

**Ingenieurgesellschaft
Prof. Dr.-Ing. E. Macke mbH**
Mariannenstraße 14
06844 Dessau-Roßlau

**Gutachten
zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen**
(Geotechnischer Bericht nach DIN 4020)
(Hauptuntersuchung)

Bauvorhaben: **Schmutzwasserentsorgung Kraftwerksiedlung in
Muldenstein-Friedersdorf**

Gültig für: **1. Nachtrag**

Stand: **April 2024**

Projekt Nr.: **F-01-24**

Bearbeiter: **Christian Klotsch**

Wittenberg, den 22.04.2024

Inhaltsverzeichnis

A. Unterlagen.....	3
B. Anlagen	3
C. Feststellungen	4
1. Allgemeines	4
1.1 Veranlassung.....	4
1.2 Bauvorhaben und vorhandene Bebauung	4
1.3 Geologie und Hydrologie.....	5
1.4 Besonderheiten	6
2. Untersuchungen	6
2.1 Felduntersuchungen.....	6
2.2 Laboruntersuchungen	7
2.3 Schwere Rammsondierungen.....	8
3. Bautechnische Beschreibung der einzelnen Bodenschichten	10
3.1 Baugrundsichtung.....	10
3.2 Eigenschaften der Baugrundsichten	11
3.2 Homogenbereiche nach DIN 18300.....	18
4. Grundwasserverhältnisse.....	22
D. Geotechnische Schlussfolgerungen.....	22
1. Allgemeine Einschätzung der Baugrundverhältnisse und Gründungsangaben.....	22
2. Bauwerksgründungen	23
2.1 Pumpwerk und Vorklärung.....	23
2.2 Neubau Einlaufbauwerk	24
3. Bautechnische Hinweise	27
3.1 Herstellung der Leitungsgräben.....	27
3.2 Rohrbettung.....	27
3.3 Verfüllung der Leitungsgräben.....	28
3.4 Hinweise zur Wasserhaltung.....	29
3.5 Rohrvortrieb.....	29
3.6 Baugruben Rohrvortrieb	30
4. Berechnungsgrundlagen	30
5. Bautechnische Hinweise	31
6. Verkehrsflächenbefestigung.....	31
7. Zusätzliche Hinweise, Versickerung von Niederschlagswasser	32

A. Unterlagen

- U 1. Auftrag zur Erstellung des Baugrundgutachtens durch die Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. E. Macke mbH, Dessau vom Dezember 2023
- U 2. Topographische Karte M 1 : 25.000
- U 3. Geologisches Messtischblatt M 1 : 25.000
- U 4. Bestandsvermessung
- U 5. Ergebnisse der Sondierbohrungen ausgeführt am 16.01-29.01.2024 von der Feldtruppe des BBG Ingenieurbüro C. Klotsch, Wittenberg
- U 6. Ergebnisse der Laboruntersuchungen, ausgeführt im bodenphysikalischen Labor des BBG Ingenieurbüro C. Klotsch
- U 7. Archivunterlagen
- U 8. Technische Richtlinien des DCA, Informationen und Empfehlungen für Planung, Bau und Dokumentationen von HDD-Projekten, 4. Auflage - 2015

B. Anlagen

- A 1 Aufschlussplan
- A 2 Bohr- und Sondierprofile M 1 : 30
M 1 : 50
M 1 : 70
- A 3 Baugrundschnitt M 1 : 750/ 50
- A 4 Kornverteilungsanalysen
- A 5 Zustandsgrenzen nach Atterberg
- A 6 Vorbemessung Spundwand

C. Feststellungen

1. Allgemeines

1.1 Veranlassung

Das Büro für Baugrunderkundung und Gründungsberatung **BBG INGENIEURBÜRO C. KLOTSCH** wurde von der **INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. DR.-ING E. MACKE MBH**, Dessau mit der Erstellung eines Gutachtens zur Baugrundsituation und Gründungsberatung beauftragt.

Dabei waren folgende Schwerpunkte gesetzt:

1. Feststellung der Baugrundsichtung und der hydrologischen Verhältnisse bis $t_{\max.} = 10$ m unter Gelände
2. Bestimmung der bodenphysikalischen Eigenschaften der angetroffenen Erdstoffe
3. Angabe erdstatischer Berechnungskennwerte und zulässiger Bodenpressungen, Gründungsart und Einbautechnologie
4. Bautechnische Hinweise Vorklärbecken und Auslaufbauwerk

1.2 Bauvorhaben und vorhandene Bebauung

Ergänzend zu den vorliegenden Aussagen sind aufgrund der ungünstigen Baugrundverhältnisse weiter gehende Ausführungen zur Gründung der Vorklärbecken und des Auslaufbauwerkes im Bereich Kraftwerkssiedlung sowie im Bereich der Mulde zu treffen.

Für das **Pumpwerk** und die **Vorklärung** werden Baugrubentiefen von ca. $t = 4,7$ m angegeben und für das **Auslaufbauwerk** bei ca. 2,2 m unter GOK **im Böschungsbereich der Mulde**. Hier werden dem Vernehmen nach **Wasserdichte Baugrubensicherungen** bzw. eine Hochwassersicherung mindestens bis zu einem erhöhten mittleren Wasserstand der Mulde erforderlich.

1.3 Geologie und Hydrologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Übergangsbereich einer pleistozänen Hochfläche zum Muldetal.

Die quartäre Schichtenfolge wird durch Ablagerungen der Elster-, Saale- sowie Weichselkaltzeit bestimmt. Diese haben in mehreren Vorstößen die tertiären und z.T. prätertiären Ablagerungen durchschnitten und mit Rinnenstrukturen durchzogen.

Das anzutreffende Rinnenmaterial besteht neben sandigen bis kiesigen Sedimenten und **Tertiärresten** auch aus umgelagerten elstereiszeitlichen Bildungen.

Im Liegenden der **quartären Bildungen** folgen **tertiäre** Ablagerungen in Form von Feinsanden, Tonen und Braunkohlen. Die Braunkohle wurde in dem ehemaligen Tagebau Muldenstein und der Goitzsche gewonnen.

Als Grundwasserleiter fungieren pleistozäne und tertiäre Sande, die durch Aufaltungen von pleistozänen (Geschiebemergel) und tertiären (Beckenschluffe, Braunkohle, Rupelton) **stauenden** Ablagerungen in mehrere Grundwasserstockwerke gegliedert sind.

Der Grundwasserabstrom erfolgt entsprechend der Morphologie in südliche Richtung zur Mulde.

Innerhalb der Mulde ist mit organogenen holozänen Böden und aufgefüllten Altarmen/ Rinnen zu rechnen.

Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich damit folgender genereller Schichtenaufbau:

Mächtigkeit [m]	Bezeichnung	Stratigraphie
0,00 - 5,00	Auelehm, Torf	Holozän
3,0 - >6,0	Sand/Kies	Pleistozän, (Weichseleiszeit)
0 - >6,0	Geschiebemergel	Pleistozän, (Saaleeiszeit)
> 5,0	Ton, Sand, Braunkohle	Tertiär, (Miozän)

Tab.1: geologisches Normalprofil, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

Geologisch bedingte Untergrundschwächen liegen nicht vor.

1.4 Besonderheiten

Nach DIN EN1998-1/NA:2011-01 ist das Untersuchungsgebiet keiner Erdbebenzone zugehörig. Die Baufläche befindet sich nicht im Bereich von Subrosionsflächen.

2. Untersuchungen

2.1 Felduntersuchungen

Gemäß Auftrag wurden zur Ermittlung der Baugrundsichtung im Zeitraum 16.01. - 29.01.2024 **5 Stück** Rammkernsondierungen durch die Feldtruppe des BBG Ingenieurbüro Christian Klotsch am geplanten Standort des Bauwerkes sowie entlang der Kanaltrasse (BS 1.1/24 – BS 6.1/24 $\varnothing \geq 36$ mm) abgeteuft. Die maximale Aufschlusstiefe lag bei max. $t = 10,0$ m unter Gelände.

Zusätzlich wurden Schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 bis $t_{\max} = 12,0$ m unter Ansatzpunkt geführt.

Die Höhen der Ansatzpunkte wurden lokal auf einen Festpunkt eingemessen. Die Festpunkthöhe wurde U 4 entnommen.

Zur Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte wurden insgesamt 15 Stück gestörte Bodenproben entnommen.

Während die gestörten Lockergesteinsproben in ordnungsgemäß beschriftete Probenbehälter verpackt und in unser bodenphysikalisches Labor geliefert wurden, erfolgte die Aufnahme der Schichtenfolge vor Ort.

2.2 Laboruntersuchungen

An allen Proben erfolgte durch einfache Handprüfungen die Bestimmung der Klassifikationseigenschaften nach DIN 4022. Zur Vervollkommnung der Ergebnisse wurden ausgewählte Lockergesteinsproben im Labor des Büro für Baugrunderkundung Ingenieurbüro C. Klotsch hinsichtlich ihrer bodenphysikalischen Eigenschaften untersucht.

Es wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 7 Stück Bestimmung der Kornverteilung n. DIN 18.123
- 3 Stück Bestimmung der Konsistenzgrenzen n. DIN 18.122
- 6 Stück Bestimmung des nat. Wassergehaltes n. DIN 18.121

Einen Überblick über die durchgeführten Untersuchungen liefert die nachfolgende Tabelle.

Aufschluss	Entnahmetiefe [m]	Kornverteilung	Wassergehalt	Zustandsgrenze
BS 1.1	3,3 – 5,4	+	-	-
BS 1.1	5,4 - 8,1	+	-	-
BS 1.1	8,1 - 8,5	-	+	-
BS 1.1	8,5 - 8,8	-	+	-
BS 1.1	8,8 - 10,0	-	+	-
BS 5.2	1,1 - 2,5	+	-	-
BS 5.5	2,5 - 3,9	+	-	-
BS 5.2	3,9 - 5,0	+	-	-
BS 6.1	6,0 - 7,0	+	-	-
BS 6.1	7,0 - 9,0	+	-	-
BS 1.1	8,1 - 8,8	-	+	+
BS 5.3	1,5 - 2,8	-	+	+
BS 6.1	3,3 - 4,0	-	+	+
Summe		7	6	3

Tabelle 2: Laboruntersuchungen, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

Die Ergebnisse der Laboruntersuchung können der Anlage 4 und 5 entnommen werden.

