2 Z0	0,75 Z0	3,8 Z0
Blei	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Cadmium	µg/L	<0,30 Z0	<0,30 Z0	<0,30 Z0
Chrom ges.	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Kupfer	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Nickel	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Quecksilber	µg/L	<0,20 Z0	<0,20 Z0	<0,20 Z0
Zink	µg/L	<10 Z0	<10 Z0	<10 Z0

() = Zuordnungswert in Klammern gilt nur in besonderen Fällen (siehe LAGA TR Boden)

Prüfbericht-Nr.: 2018P524801 / 1

BV Brokdorf, KBR, THB

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen (BG)

Parameter	BG	Einheit	Methode
Trockenrückstand	0,40	Masse-%	DIN ISO 11465: 1996-12 ^a §
EOX	1,0	mg/kg TM	US-Extr. Cyclo/Hex/Acet; DIN 38414 (S17): 2017-01 ^a §
Kohlenwasserstoffe	100	mg/kg TM	DIN EN 14039: 2005-01 i.V.m. LAGA KW/04: 2009-12 ^a §
mobiler Anteil bis C22	50	mg/kg TM	DIN EN ISO 16703: 2011-09 ^a i.V.m. LAGA KW/04: 2009-12 ^a §
Cyanid ges.	1,0	mg/kg TM	DIN ISO 17380: 2013-10 ^a §
Summe BTEX	1,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a §
Summe LHKW	1,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a §
Summe PAK (EPA)		mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a §
Benzo(a)pyren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a §
PCB-Summe 6 Kongenere		mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a §
Aufschluss mit Königswasser			DIN EN 13657: 2003-01 ^a §
Arsen	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Blei	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Cadmium	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Chrom ges.	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Kupfer	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Nickel	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Quecksilber	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Thallium	0,30	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Zink	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
TOC	0,050	Masse-% TM	DIN EN 13137: 2001-12 ^a §
Eluat			DIN EN 12457-4: 2003-01 ^a §
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a §
Leitfähigkeit		µS/cm	DIN EN 27888: 1993-11 ^a §
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a §
Sulfat	1,0	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a §
Cyanid ges.	5,0	µg/L	DIN EN ISO 14403-2 (D3): 2012-10 ^a §
Phenolindex	5,0	µg/L	DIN EN ISO 14402: 1999-12 ^a §
Arsen	0,50	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Blei	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Cadmium	0,30	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Chrom ges.	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Kupfer	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Nickel	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Quecksilber	0,20	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Zink	10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §

Die mit * gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: §GBA Pinneberg

GBA Gesellschaft für Bioanalytik · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Grundbauingenieure Steinfeld und Partner



20457 Hamburg



Prüfbericht-Nr.: 2018P524803/ 3 ergänzt Version v. 22.01.2019

Auftraggeber	Grundbauingenieure Steinfeld und Partner Beratende Ingenieure mbB
Eingangsdatum	04.12.2018
Projekt	BV Brokdorf, KBR, THB
Material	Boden
Kennzeichnung	siehe Tabelle
Auftrag	022904
Verpackung	Weckglas
Probenmenge	ca. 800-1000 g
Auftragsnummer	18516121
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	GBA
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	04.12.2018 - 22.01.2019
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.



Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in Ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Seite 1 von 5 zu Prüfbericht-Nr.: 2018P524803/ 3

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
 Flensburger Str. 15, 25421 Pinneberg
 Telefon +49 (0)4101 7946-0
 Fax +49 (0)4101 7946-26
 E-Mail pinneberg@gba-group.de
 www.gba-group.com



Sitz der Gesellschaft:
 Hamburg
 Handelsregister:
 Hamburg HRB 42774
 USt-Id.Nr. DE 118 554 138
 St.-Nr. 47/723/00196

Geschäftsführer:





Prüfbericht-Nr.: 2018P524803/ 3

BV Brokdorf, KBR, THB

Zuordnung gem. LAGA-Boden (M20, Fassung 2004) / Bodenart "Lehm / Schluff"

Auftrag		18516121	18516121	18516121
Probe-Nr.		002	003	004
Material		Boden	Boden	Boden
Probenbezeichnung		MP 2	MP 3	MP 4
Probemenge		ca. 800-1000 g	ca. 800-1000 g	ca. 800-1000 g
Probeneingang		04.12.2018	04.12.2018	04.12.2018
Analysenergebnisse	Einheit			
Trockenrückstand	Masse-%	68,6 ---	24,4 ---	48,9 ---
EOX	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TM	<100 Z0	<100 Z0	<100 Z0
mobiler Anteil bis C22	mg/kg TM	<50 Z0	<50 Z0	<50 Z0
Cyanid ges.	mg/kg TM	<1,0 Z0	1,5 Z1	1,0 Z0
Summe BTEX	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Summe LHKW	mg/kg TM	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Summe PAK (EPA)	mg/kg TM	n.n. Z0	n.n. Z0	n.n. Z0
Benzo(a)pyren	mg/kg TM	<0,050 Z0	<0,050 Z0	<0,050 Z0
PCB Summe 6 Kongenere	mg/kg TM	n.n. Z0	n.n. Z0	n.n. Z0
Aufschluss mit Königswasser		---	---	---
Arsen	mg/kg TM	9,8 Z0	12 Z0	12 Z0
Blei	mg/kg TM	10 Z0	6,1 Z0	16 Z0
Cadmium	mg/kg TM	<0,10 Z0	<0,10 Z0	<0,10 Z0
Chrom ges.	mg/kg TM	21 Z0	17 Z0	39 Z0
Kupfer	mg/kg TM	13 Z0	9,3 Z0	14 Z0
Nickel	mg/kg TM	13 Z0	12 Z0	26 Z0
Quecksilber	mg/kg TM	<0,10 Z0	<0,10 Z0	<0,10 Z0
Thallium	mg/kg TM	<0,30 Z0	<0,30 Z0	<0,30 Z0
Zink	mg/kg TM	39 Z0	24 Z0	63 Z0
TOC	Masse-% TM	1,5 Z1	38 >Z2	3,8 Z2
Eluat				
pH-Wert (Labor)		7,8 Z0	6,4 Z1.2	7,3 Z0
Leitfähigkeit	µS/cm	575 Z1.2	2160 >Z2	948 Z1.2
Chlorid	mg/L	19 Z0	263 >Z2(Z2)	80 Z2
Sulfat	mg/L	201 >Z2	740 >Z2	252 >Z2
Cyanid ges.	µg/L	<5,0 Z0	<5,0 Z0	<5,0 Z0
Phenolindex	µg/L	<5,0 Z0	<5,0 Z0	<5,0 Z0
Arsen	µg/L	1,0 Z0	1,4 Z0	1,5 Z0
Blei	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Cadmium	µg/L	<0,30 Z0	<0,30 Z0	<0,30 Z0
Chrom ges.	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Kupfer	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	<1,0 Z0
Nickel	µg/L	<1,0 Z0	<1,0 Z0	1,3 Z0
Quecksilber	µg/L	<0,20 Z0	<0,20 Z0	<0,20 Z0
Zink	µg/L	<10 Z0	<10 Z0	<10 Z0
Glühverlust	Masse-% TM	6,2 ---	62,4 ---	11,5 ---
Lipophile Stoffe	Masse-%	<0,010 ---	0,022 ---	<0,010 ---
PCB Summe 7 Kongenere	mg/kg TM	n.n. ---	n.n. ---	n.n. ---
DOC	mg/L	19 ---	8,2 ---	1,2 ---

() = Zuordnungswert in Klammern gilt nur in besonderen Fällen (siehe LAGA TR Boden)



Prüfbericht-Nr.: 2018P524803/ 3

BV Brokdorf, KBR, THB

Auftrag		18516121	18516121	18516121
Probe-Nr.		002	003	004
Material		Boden	Boden	Boden
Probenbezeichnung		MP 2	MP 3	MP 4
Probemenge		ca. 800-1000 g	ca. 800-1000 g	ca. 800-1000 g
Probeneingang		04.12.2018	04.12.2018	04.12.2018
Analysenergebnisse	Einheit			
Cyanid I. freis. (CFA)	mg/L	<0,010 ---	<0,010 ---	<0,010 ---
Fluorid	mg/L	0,45 ---	0,97 ---	0,54 ---
Ges.-Gehalt an gel. Feststoffen	mg/L	175 ---	1490 ---	566 ---
Barium	mg/L	0,035 ---	0,075 ---	0,027 ---
Molybdän	mg/L	0,0021 ---	0,0014 ---	0,0047 ---
Antimon	mg/L	<0,0010 ---	<0,0010 ---	<0,0010 ---
Selen	mg/L	<0,0020 ---	<0,0020 ---	<0,0020 ---
Säureneutralisationskapazität	mmol/kg TM	870 ---	0,0 ---	185 ---
Atmungsaktivität (AT4)	mg O2/g TM	<1,0 ---	3,4 ---	n.a.
Brennwert Ho (wf)	kJ/kg	<1000 ---	12800 ---	n.a.