2.3 Schwere Rammsondierungen

Zur Beurteilung der Lockergesteinsüberdeckung am Standort des Vorklärbekens sowie des geplanten Einlaufbauwerkes wurden am 2 Stück Schwere Rammsondierungen (DPH-15 nach DIN EN ISO 22476-2) ausgeführt. Die Sondierdiagramme sind in der Anlage 2 ersichtlich. Hierbei wurden für die einzelnen Bodenarten und Tiefen folgende Schlagzahlen N_{10} gemessen:

DPH-15/ BS 1.1/24

Schichtnummer	Tiefe [m / m NHN]	Bodenart	Schlagzahl N_{10}
S 2	1,90 / 79,5	Auffüllung	1 - 12, Ø 1 - 2
S 4	8,10 / 73,3	Talsand	2 - 10, Ø 5 - 6
S 6	8,80 / 72,6	Ton, Tertiär	4 - 10, Ø 3 - 5
S 7	10,00 / 71,4	Braunkohle	15 - 39, Ø 20 - 35

Tab. 3a: Ergebnisse der Schwere Rammsondierung, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

DPH-15/ BS 6.1/24

Schichtnummer	Tiefe [m / m NHN]	Bodenart	Schlagzahl N_{10}
S 2	2,40 / 73,6	Auffüllung	1 - 6, Ø 1 - 2
S 3a	3,30 - 4,00 / 72,0 - 72,7	Auelehm/ Mudde	1 - 3, Ø 1 - 2
S 3b	2,80 / 73,2	Torf	1 - 2, Ø 1 - 2
S 3c	4,40 / 71,6	Schwemmsand	2 - 3, Ø 2
S 5	5,50 / 70,5	Beckenschluff	2 - 8, Ø 5 - 6
S 4	9,00 / 67,0	Talsand	7 - 22, Ø 10 - 20

Tab. 3b: Ergebnisse der Schwere Rammsondierung, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

Die Auswertung der Rammsondierungen nach DIN 4094 erfolgt für die eng gestuften Sande und Kiese nach den Formeln:

$$(1) \quad D_{\ddot{u}} = 0,02 + 0,455 \cdot \lg N_{10,\ddot{u}}$$

$$(2) \quad D_u = 0,15 + 0,405 \cdot \lg N_{10,u}$$

Für die Hauptbodenarten ergeben sich folgende Kennwerte:

Schichtnummer	Bodenart	Tiefe [m NHN]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Lagerungsdichte D [-]/ Konsistenz [-]
S 2	Auffüllung	1,90 - 2,40	2 - 5	locker
S 3a	Auelehm/ Mudde	3,30 - 4,00	1 - 5	steif-weich-breiig
S 3b	Torf	2,80	1 - 3	weich-breiig
S 3c	Schwemmsand	4,40	15 - 25	0,27 - 0,34
S 4	Talsand	8,1 - 9,0	40 - 50	0,34 - 0,68
S 5	Beckenschluff	5,50	15 - 20	steif
S 6	Ton, Tertiär	8,80	15 - 20	steif-halbfest
S 7	Braunkohle	10,00	25 - 40	fest

Tab.3c: Auswertung der Schweren Rammsondierungen, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

Die Auffüllung kennzeichnet sich bei Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 1 - 2$ durch eine lockere Lagerung.

Für den Auelehm, die Mudde und den Torf kann eine **weichplastische, lokal breiige Konsistenz** abgeleitet werden und bestätigt die Ergebnisse der Laboruntersuchungen an diesen Erdstoffen.

Die unterlagernden Schwemmsande und Talsande sind mitteldicht bis dicht gelagert und damit gut tragfähig.

Der Beckenschluff sowie der Tertiärton sind bei steifplastischer bis halbfester Konsistenz ebenfalls ausreichend tragfähig und mäßig zusammendrückbar.

Die liegende Braunkohle ist je nach Verfestigungsgrad gut bis sehr gut tragfähig und gering zusammendrückbar.

3. Bautechnische Beschreibung der einzelnen Bodenschichten

3.1 Baugrundsichtung

Auf der Grundlage des geologischen Modells sowie der Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen ergibt sich folgende Baugrundsichtung:

Schichtnummer	Mächtigkeit [m]	Unterkante [m ü.NHN]	Bezeichnung nach DIN 4022	Geologische Benennung
S 0	0,15 - 0,35	82,3 - 81,6	-	Straßenbefestigung
S 1	0,00 - 0,20	83,0	mS,gs,fs,h	Mutterboden
S 2	0,60 - 2,80	74,0 - 81,6	S,u,g,x / U,s-s*,g,x (Beton, Ziegel, Kohle)	Auffüllung
S 3a	3,90 - 4,80	71,2 - 72,1	U,t,fs,org.	Auelehm/ Mudde
S 3b	4,00 - 4,60	71,4	U,s,t,org.	Torf
S 4	> 5,00	< 71,0	mS,gs-gs*,fs',g'	Talsand
S 5	5,50	70,5	U,fs,t'	Beckenschluff
S 6	8,80	72,6	T,u,fs	Tertiärton
S 7	> 10,00	< 71,4	Bk	Braunkohle

Tabelle 4: Baugrundsichtung, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

In der Felduntersuchung ergab sich eine heterogene Baugrundsichtung, die der erwarteten ingenieurgeologischen Gesamtsituation entspricht.

Unterhalb des Mutterbodens bzw. der **Verkehrsflächenbefestigung** steht **Auffüllmaterial** an. Bei der Auffüllung handelt es sich überwiegend um sandige Erdstoffe mit variierendem Schluffgehalt. Im Bereich der Muldeaeue auch um umgelagerte bindige Erdstoffe.

Holozäne bindige Böden wurden in den Sondierungen BS 5.3/ 24, BS 6/24 und BS 6/23 festgestellt und sind im Untersuchungsgebiet zwischen der BS 5.2/24 und der BS 6 bzw. im gesamten Aueniveau verbreitet.

Das Liegende bildet der **Talsand**. Der Talsand wurde bei einer maximalen Endteufe von t = 9,00 unter Gelände im Bereich der Muldeaeue (BS 6/24) nicht durchbohrt.

Die Talsande stellen den ersten Grundwasserleiter des Untersuchungsgebietes dar.

Im Bereich der Hochfläche (BS 1.1/24) wurde die Basis der Talsande bei t = 8,10 m erreicht. Hier wurde Tertiärton bis t = 8,80 m unter GOK festgestellt.

Das Liegende bildet die tertiäre Braunkohle. Diese wurde bei einer Endteufe von t = 10,00 m unter GOK nicht durchbohrt und steht nach dem Ergebnis der Schweren Rammsondierung mindestens bis 12,0 m unter GOK an.

Tertiärton und Braunkohle sind Grundwasserstauer bzw. Geringleiter.

3.2 Eigenschaften der Baugrundschichten

Den Baugrundschichten werden anhand von Laborwerten und örtlichen Erfahrungen die nachfolgenden Klassifikations- und Zustandskennzahlen zugeordnet:

S 1 - Mutterboden

Der Mutterboden besteht bodenmechanisch aus einem schluffigen humosen Sand. Die Farbe ist schwarzbraun.

Das Material ist nicht gründungsrelevant, getrennt zu gewinnen und zu lagern und kann als Kulturboden verwendet werden.

Kennwerte (Mutterboden):

Bestandteile:	mS,gs,fs,h
Farbe:	schwarzbraun
Bodengruppe nach DIN 18196:	OH
Bodenklasse nach DIN 18300:	1
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 18:	F 3 stark frostempfindlich

S 2 - Auffüllung

Die **Auffüllung** ist ein inhomogenes Gemisch aus mineralischem Erdstoff. Der mineralische Erdstoff besteht aus einem schluffigen, kiesigen und steingen Sand. Lokal wurden ebenfalls sandige Schluffe mit anthropogenen Bestandteilen wie Ziegel und Kohlestücken festgestellt (BS 2). Im Bereich der Muldeau ist generell von bindigen Verfüllmassen auszugehen (BS 6).

Die Farbe der mineralischen Anteile ist überwiegend dunkelbraun bis schwarzbraun. Innerhalb der Auffüllung wurden kiesige und steinige Bereiche sowie lokal Ziegelbruch festgestellt.

Kennwerte (Auffüllung):

Bestandteile:	S,u,g,x / U,s-s*,g,x (Beton, Ziegel, Kohle)
Lagerungsdichte D:	< 0,33 (locker)
Bodengruppe n. DIN 18196	SE, [SU-SU*], [UL], A
Bodenklasse nach DIN 18300	3-4,
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 18:	F 3

S 3a - Auelehm/ Mudde

Der Auelehm besteht bodenmechanisch aus Schluff mit tonigen Bestandteilen in unterschiedlicher Intensität. Das Material weist eine steife bis **weiche** Konsistenz auf. Die Farbe ist braun bzw. graubraun. Der Erdstoff zeichnet sich durch eine geringe Tragfähigkeit und relativ hohe Zusammendrückbarkeit aus. Typisch sind geringmächtige wasserführende Sandzwischenlagen.

Der **Auelehm** fungiert als **Grundwasserstauer**. Im HGW- Fall steht das Grundwasser unterhalb der bindigen Überdeckung gespannt an.

Bei Zutritt von Wasser kann es zu einem Verlust der Tragfähigkeit kommen. Der Auelehm ist als Gründungsschicht ohne Baugrundverbesserung nicht geeignet. Die Durchlässigkeit des Erdstoffes wird gemäß USBR mit etwa 10^{-8} m/s eingeschätzt. Damit wirkt das Material als Grundwasserstauer.

Kennwerte Auelehm, (Mudde):

Zusammensetzung:	U,t,fs-fs*,(org.)
Farbe:	braun - graubraun
Fließgrenze:	$w_L = 49,0 - 113,2\%$
Ausrollgrenze:	$w_P = 22,5 - 44,1 \%$
Plastizitätszahl:	$I_P = 25,0 - 74,6\%$
natürlicher Wassergehalt:	$w_N = 50,3 \%$
Konsistenz:	$I_C = 0,50 - 0,76$ (breiig-weich bis steif)
Bodengruppen nach DIN 18196:	OT, TM-TA
Bodenklasse nach DIN 18300:	4
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 18:	F 3
Bodengruppe nach ATV A 127:	G 4
Verdichtbarkeit nach ZTVA - StB 12:	V 3

S 3b - Torf

Die im Bereich der BS 6 erbohrte Torfschicht ist als stark zersetzter Niedermoortorf zu bezeichnen. Wassergehalt und Glühverlust charakterisieren eindeutig einen organischen / humosen Boden.

Als Gründungsboden oder zur Wiederverfüllung ist der Torf nicht geeignet. Eine Flachgründung auf dem Torf kann zu großen, ungleichmäßigen Setzungen mit einer Verkipfung des Bauwerkes führen.

Kennwerte (Torf):

Zusammensetzung:	H (U,t',s,h,org.)
Farbe:	schwarz, schwarzbraun
natürlicher Wassergehalt:	$w_N = 50,5 - 115,3 \%$
Glühverlust:	$V_{gl} = 18,4 - 54,7 \%$
Bodengruppe nach DIN 18196:	HZ, HN
Bodenklasse nach DIN 18300:	2
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 18:	F 3
Bodengruppe nach ATV A 127:	-
Verdichtbarkeit nach ZTVA - StB 18:	-

S 4 - Talsand

Die Korngrößenmäßige Zusammensetzung des gelben bis graugelben **Talsandes** schwankt stark in vertikaler und horizontaler Richtung. Der überwiegende Kornanteil besteht aus einem **schwach kiesigen Mittelsand**.

Der **Talsand** kennzeichnet sich durch eine geringe Zusammendrückbarkeit und gute Tragfähigkeit und ist nicht frostgefährdet. Der Sand ist als Gründungsschicht sowie zur Wiederverfüllung gut geeignet.

Der Durchlässigkeitsbeiwert wird nach HAZEN mit $k_f = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s angegeben.

Kennwerte (Talsand):

Bestandteile:	mS, gs, fs', g'
Farbe:	gelb, grau, weißgrau
Kornzusammensetzung	
Kies:	0,2 - 6,2 %
Sand:	92,0 - 97,9 %
Schluff:	< 5,0 %
Ungleichförmigkeitsgrad	$U = 2,4 - 4,4$
Krümmungszahl	$C_c = 0,9 - 1,3$
Lagerungsdichte:	mitteldicht ($D = 0,33-0,47$)
Durchlässigkeit nach HAZEN:	$1,5 - 5 \cdot 10^{-4}$ m/s
Bodengruppe nach DIN 18196	SE
Bodenklasse nach DIN 18300	3
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 09	F1 nicht frostempfindlich

S 5 - Beckenschluff

Der **Beckenschluff** wurde im Bereich der BS 6/24 im Tiefenbereich von $t = 4,40 - 5,50$ m unter Ansatzpunkt erkundet. Genetisch handelt es sich um eine limnisch/fluviatile Fazies.