Prüfbericht-Nr.: 2018P524803/ 3
BV Brokdorf, KBR, THB
Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen (BG)

Parameter	BG	Einheit	Methode
Trockenrückstand	0,40	Masse-%	DIN ISO 11465: 1996-12 ^a §
EOX	1,0	mg/kg TM	US-Extr. Cyclo/Hex/Acet; DIN 38414 (S17): 2017-01 ^a §
Kohlenwasserstoffe	100	mg/kg TM	DIN EN 14039: 2005-01 i.V.m. LAGA KW/04: 2009-12 ^a §
mobiler Anteil bis C22	50	mg/kg TM	DIN EN ISO 16703: 2011-09 i.V.m. LAGA KW/04: 2009-12 ^a §
Cyanid ges.	1,0	mg/kg TM	DIN ISO 17380: 2013-10 ^a §
Summe BTEX	1,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a §
Summe LHKW	1,0	mg/kg TM	DIN EN ISO 22155: 2016-07 ^a §
Summe PAK (EPA)		mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a §
Benzo(a)pyren	0,050	mg/kg TM	DIN ISO 18287: 2006-05 ^a §
PCB Summe 6 Kongenere		mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a §
Aufschluss mit Königswasser			DIN EN 13657: 2003-01 ^a §
Arsen	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Blei	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Cadmium	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Chrom ges.	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Kupfer	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Nickel	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Quecksilber	0,10	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Thallium	0,30	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
Zink	1,0	mg/kg TM	DIN EN 16171: 2017-01 ^a §
TOC	0,050	Masse-% TM	DIN EN 13137: 2001-12 ^a §
Eluat			DIN EN 12457-4: 2003-01 ^a §
pH-Wert (Labor)			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a §
Leitfähigkeit		µS/cm	DIN EN 27888: 1993-11 ^a §
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a §
Sulfat	1,0	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a §
Cyanid ges.	5,0	µg/L	DIN EN ISO 14403-2 (D3): 2012-10 ^a §
Phenolindex	5,0	µg/L	DIN EN ISO 14402: 1999-12 ^a §
Arsen	0,50	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Blei	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Cadmium	0,30	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Chrom ges.	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Kupfer	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Nickel	1,0	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Quecksilber	0,20	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Zink	10	µg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 ^a §
Glühverlust	0,10	Masse-% TM	DIN EN 15169: 2007-05 ^a §
Lipophile Stoffe	0,010	Masse-%	LAGA KW/04: 2009-12 ^a §
PCB Summe 7 Kongenere		mg/kg TM	DIN EN 15308: 2016-12 ^a §
DOC	1,0	mg/L	DIN EN 1484: 1997-08 ^a §
Cyanid l. freis. (CFA)	0,010	mg/L	DIN EN ISO 14403-2 (D3): 2012-10 ^a §
Fluorid	0,15	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a §
Ges.-Gehalt an gel. Feststoffen	100	mg/L	DIN 38409-2: 1987-03 ^a §



Prüfbericht-Nr.: 2018P524803/ 3

BV Brokdorf, KBR, THB

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen (BG)

Parameter	BG	Einheit	Methode
Barium	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01* 5
Molybdän	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01* 5
Antimon	0,0010	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01* 5
Selen	0,0020	mg/L	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01* 5
Säureneutralisationskapazität		mmol/kg TM	LAGA EW 98p: 2017-09* 5
Atmungsaktivität (AT4)	1,0	mg O2/g TM	DepV Anh. 4, Nr. 3.3.1* 2
Brennwert Ho (wf)	1000	kJ/kg	DIN EN 15170: 2009-05* 22

Die mit * gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: 5GBA Pinneberg 2GBA Gelsenkirchen 22GBA Herten