Bodenmechanisch ist der Erdstoff als feinschichtiger Schluff, tonig, (schwach feinsandig) mit Feinsandzwischenlagen im cm- bis dm-Bereich anzusprechen. Die Sandzwischenlagen sind teilweise stark wasserführend.

Der **Beckenschluff** weist überwiegend eine steifplastische bis halbfeste Konsistenz auf.

Der zugehörige **Durchlässigkeitsbeiwert** liegt in der Größenordnung von $k_f = 1,0 \dots 10,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ und charakterisiert somit einen Grundwassergeringleiter.

Kennwerte (Beckenschluff):

Bestandteile:	U; t, fs-fs*,t'
Farbe:	grau bis schwarzgrau
Bodengruppe nach DIN 18196:	UL, SU-SU*
Bodenklasse nach DIN 18300:	4
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 18:	F 3
Wassergehalt:	$w_n = 21,9 \%$
Fließgrenze:	$w_L = 23,9 \%$
Ausrollgrenze:	$w_P = 21,6 \%$
Plastizität:	$I_P = 2,3 \%$
Konsistenz:	$I_C = 0,88 - > 1,00$ (steif, halbfest)

S 6 - Tertiärton

Der grauschwarze bis graugrüne **Tertiärton** besteht bodenmechanisch aus einem schluffigen **Ton**. Der Erdstoff weist eine **halbfeste** Konsistenz auf und ist durch gute Tragfähigkeit und geringe Zusammendrückbarkeit gekennzeichnet.

Nach dem Ergebnis der Schweren Rammsondierungen beträgt die durchschnittliche Schlagzahl $N_{10} = 10 - 15$ und charakterisiert ebenfalls eine **steifplastische** bis **halbfeste** Konsistenz. Die Schlagzahlen steigen innerhalb des Materials aufgrund der hohen Mantelreibung mit zunehmender Sondiertiefe stark an.

Kennwerte (Tertiärton):

Zusammensetzung:	T,u,
Farbe:	grauschwarz/ graugrün
natürlicher Wassergehalt:	$w_N = 30,0 \%$
Fließgrenze:	$w_L \approx 60,0 \%$
Ausrollgrenze:	$w_P \approx 22,5 \%$
Plastizitätsindex:	$I_P \approx 37,5 \%$
Konsistenz:	$I_C = 0,80 (>1)$ Steif-halbfest
Bodengruppe nach DIN 18196:	TM, TA
Bodenklasse nach DIN 18300:	5 / 6 (schwer lösbar und rammbaar)
Durchlässigkeit nach USBR:	$k_f < 2,0 \dots 10 \cdot 10E-10$ m/s

S 7 - Braunkohle / -schluff

Braunkohle wurde in der BS 1.1/24 ab t = 8,80 m unter GOK erkundet. In den Bodenmechanisch besteht der **Braunkohlenschluff** aus einem **Ton** und **Schluff** mit feinsandigen Beimengungen und einem hohen organischen Anteil. Der **mittelplastische Erdstoff** ist stark wasser- und frostempfindlich. Die Konsistenz ist überwiegend steif bis halbfest.

Kennwerte (Braunkohlenschluff):

Zusammensetzung:	T-U, org, fs'
Farbe:	braunschwarz
Wassergehalt	$w_n = 27,0 - 31,9 \%$
Fließgrenze:	$w_L \approx 39,5 \%$
Ausrollgrenze	$w_P \approx 18,5 \%$
Plastizität	$I_p \approx 21,0$
Konsistenz	$I_c > 0,76$ steifplastisch-halbfest
Bodengruppen nach DIN 18196:	OU, Bk
Bodenklassen nach DIN 18300:	4
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 18: (stark frostempfindlich)	F 3

3.2 Homogenbereiche nach DIN 18300Kennwerte nach DIN 18.300 für den **Homogenbereich A**, Auffüllung

Nr.	Kennwert	Erdbau GK2, GK3
1	Kornverteilungen/ Kornkennziffer	n.e.
2a/ 2b	Anteil Steine/ Blöcke	0 - 30 %
2c	Anteil große Blöcke	0 - 30 %
3	mineralog. Zusammensetzung	n.e.
4	Wichte	17,0 - 19,0 kN/m ³
5	Kohäsion	c = 0 – 5
6	undränierete Scherfestigkeit	n.b.
7	Sensitivität	n.e.
8	Wassergehalt	5 - 35 %
9	Konsistenz	n.e.
10	Konsistenzzahl	n.b.
11	Plastizität	n.e.
12	Plastizitätszahl	n.b.
13	Durchlässigkeit	n.e.
14	Lagerungsdichte D	0,10 - 0,40
15	Kalkgehalt	n.e.
16	Sulfatgehalt	n.e.
17	Organischer Anteil	0,0 - 15,0 %
18	Benennung u. Beschreibung zu 17	n.e.
19	Abrasivität	n.e.
20	Bodengruppe DIN 18.196	A, [SE-SW], [SU-SU*], [UL], [OU]
21	ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung

Tab. 5.1: Kennwerte Homogenbereich A

n.e. nicht erforderlich

n.b. nicht bestimmbar

Kennwerte nach DIN 18.300 für den **Homogenbereich B** Sande

Nr.	Kennwert	Erdbau GK2, GK3
1	Kornverteilungen/ Kornkennziffer	Anl. 4
2a/ 2b	Anteil Steine/ Blöcke	0 - 30 %
2c	Anteil große Blöcke	0 - 30 %
3	mineralog. Zusammensetzung	n.e.
4	Wichte	18,0 - 19,0 kN/m ³
5	Kohäsion	c = 0
6	undränierete Scherfestigkeit	n.b.
7	Sensitivität	n.e.
8	Wassergehalt	5 - 15 %
9	Konsistenz	n.e.
10	Konsistenzzahl	n.b.
11	Plastizität	n.e.
12	Plastizitätszahl	n.b.
13	Durchlässigkeit	n.e.
14	Lagerungsdichte D	0,33 - 0,55
15	Kalkgehalt	n.e.
16	Sulfatgehalt	n.e.
17	Organischer Anteil	< 5,0 %
18	Benennung u. Beschreibung zu 17	n.e.
19	Abrasivität	n.e.
20	Bodengruppe DIN 18.196	SE, SE, SU
21	ortsübliche Bezeichnung	Talsand

Tab. 5.2: Kennwerte Homogenbereich B

Kennwerte nach DIN 18.300 für den **Homogenbereich C** Auelehm/ Torf

Nr.	Kennwert	Erdbau GK2, GK3
1	Kornverteilungen	n.e.
2a/ 2b	Anteil Steine/ Blöcke	0 - 5 %
2c	Anteil große Blöcke	0 - 5 %
3	mineralog. Zusammensetzung	n.e.
4	Wichte	9,0 - 19,0 kN/m ³
5	Kohäsion	c = 0 - 25
6	undränierete Scherfestigkeit	n.b.
7	Sensitivität	n.e.
8	Wassergehalt	5 - 200 %
9	Konsistenz	Steif-weich, breiig
10	Konsistenzzahl	0,4 - 0,8
11	Plastizität	leicht - mittelplastisch
12	Plastizitätszahl	5,0 - 25,0/ (75,0)
13	Durchlässigkeit	1,0 - 50 x 10 ⁻⁹ m/s
14	Lagerungsdichte D	n.e.
15	Kalkgehalt	< 2,0 %.
16	Sulfatgehalt	n.e.
17	Organischer Anteil	4,0 - 55,0 %
18	Benennung u. Beschreibung zu 17	n.e.
19	Abrasivität	n.e.
20	Bodengruppe DIN 18.196	TL, OT, HZ, (TA)
21	ortsübliche Bezeichnung	Auelehm, Torf, Mudde

Tab. 5.3: Kennwerte Homogenbereich C

Kennwerte nach DIN 18.300 für den **Homogenbereich D** Beckenschluff und Tertiärton

Nr.	Kennwert	Erdbau GK2, GK3
1	Kornverteilungen	-
2a/ 2b	Anteil Steine/ Blöcke	0 - 5 %
2c	Anteil große Blöcke	0 - 5 %
3	mineralog. Zusammensetzung	n.e.
4	Wichte	17,0 - 20,0 kN/m ³
5	Kohäsion	c = 2 - 200
6	undränierete Scherfestigkeit	n.b.
7	Sensitivität	n.e.
8	Wassergehalt	15 - 30 %
9	Konsistenz	halbfest-fest
10	Konsistenzzahl	0,7 - 1,2
11	Plastizität	Leichtplastisch bis ausgeprägt plastisch
12	Plastizitätszahl	2,0 - 8,0
13	Durchlässigkeit	1,0 - 50 x 10 ⁻⁸ m/s
14	Lagerungsdichte D	n.e.
15	Kalkgehalt	< 2,0 %.
16	Sulfatgehalt	n.e.
17	Organischer Anteil	< 5,0 %
18	Benennung u. Beschreibung zu 17	n.e.
19	Abrasivität	n.e.
20	Bodengruppe DIN 18.196	SU-SU*, ST-ST*, TM-TA
21	ortsübliche Bezeichnung	Beckenschluff, Tertiärton

Tab. 5.4: Kennwerte Homogenbereich C

4. Grundwasserverhältnisse

Zum Zeitpunkt der Felduntersuchung im Januar 2024 wurden folgende Grundwasserstände eingemessen:

Aufschluss	Datum	Gelände [m NHN]	GW-Anschnitt [m / m NHN]		GW-Ruhe [m / m NHN]	
BS 1.1/ 24	16.01.24	81,44	6,10	75,34	6,10	75,34
BS 5.1	29.01.24	76,60	1,42	75,18	1,42	75,18
BS 5.2	29.01.24	76,60	1,68	74,92	1,68	74,92
BS 5.3	29.01.24	76,30	1,25	75,05	1,25	75,05
BS 6/ 24	29.01.24	76,00	1,30	74,70	1,30	74,70

Tabelle 6: Grundwasserverhältnisse, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

Während der Felduntersuchung im Januar 2024 kann von **erhöhten mittleren** Grundwasserständen in diesem Zeitraum ausgegangen werden.

Höchste Grundwasserstände entsprechen am Mikrostandort des Auslaufbauwerkes den höchsten Wasserstände der Mulde.

D. Geotechnische Schlussfolgerungen

1. Allgemeine Einschätzung der Baugrundverhältnisse und Gründungsangaben

Nach den Ergebnissen der Aufschlüsse ist die Baugrundsichtung kompliziert und entspricht der erwarteten ingenieurgeologischen Situation.

Unterhalb des Mutterbodens bzw. der **Verkehrsflächenbefestigung** steht **Auffüllmaterial** an. Bei der Auffüllung handelt es sich überwiegend um sandige Erdstoffe mit variierendem Schluffgehalt. Im Bereich der Muldeau auch um umgelagerte bindige Erdstoffe.

Holozäne bindige Böden wurden in den Sondierungen BS 5.3/ 24, BS 6.1/24 und BS 6/23 festgestellt und sind im Untersuchungsgebiet zwischen der BS 5.2/24 und der BS 6 bzw. im gesamten Aueniveau verbreitet.

Das Liegende bildet der **Talsand**. Der Talsand wurde bei einer maximalen Endteufe von $t = 9,00$ unter Gelände im Bereich der Muldeau (BS 6/24) nicht durchbohrt.

Die Talsande stellen den ersten Grundwasserleiter des Untersuchungsgebietes dar.

Im Bereich der Hochfläche (BS 1.1/24) wurde die Basis der Talsande bei $t = 8,10$ m erreicht. Hier wurde Tertiärton bis $t = 8,80$ m unter GOK festgestellt.

Das Liegende bildet die tertiäre Braunkohle. Diese wurde bei einer Endteufe von $t = 10,00$ m unter GOK nicht durchbohrt und steht nach dem Ergebnis der Schweren Rammsondierung mindestens bis $12,0$ m unter GOK an.

Tertiärton und Braunkohle sind Grundwasserstauer bzw. Geringleiter.

Innerhalb der Mulde wurde ferner **holozäne Weichböden** wie **Auelehm**, **Mudde** und **Torf** bis in eine Tiefe von $t = 4,0 - 4,8$ m unter GOK erkundet.

2. Bauwerksgründungen

2.1 Pumpwerk und Vorklärung

Im Tiefenbereich der möglichen Bauwerkssohle von ca. von ca. **76,97 m NHN** steht ab einer Ordinate von **80,0 m NHN** der ausreichend tragfähige Talsand an.

Zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Bettung für geplantes **Bauwerk im Bereich des Sandes**, wird eine Tieferschachtung um ca. $d = 0,20$ m und ein Tragschichtaufbau unterhalb der Fundamentsohle erforderlich.

Aufgrund der örtlichen Baugrundverhältnisse wird beispielsweise nachfolgender Aufbau empfohlen:

20 cm	<u>Betontragschicht als Auflager 20 cm</u>
20 cm	Gesamtaufbau

Als Einbaumaterial können in der Leitungszone die anfallenden nicht bindigen Erdstoffe (Talsand) wieder verwendet werden.

Mit Beeinflussungen der Baumaßnahme sowie des Bauwerkes aus dem Grundwasser ist nicht zu rechnen.

Als Baugrubensicherung ist ein Spundwandverbau vorgesehen.

In Anlage 6 befindet sich eine Beispielrechnung zur Vorbemessung der Spundwand ohne Berücksichtigung einer Aussteifung. Es wurde eine Baugrubensohle von $76,80$ m NHN angesetzt. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich eine erforderliche Spundwandlänge von ca. $9,00$ m und damit die Einbindung der Spundwand in den Tertiärton.

Bei der Herstellung der Baugrube und der Bemessung des Verbaus sind die Hanglage der Straße und der südliche Geländesprung zu beachten.

Es kann beispielsweise ein ausgesteifter Spundwandverbau eingesetzt werden.

2.2 Neubau Einlaufbauwerk

Im Tiefenbereich der geplanten Bauwerksohle von ca. **73,8 m NHN** steht der nicht ausreichend tragfähige **Auelehm** an. Der Auelehm wird ab 72,1 m NHN von **Torf** mit ebenfalls nicht ausreichenden Tragfähigkeitseigenschaften unterlagert. Erst der ab ca. 71,2 m NHN erkundete Talsand ist als ausreichend tragfähig zur Gründung der Anlage einzuschätzen. Mit Grundwasserschwierigkeiten ist bei mittleren Grundwasserständen bereits ab ca. 2,0 m unter Gelände zu rechnen.

Von einer konventionellen Flachgründung des Bauwerkes ist daher abzuraten.

Die Gründung kann als Tiefergründung in Form einer Brunnengründung realisiert werden.

Bedingt durch den direkten Einfluss der Mulde werden **Wasserdichte Baugrubensicherungen** bzw. eine Hochwassersicherung mindestens bis zu einem erhöhten mittleren Wasserstand der Mulde erforderlich.

Bedingt durch die Tiefenlage des tragfähigen Talsandes, kann eine **Brunnengründung** ausgeführt werden.

Die Brunnenringe sind innerhalb des Talsandes abzusetzen. Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung beträgt die Auffüllungsmächtigkeit bzw. Mächtigkeit der **holozänen Deckschichten** max. **t = 4,80 m** unter GOK (BS 6).

Die Mindesteinbindetiefe der Brunnen in den tragfähigen Boden wird mit **t_{min} = 0,50 m** angegeben und richtet sich nach den Fundamentbelastungen.

Lasten können somit über eine **Brunnengründung** bzw. durch **Schachtgreifer** hergestellte **Einzelfundamente** in den **tragfähigen Baugrund** abgetragen werden. Dabei ist zu beachten, dass mit Mächtigkeitsschwankungen der zu durchfahrenden **Bodenschichten** zu rechnen ist. Mit **Grundwasserschwierigkeiten** ist bei mittleren Grundwasserständen ab ca. **t = 2,00 m** unter Gelände zu rechnen.

Durch die Gefahr des hydraulischen Grundbruchs sind die Ringe unter Wasser abzusenken; das **Betonieren erfolgt unter Wasser** im Kotraktorverfahren.

Die Brunnenringe sind mittels Schachtgreifer so abzusenken, dass sie als verlorene Schalung wirken.

Bei **nicht sachgerechter Ausführung** der Arbeiten besteht die Gefahr einer schädlichen Auflockerung des Bodens, die zu Schädigungen führen kann.

Durch das Einbringen des Wassers ist eine Kontrolle der Brunnen hinsichtlich einer exakten Absenkung kaum möglich.

Mit Beeinflussungen der Baumaßnahme sowie des Bauwerkes aus dem Grundwasser sowie durch die fließende Welle der Mulde ist zu rechnen. Eine Hochwassersicherung der Baugrube ist erforderlichenfalls über einen Spundwandkasten realisierbar. Die Auftriebssicherheit des Bauwerkes muss in jedem Bauzustand sichergestellt werden.

Variante Spundwandkasten:

Aufgrund der sehr ungünstigen Baugrundverhältnisse mit sehr gering tragfähigen Bodenschichten bis in Tiefen von ca. 4,00 - 4,80 m unter Gelände, wird alternativ die Gründung des Auslaufbauwerkes auf einer Spundwand bzw. einem Spundwandkasten empfohlen.

Die Aussteifung des Spundwandkastens erfolgt durch die aufbetonierte Kopfplatte welche der Gründungsplatte entspricht sowie gegebenenfalls durch eine zusätzliche innen liegende Gurtung. Schneidenlagerung der Stahlbetonplatte ist ebenfalls möglich.

Unterhalb der Platte wird der Einbau einer $d = 0,80$ m starken Schottertragsschicht als Bettungsschicht auf einer Trennlage Geovlies GRK 4 empfohlen.

Bei dieser Variante entfallen Entsorgungskosten von Bodenaushub nahezu komplett.

Der überwiegend weichplastische **Aueschluff/ Mudde/ Torf** sind zur Lastabtragung ungeeignet.

Nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Ufereinfassungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (EAU) können Spundwände ähnlich wie Pfähle **lotrecht belastet werden**, wenn sie ausreichend tief in den tragfähigen Baugrund einbinden und beim Rammen ausreichend fest werden.

Der Beginn der tragfähigen Schicht kann bei ca. $t = 4,0 - 4,8$ m = **71,2 - 72,0 m NHN** angenommen werden. Als tragfähiger Boden ist im vorliegenden Fall eine Lagerungsdichte von $D \geq 0,40$ gefordert. Die Mindesteinbindetiefe der Spundwand als tragendes Bauteil in den nach DIN 1054 ausreichend tragfähigen Boden beträgt **t = 3,00 m**. Hieraus ergibt sich eine **Spundwandunterkante** von $71,2 - 3,0 =$ **68,2 m NHN**.

Der Beginn des rechnerisch tragfähigen Baugrundes wird nach dem Ergebnis der ausgeführten Schweren Rammsondierungen bei innerhalb des Talsandes angegeben. Hieraus ergibt sich eine Einspannung der Spundwand in den tragfähigen Baugrund von 3,00 m. Für die Bemessung der lotrechten Traglast kann eine **Mantelreibung** von $\tau_m = 50$ kN/m² (**Bruchzustand**) angesetzt werden. Die Mantelreibung wird auf die abgewinkelte Spundwandfläche gerechnet.

Innerhalb des **Talsandes** sowie des **Beckenschluffes**, ist aufgrund der **schweren bis sehr schweren Rammung** ein **Vorbohren** der Spundwände erforderlich.

Anhaltswerte zur Bestimmung der Korrosion von Stahlspundwänden im Uferbereich geben die EAU im Abschnitt 8.1.10 (E 35). Nach dem Ergebnis der Anlage 6.2 ist die Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion als **gering** sowie der **Flächenkorrosion** als **sehr gering** zu bezeichnen.

Maßgebend für die Festigkeit einer Spundwand ist die Flächenkorrosion. Mulden- und Lochkorrosion besitzen nur eine untergeordnete Bedeutung. Angenommen wird eine Ausführung der Spundwand in Baustahl (unlegierte Eisen).

Für den Boden ergibt sich hinsichtlich der Flächenkorrosion eine Korrosionswahrscheinlichkeit von mittel.

Die Anwendung der DIN 50 929 T 3 führt jedoch bei tief in den Boden einbindenden Spundwänden zu unrealistisch hohen Abtragungsraten. Der für die Korrosion notwendige **Sauerstoffgehalt** ist jedoch in größeren Tiefen im ungestörten Boden **sehr gering**.

In Anlehnung an die Tabelle 8 (DIN 50 929 T 3) ergibt sich eine Abtragungsrate bei Flächenkorrosion (beidseitig) von:

$$\varpi(100a) = 2 \times 0,02 = 0,04 \text{ mm/a}$$

Für das Einbringen einer Spundwand können folgende Vorgaben getroffen werden:

Schicht Nr.	Rammpbarkeit	mögliche Hindernisse
S 2 - Auffüllung	leicht – (mittelschwer)	Steine/ Bauschuttreste
S 3a/ 3b - Auelehm/ Mudde/ Torf (weich, breiig)	Leicht	-
S 2b - Schwemmsand (locker gelagert)	Leicht	-
S 4 - Talsand	mittelschwer, (schwer)	Gerölle
S 5 - Beckenschluff	Mittelschwer	Hohe Lagerungsdichte
S 6 - Tertiärton	Tertiärton	Konsistenz halbfest

Tab. 7: Bewertung der Ausführbarkeit von Verfahren zum Einbringen der Spundwand, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

3. Bautechnische Hinweise

3.1 Herstellung der Leitungsgräben

Die erforderlichen Baugruben können unverbaut mit folgenden Böschungswinkeln erstellt werden:

Talsand, mindestens weichplastische Schluffe $\beta = 45^\circ$

Bis $t = 1,25$ m kann senkrecht geschachtet werden. Im Bereich weicher Böden bzw. im **Einflussbereich von Stau- oder Grundwasser** ist grundsätzlich auf $\beta = 45^\circ$ **abzuflachen**. Es sind die Angaben der DIN 4124 zu beachten.

Bedingt durch die begrenzte Baufreiheit wird ein Verbau angeraten.

Zur Baugrubensicherung ist ein waagerechter Normverbau bzw. Verbau durch Verbaugeräte möglich. Allgemein wird auf die Ausführungen der DIN 4124 verwiesen. Im Bereich vorhandener Bebauung sind die Festlegungen der DIN 4123 zu beachten.

3.2 Rohrbettung

Die Auflagerung von Rohrleitungen hat gemäß den Ausführungen der DIN EN 1610 zu erfolgen.

Die Bodenklassen nach DIN 18 300, die Bodengruppen nach ATV A 127 sowie die Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA - StB 12 können Tabelle 8 entnommen werden. Die geplante Solltiefe der Gräben darf beim Aushub nicht unterschritten werden. Eine Auflockerung des anstehenden Bodens ist zu verhindern. Die Grabensohle ist anderenfalls mit geeigneten Geräten nachzuverdichten.

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Untergrundtragfähigkeit und gleichmäßigen Bettung für die geplante Rohrtrasse, wird im Bereich der Auffüllung eine Tieferschachtung um ca. $d = 0,25$ m und im Bereich des mindestens steifplastischen Auelehms von $d \geq 0,50$ m sowie ein Tragschichtaufbau unterhalb der Rohrsohle erforderlich. Im Bereich des Auelehms ist ein Geovlies GRK 4 als Trennvlies unterhalb der Tragschicht einzubauen.

Weicher Erdstoff ist generell aus der Rohrsohle zu entfernen.

Die Rohrbettung ist so auszubilden, dass je nach Rohrart unzulässige Längsbiegungen sowie punkt- und linienförmige Auflagerungen vermieden werden.

Es ist zu beachten, dass die im Planumbereich anstehenden Erdstoffe schwer verdichtbar sind. Verdichtungsarbeiten sind statisch oder mit gedrosselter Vibration durchzuführen. Bedingt durch die enge Kornabstufung, muss technologisch ein Auflockern der Planumssohlen verhindert werden.

3.3 Verfüllung der Leitungsgräben

In der Leitungszone sind steinfreie Böden mit einem Größtkorn von 20 mm zu verwenden, wobei der Sandanteil überwiegen muss (V 1). Die anstehenden Auffüllungen und die Talsande erfüllen diese Kriterien **überwiegend**.

Für die Verfüllzone sind die Talsande und das sandige Auffüllmaterial geeignet. Bindige Anteile müssen den optimalen Wassergehalt beim Procorversuch aufweisen. Verbesserung kann durch das Einmischen von Feinkalk erreicht werden.

Sollte ein Verdichtungsgrad von 97 % Proctordichte nicht erreicht werden, ist entweder ein Bodenaustausch vorzusehen oder eine Stabilisierung durch geeignete Baustoffe vorzunehmen.

Die Aushubmassen sind gemäß DIN 18300 einzubauen und zu verdichten. Aufgeweichte Erdstoffe dürfen nicht wieder eingebaut werden.

Die Schüttlagen sollten in der Leitungszone $d = 15 - 25$ cm und oberhalb $d = 20$ cm - 40 cm nicht überschreiten.

Bei Leitungsgräben innerhalb von Straßenkörpern gelten bei den anstehenden Bodenarten folgende Verdichtungsgrade:

Leitungszone: $D_{pr} = 97 \%$

Verfüllzone: D_{pr} gemäß ZTVA-StB 12

Allgemein wird auf die Ausführungen der ZTVA - StB 12, der ZTVE - StB 18 und des ATV A 127 verwiesen. Die Bestimmung der zulässigen Verdichtungsgeräte hat gemäß dem ATV A 139 sowie der ZTVA-StB 12 zu erfolgen.

Verdichtungsarbeiten sollten generell mit gedrosselter Vibration erfolgen.

Der Einbau der Erdstoffe hat lagenweise zu erfolgen. Die erreichten Verdichtungswerte sind nachzuweisen.

3.4 Hinweise zur Wasserhaltung

Die Grabensohle ist für eine einwandfreie Verlegung bzw. für den Bau der Rohrleitungszone sowie Verdichtungsarbeiten in der Rohrleitungszone wasserfrei zu halten.

Eine **offene Wasserhaltung** zur Ableitung von Niederschlags- und Schichtwasser sollte generell vorgehalten und im Bedarfsfall betrieben werden.

Bei **hohen Grundwasserständen** kann jedoch insbesondere im Bereich des **Auslaufbauwerkes** und der Rohrtrasse im Aueniveau der Einsatz einer **geschlossenen Wasserhaltung** mittels vakuumbeaufschlagter **Nadelfilteranlage** erforderlich werden.

Der Grundwasserspiegel lag im Oktober 2023 bei ca. **73,9 m NHN** und im Januar 2024 bei **74,9 - 75,3** und damit **oberhalb** der Aushubsohle. Für Verdichtungsarbeiten auf der Rohrsohle ist ein Grundwasserstand von $h_{\min} = 50$ cm unter Planum notwendig.

Zur überschlägigen Bemessung der Wasserhaltungsanlage ist von einem Durchlässigkeitsbeiwert für den Sand von $k_f = 5,0 \cdot 10^{-4}$ m/s auszugehen.

3.5 Rohrvortrieb

Die Verbreitung der Erdstoffe kann den Bohrprofilen der Anlage 2 und dem **Baugrundschnitt der Anlage 3** entnommen werden.

Der Rohrvortrieb kann mittels HDD-Verfahren erfolgen.

Bei dem Vortrieb mit Standardabbauwerkzeug/-Schneidrad in sandigen und kiesigen Mischböden mit hoher Wasserdurchlässigkeit, wird der Abraumtransport über ein hydraulisches Fördersystem gewährleistet. In den **wasserführenden** Böden sind **Zusatzmaßnahmen**, z.B. Einsatz von Druckluft, Stützflüssigkeit u.ä. erforderlich.

Die erkundeten Talsande sind mitteldicht gelagert. Die sandige Auffüllung wird als locker bis mitteldicht gelagert eingeschätzt. Gemäß Punkt 7.2.2.2 der Unterlage U /8/ wird ein Verdämmen der Vortriebsstrecke angeraten.

Die im Bereich der Durchörterung anstehenden **bindigen Erdstoffe** weisen teilweise nur eine **sehr geringe Scherfestigkeit** auf.

Im Bereich des Südufers wurde weiterhin eine Steinlage/ Gerölllage festgestellt aus der sich zusätzliche Erfordernisse hinsichtlich des Abbauwerkzeuges und der Gerätetechnologie ergeben.

3.6 Baugruben Rohrvortrieb

Die konstruktive Ausbildung der Baugruben (*Start- und Zielgruben*) richtet sich grundsätzlich nach DIN 4124. Danach sollten die Böschungen unverbaubarer Baugruben am Standort generell mit einem Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ hergestellt werden. Bei erforderlichen Aushubtiefen ab $t = 1,25$ m wird ein Verbau empfohlen.

4. Berechnungsgrundlagen

Erdstatische Berechnungen dürfen folgende Berechnungskennwerte, die aus anerkannten Korrelationen sowie aus Laboruntersuchungen stammen, zugrunde gelegt werden:

Parameter	S 2 Auffüllung	S 3a Auelehm	S 3b Torf	S 4 Talsand	S 6 T.Ton	Einheit
Feuchtwichte γ	17,0 - 19,0	19,0	11,0	18,0	20,0	kN/m ³
Wichte unter Auftrieb γ'	9,0 - 11,0	9,0	1,0	10,0	10,0	kN/m ³
Reibungswinkel φ	27,5 - 32,5	25,0 - 27,5	15,0	32,5	22,5	°
Kohäsion c'	0 - 3	2 - 10	0	0	10 - 15	kN/m ²
Steifemodul E_s	2 - 8	2 - 8	1	30 - 40	25	MN/m ²
Verdichtbarkeit nach ZTVA - StB 12	V 2	V 1	-	V 1	V 3	-
Bodengruppe nach ATV A-127	G 2	G 1	-	G 1	G 4	-

Tabelle 8: Erdstatische Kennwerte, SW-Entsorgung Kraftwerksiedlung Friedersdorf

5. Bautechnische Hinweise

Es sind die Ausführungen der DIN 4124 und 18300 zu beachten.

Die Bauarbeiten sollten in Zeiten mit niedrigen oder mittleren Wasserständen angeordnet werden.

Die Baugruben können geböscht hergestellt werden. Hierbei sollte nicht steiler als 45° innerhalb des Sandes eschachtet werden.

Das Grundwasser ist bis 0,50 m unterhalb der Auskofferungssohle abzusenken.

Mutterboden sowie aufgeweichte und durchfrostene Erdstoffe sind zum Wiedereinbau ungeeignet. Die Verfüllmassen sind nach DIN 18300 einzubauen und zu verdichten.

Die Aushubmassen sind wassergeschützt zu lagern. Aufgeweichte oder durchfrostene Erdstoffe dürfen nicht eingebaut oder überschüttet werden. Ggf. kann die Verdichtungsfähigkeit des Materials durch Zugabe von Kalk oder Mischbindeverbessert werden.

Verdichtungsarbeiten sollten generell statisch bzw. mit gedrosselter Vibration erfolgen.

Anthropogene Einlagerungen sowie organische Erdstoffe sind zum Wiedereinbau ungeeignet. Die Verfüllmassen sind nach DIN 18300 einzubauen und zu verdichten.

Bei einer Grundwasserabsenkung < 0,2 m wird eine offene Wasserhaltung als ausreichend erachtet. Bei größeren Absenkungen ist eine **geschlossene Wasserhaltung** erforderlich.

6. Verkehrsflächenbefestigung

Die für die Bemessung der Straßenkonstruktion relevanten Bodenschichten sind vorwiegend der **Frostveränderlichkeitsklasse F 2** (mäßig frostveränderlich) zuzuordnen. Die Stärke des erforderlichen frostsicheren Aufbaus richtet sich nach RStO-12

Aufgrund des Schichtenaufbaues im Untersuchungsgebiet sind für die Bemessung des Straßenaufbaus folgende Parameter zu nennen:

Frostempfindlichkeitsklasse	F 2
Frosteinwirkung	Zone II
Hydrologische Verhältnisse gemäß RStO-12	günstig (Bereich Hochfläche)

7. Zusätzliche Hinweise, Versickerung von Niederschlagswasser

Bei einer Veränderung der Gründungsordinaten oder Gründungsvariante sind die Angaben dieses Berichtes in Zusammenarbeit von Architekt, Statiker und Baugrundgutachter auf ihre Gültigkeit zu überprüfen.

Die sich im Rahmen der Ausführungsplanung ergebenden gründungsrelevanten Daten sind mit dem Baugrundgutachter abzustimmen.

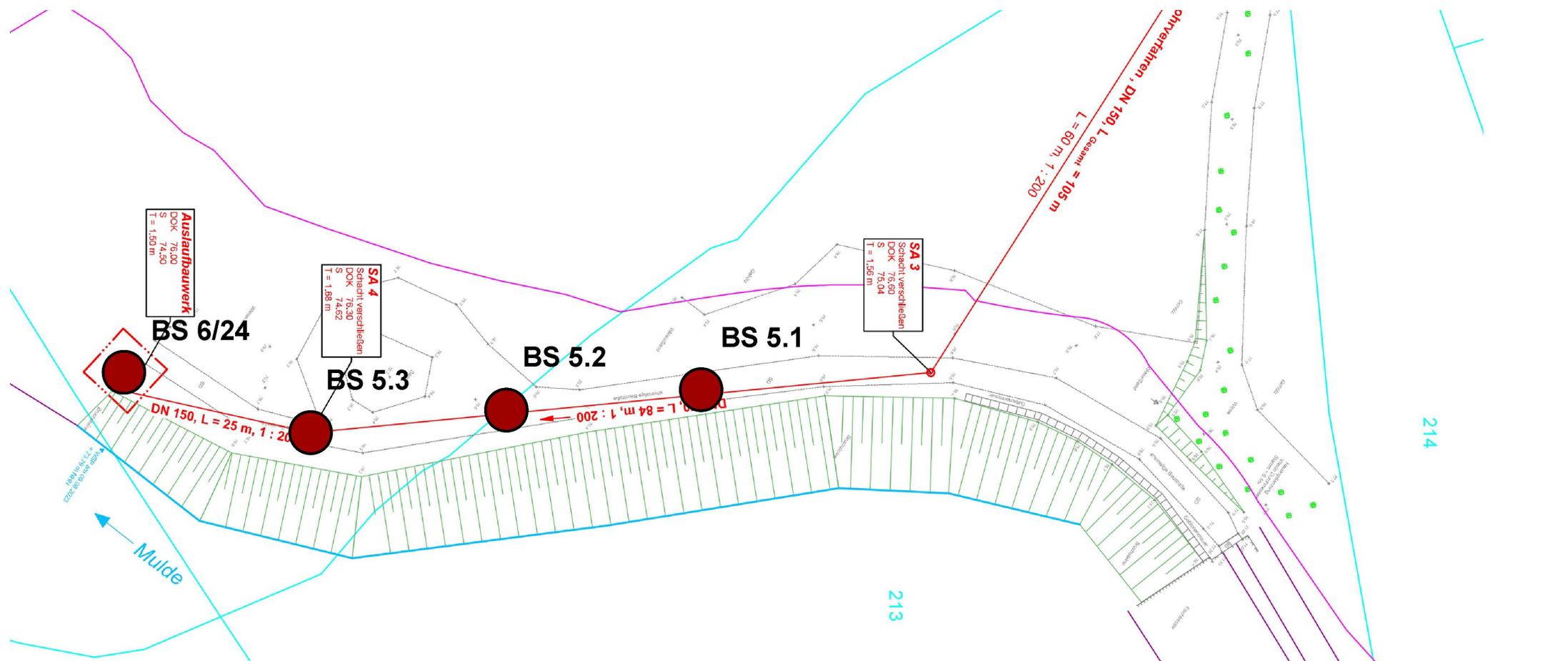
Zur Festlegung des **Verbringungs- oder Entsorgungsweges des Aushubs nach EBV** wird üblicherweise eine Haufwerksbeprobung mit Deklarationsanalytik durchgeführt, wobei die maximal zulässige Haufwerksgröße und der Analysenumfang mit der zuständigen Behörde und evtl. auch mit dem späteren Abnehmer des Aushubs abzustimmen ist.

Die vorliegenden Analysen stellen in diesem Sinne eine Vordeklaration dar.

Die dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser ist innerhalb der anstehenden Talsande möglich. Im Bereich der Hochfläche sind Muldenversickerungen sowie Rigolen- oder Schachtversickerung möglich. Der MHGW wird mit 75,50 m NHN angegeben. Für die Talsande wird ein Bemessungswert von $k_f = 1,0 \text{ E-4 m/s}$ angegeben.



C. Klotsch, Dipl.-Ing. (FH)
Geschäftsführer



**BBG Büro für Baugrunderkundung +
Gründungsberatung
Ingenieurbüro C. Klotsch**

Bauvorhaben:
**Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße**

Auftraggeber:
AG: IG Prof. Dr.- Ing. E. Macke mbH Dessau

Bericht:
bbg_F-01-24

Planinhalt:
Anlage 1.2: Aufschlussplan

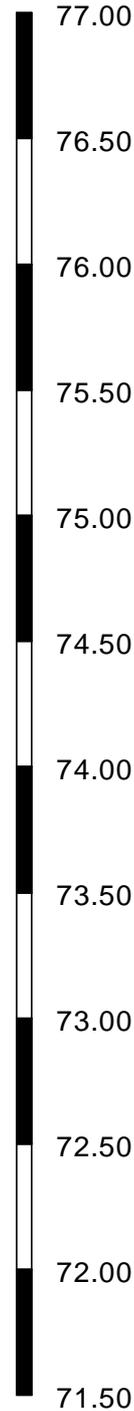
BBG
Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße
- Sondierprofil -

Maßstab:
1 : 30
Anlage-Nr.:
2.2

BS 5.1

m ü.NHN



76,60 m

1.42 (75.18) ▼
29.01.2024



Auffüllung, braunschwarz,
Sand, schluffig, kiesig

(SU*)

0.70 (75.90)

Mittelsand, Schwemmsand, grau,
feinsandig - schwach feinsandig

(SE)

1.90 (74.70)

Mittelsand, Talsand, grau,
schwach feinsandig, Schlufflage
bei 2,70 - 2,80

(SE)

3.60 (73.00)

Mittelsand, Talsand, graubraun

(SE)

5.00 (71.60)

BBG
Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

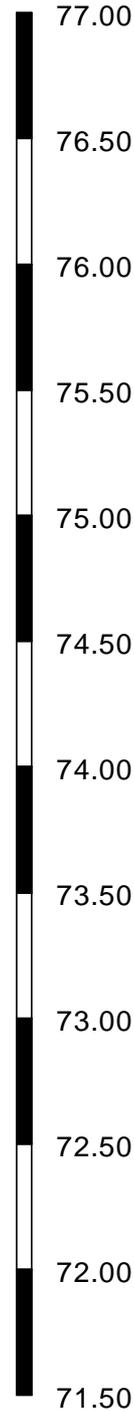
Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße
- Sondierprofil -

Maßstab:
1 : 30
Anlage-Nr.:
2.3

BS 5.2

m ü.NHN

76,60 m



Auffüllung, grauschwarzbraun,
Sand, stark schluffig, kiesig

(SU*)

1.10 (75.50)

[1.68 \(74.92\)](#) ▼
29.01.2024

Feinsand, Schwemmsand, grau,
Mittelsand

(SE)

2.50 (74.10)

Feinsand, Talsand, grau, Mittelsand

(SE)

3.90 (72.70)

Feinsand, Talsand, graubraun,
Mittelsand

(SE)

5.00 (71.60)

BBG
 Ingenieurbüro Christian Klotsch
 06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
 Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

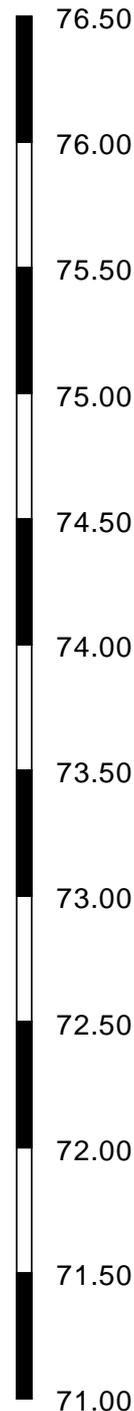
Neubau SW-Sammler
 Friedersdorf, Kraftwerkstraße
 - Sondierprofil -

Maßstab:
 1 : 30
 Anlage-Nr.:
 2.4

BS 5.3

m ü.NHN

76,30 m



1.25 (75.05) ▼
 29.01.2024



Auffüllung, graubraun, Sand,
 schluffig, kiesig

[SU*]

0.50 (75.80)

Auffüllung, schwarzbraun -
 grau, Schluff, sandig - stark
 sandig, schwach tonig, kiesig

[UL] - [SU*]

1.50 (74.80)

Schluff, Auelehm, grau, sandig
 - stark sandig, schwach tonig

[TL - TM]

2.80 (73.50)

Schluff, Auelehm, grau, stark
 sandig, schwach tonig, Wurzeln,
 durchwurzelt

[UL]

3.30 (73.00)

Mittelsand, Schwemmsand, graubraun,
 grobsandig, schwach feinsandig,
 schwach kiesig

[SE]

3.90 (72.40)

Schluff, Auelehm, graubraun,
 tonig, schwach feinsandig

[TL - TM]

4.50 (71.80)

Mittelsand, Talsand, grau,
 schwach feinsandig, schwach
 grobsandig

[SE]

5.00 (71.30)

BS 6

76,00 m

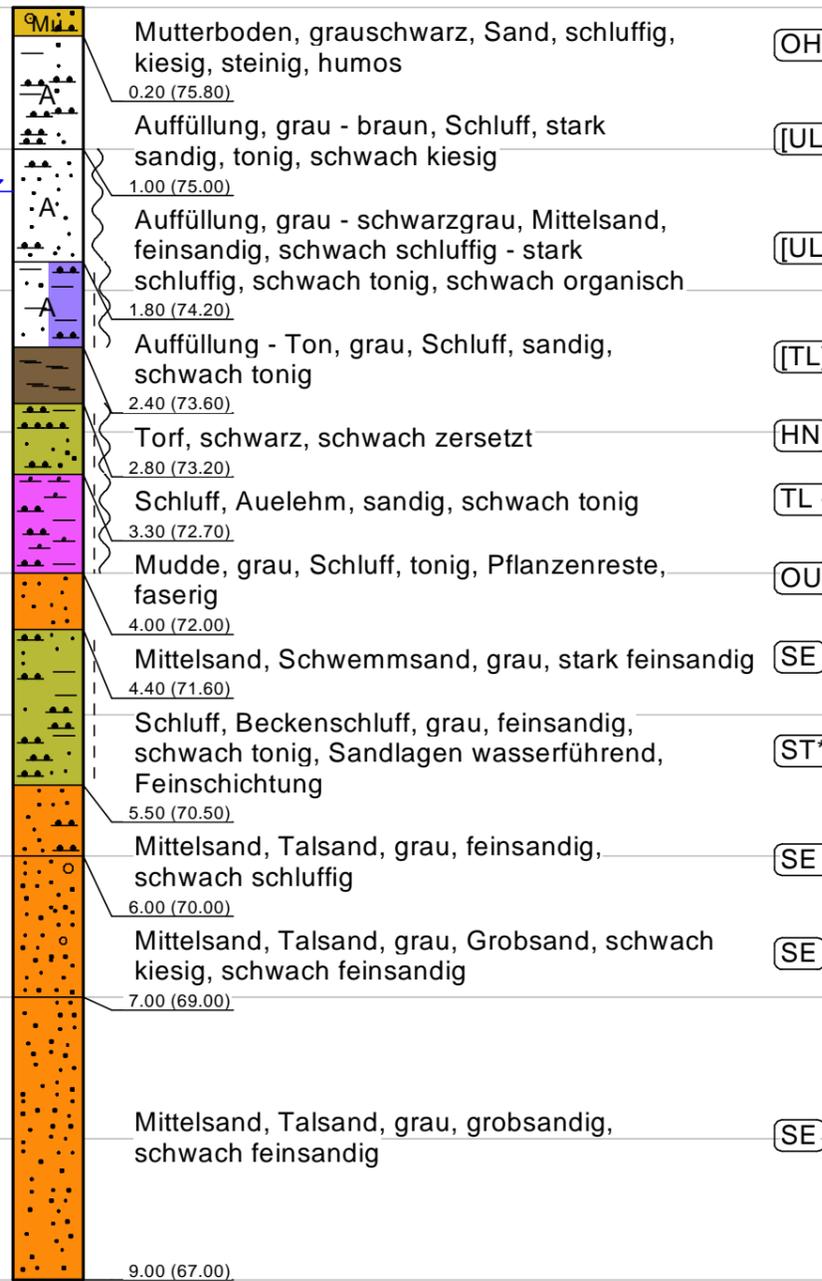
DPH-15/2

76,00 m

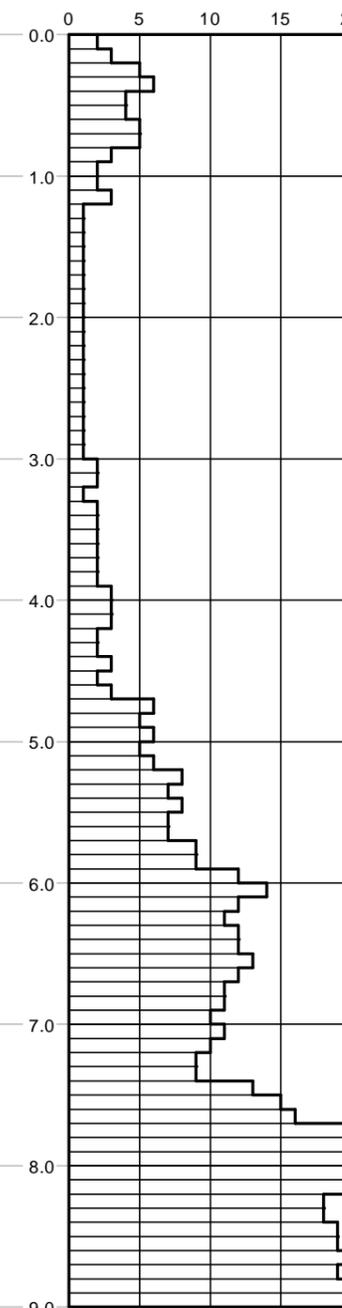
m ü.NHN



1.30 (74.70) ▼
 29.01.2024



Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	2	4.60	2
0.20	3	4.70	3
0.30	5	4.80	6
0.40	6	4.90	5
0.50	4	5.00	6
0.60	4	5.10	5
0.70	5	5.20	6
0.80	5	5.30	8
0.90	3	5.40	7
1.00	2	5.50	8
1.10	2	5.60	7
1.20	3	5.70	7
1.30	1	5.80	9
1.40	1	5.90	9
1.50	1	6.00	12
1.60	1	6.10	14
1.70	1	6.20	12
1.80	1	6.30	11
1.90	1	6.40	12
2.00	1	6.50	12
2.10	1	6.60	13
2.20	1	6.70	12
2.30	1	6.80	11
2.40	1	6.90	11
2.50	1	7.00	10
2.60	1	7.10	11
2.70	1	7.20	10
2.80	1	7.30	9
2.90	1	7.40	9
3.00	1	7.50	13
3.10	2	7.60	15
3.20	2	7.70	16
3.30	1	7.80	21
3.40	2	7.90	21
3.50	2	8.00	22
3.60	2	8.10	22
3.70	2	8.20	21
3.80	2	8.30	18
3.90	2	8.40	18
4.00	3	8.50	19
4.10	3	8.60	19
4.20	3	8.70	20
4.30	2	8.80	19
4.40	2	8.90	20
4.50	3	9.00	21



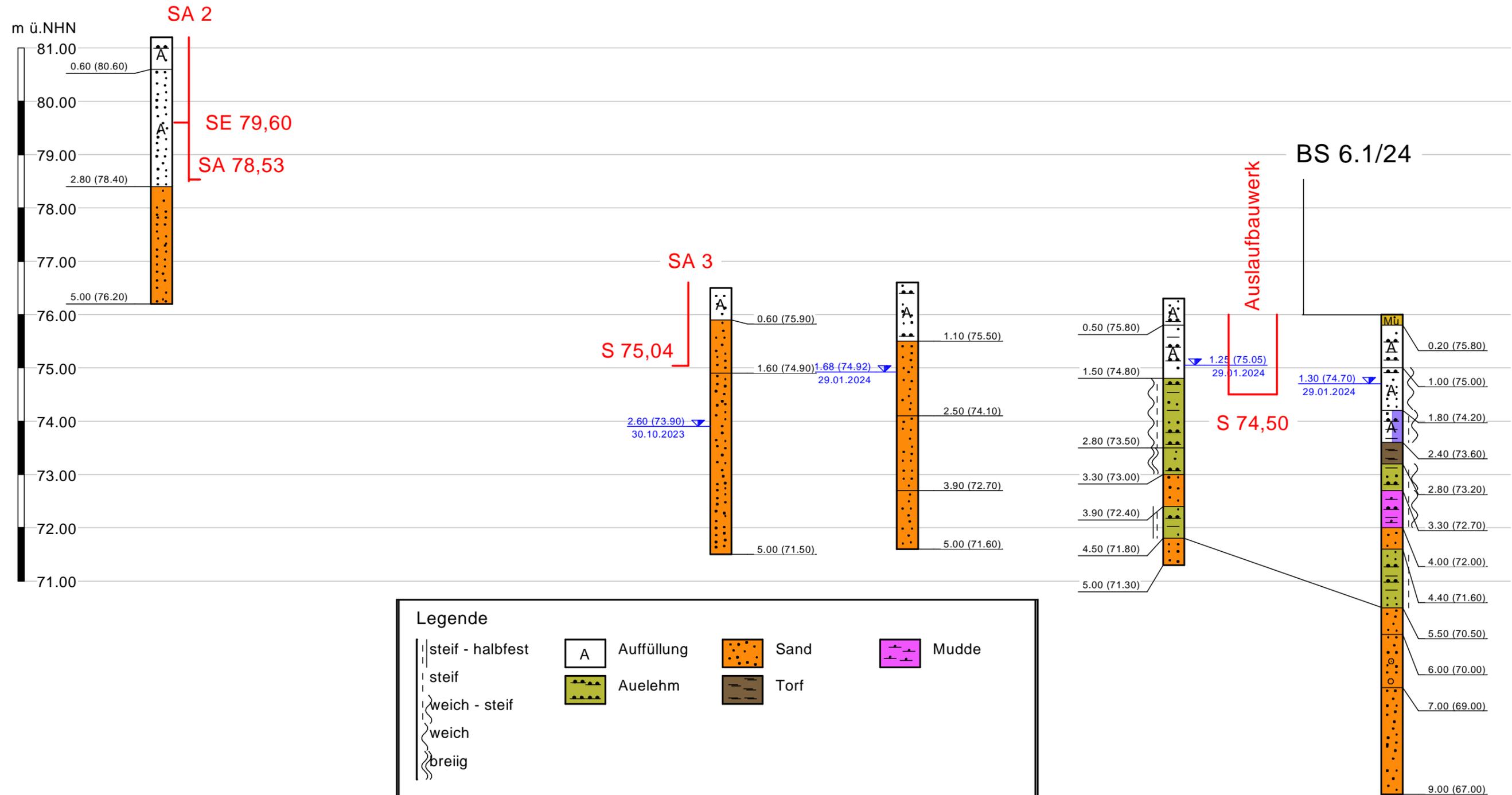
BS 4
81,20 m

BS 5
76,50 m

BS 5.2
76,60 m

BS 5.3
76,30 m

BS 6.1/24
76,00 m



BBG

Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 19.01.2024

Körnungslinie

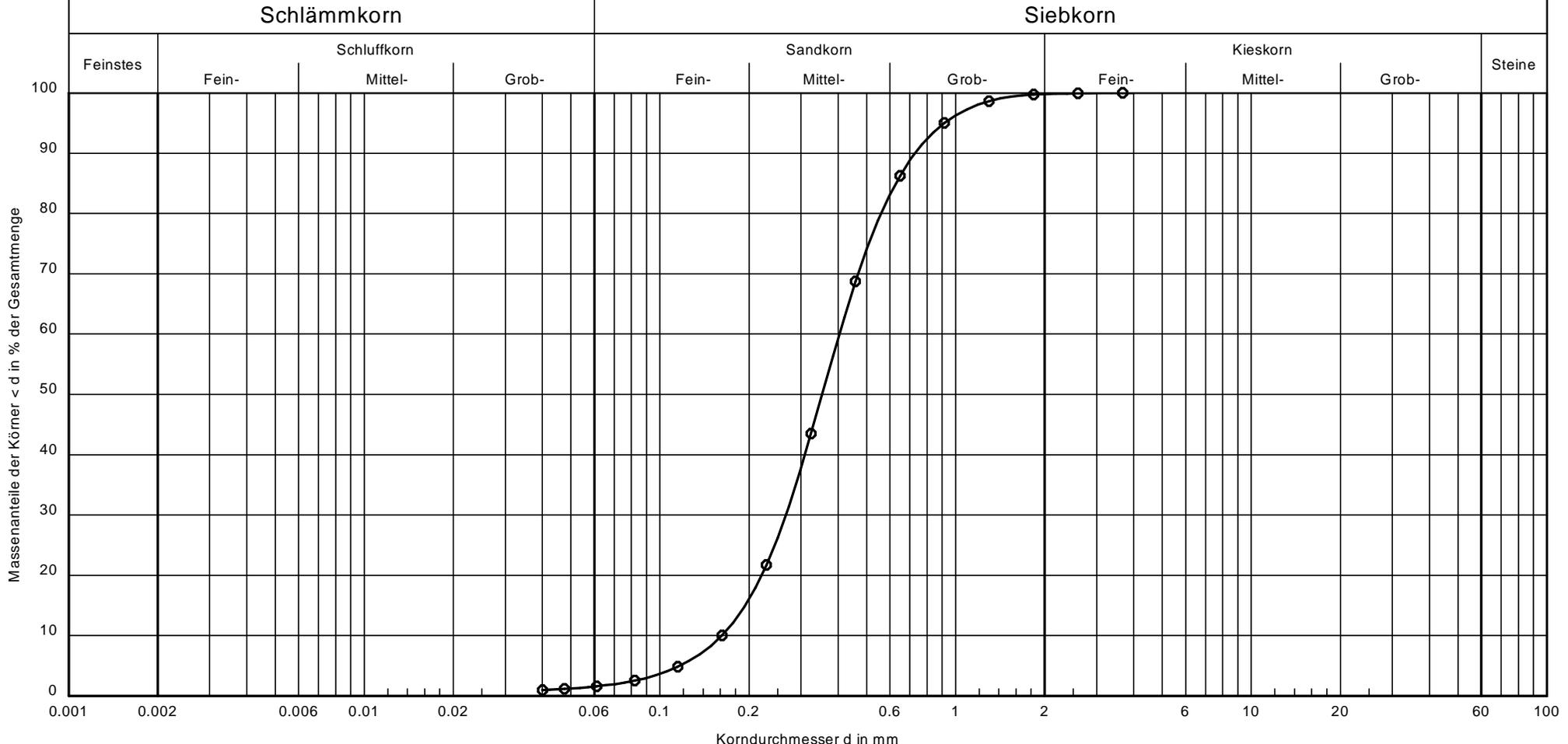
Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Prüfungsnummer: F-01-23/ S01

Probe entnommen am: 16.01.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieben



Bezeichnung:	
Bodenart:	mS, gs, fs'
Tiefe:	3,30 - 5,40 m
Cu/Cc	2.5/1.1
Entnahmestelle:	BS 01/ 1
k [m/s] (Hazen):	3.0 · 10 ⁻⁴
T/U/S/G [%]:	- /1.6/98.2/0.2

Bemerkungen:

Bericht: bbg_F-01-24
 Anlage: 4.1

BBG

Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 19.01.2024

Körnungslinie

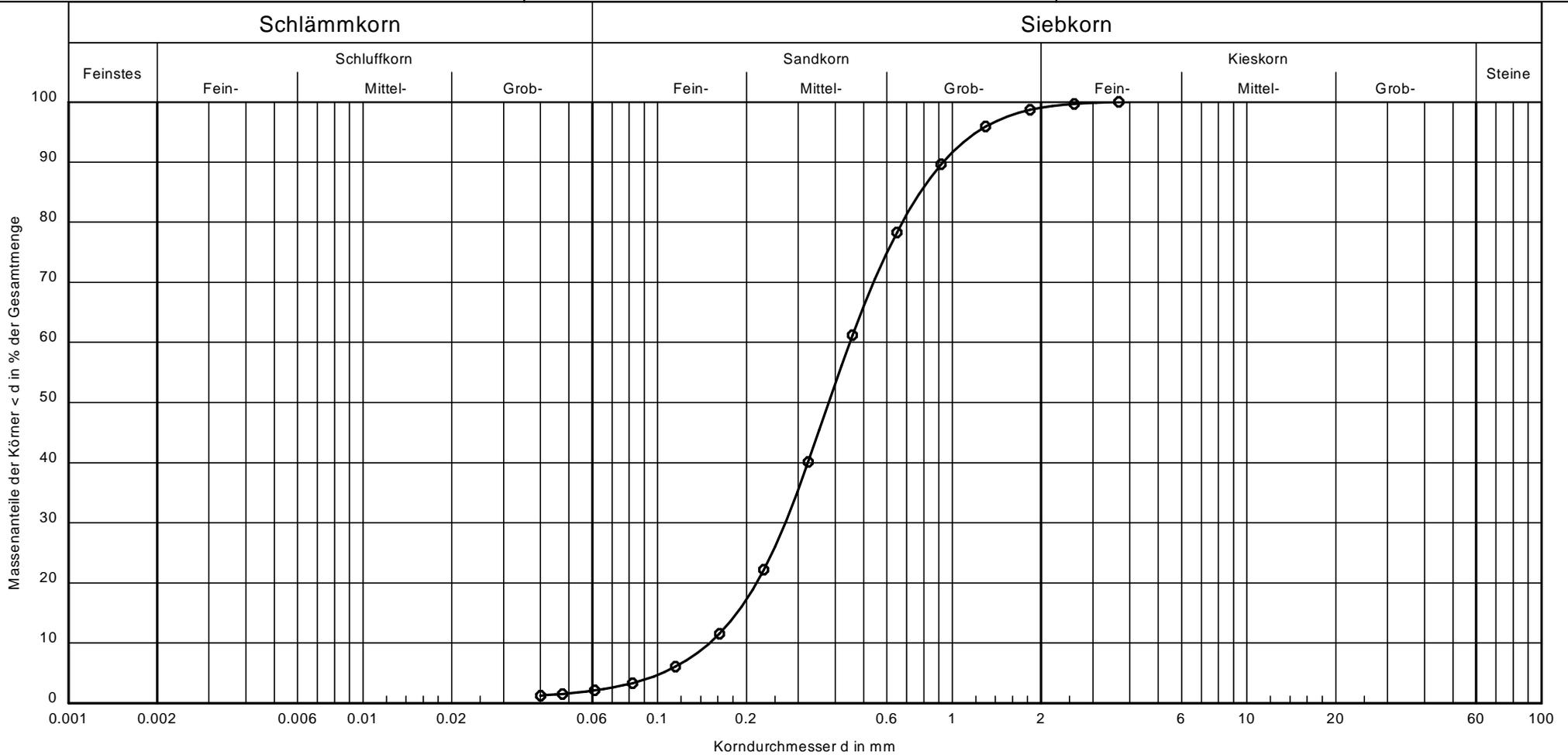
Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Prüfungsnummer: F-01-23/ S02

Probe entnommen am: 16.01.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieben



Bezeichnung:	○ — ○
Bodenart:	mS, fs, gs
Tiefe:	5,40 - 8,10 m
Cu/Cc	3.0/1.1
Entnahmestelle:	BS 01/ 2
k [m/s] (Hazen):	$2.6 \cdot 10^{-4}$
T/U/S/G [%]:	- /2.1/96.9/1.0

Bemerkungen:

Bericht:
 bbg_F-01-24
 Anlage:
 4.2

BBG

Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 31.01.2024

Körnungslinie

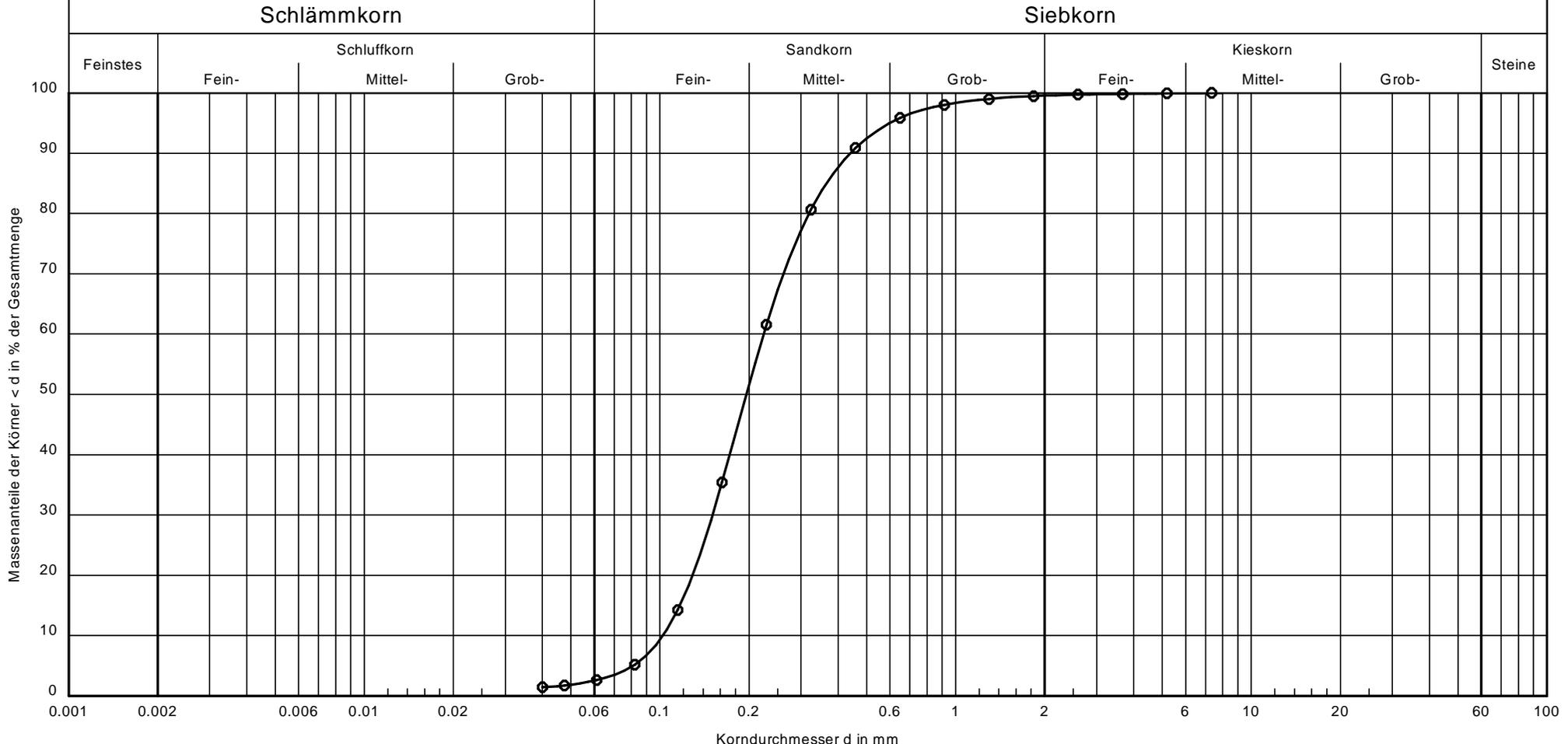
Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Prüfungsnummer: F-01-23/ S03

Probe entnommen am: 29.01.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieben



Bezeichnung:	○ — ○
Bodenart:	fS, mS
Tiefe:	1,10 - 2,50 m
Cu/Cc	2.2/1.0
Entnahmestelle:	BS 5.2/ 1
k [m/s] (Hazen):	1.2 · 10 ⁻⁴
T/U/S/G [%]:	- /2.6/97.0/0.4

Bemerkungen:

Bericht: bbg_F-01-24
 Anlage: 4.3

BBG

Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 31.01.2024

Körnungslinie

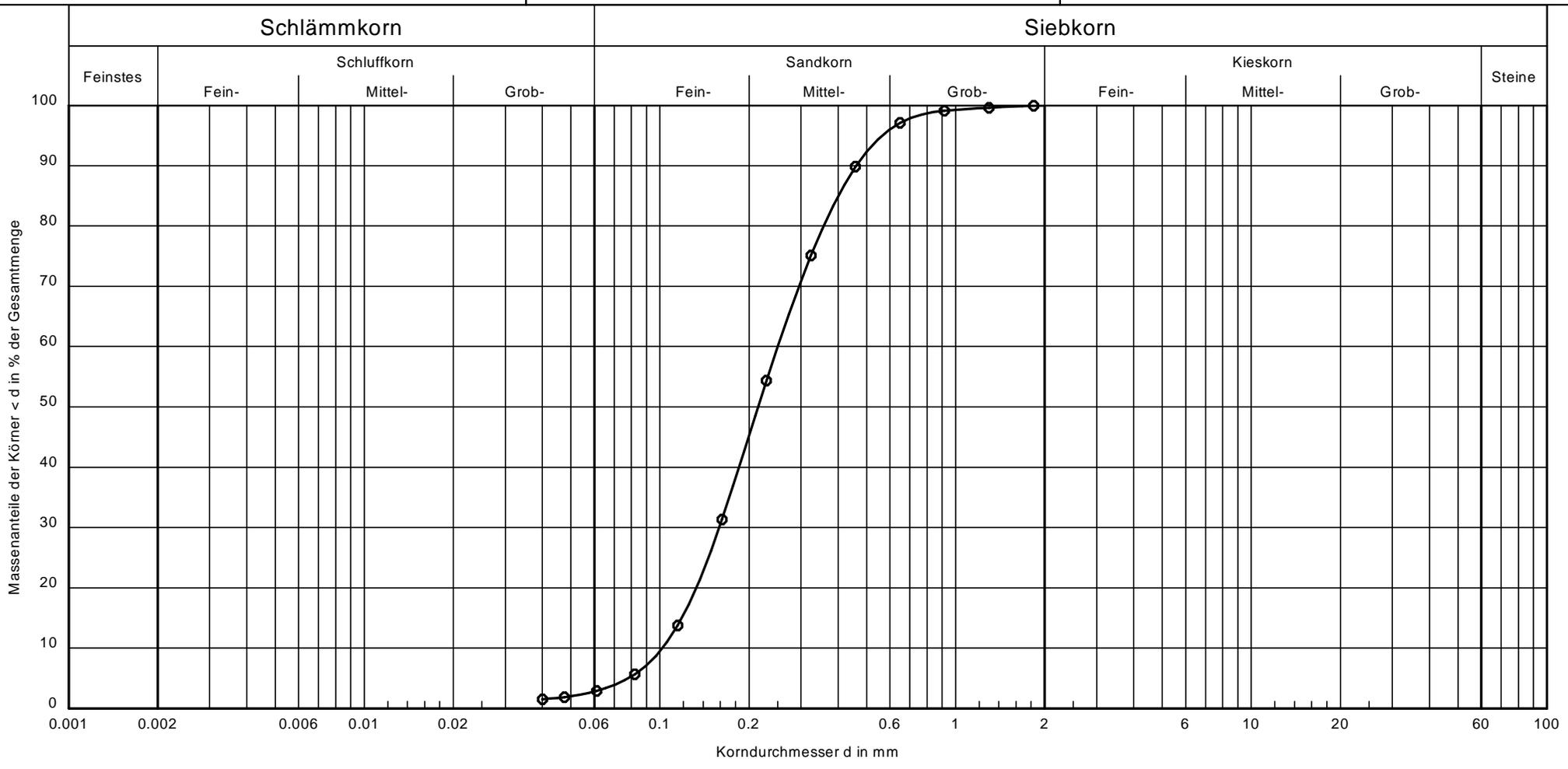
Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Prüfungsnummer: F-01-23/ S04

Probe entnommen am: 29.01.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieben



Bezeichnung:	○ — ○
Bodenart:	fS, mS
Tiefe:	2,50 - 3,90 m
Cu/Cc	2.5/1.0
Entnahmestelle:	BS 5.2/ 2
k [m/s] (Hazen):	1.2 · 10 ⁻⁴
T/U/S/G [%]:	- /2.8/97.2/ -

Bemerkungen:

Bericht: bbg_F-01-24
 Anlage: 4.4

BBG

Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 31.01.2024

Körnungslinie

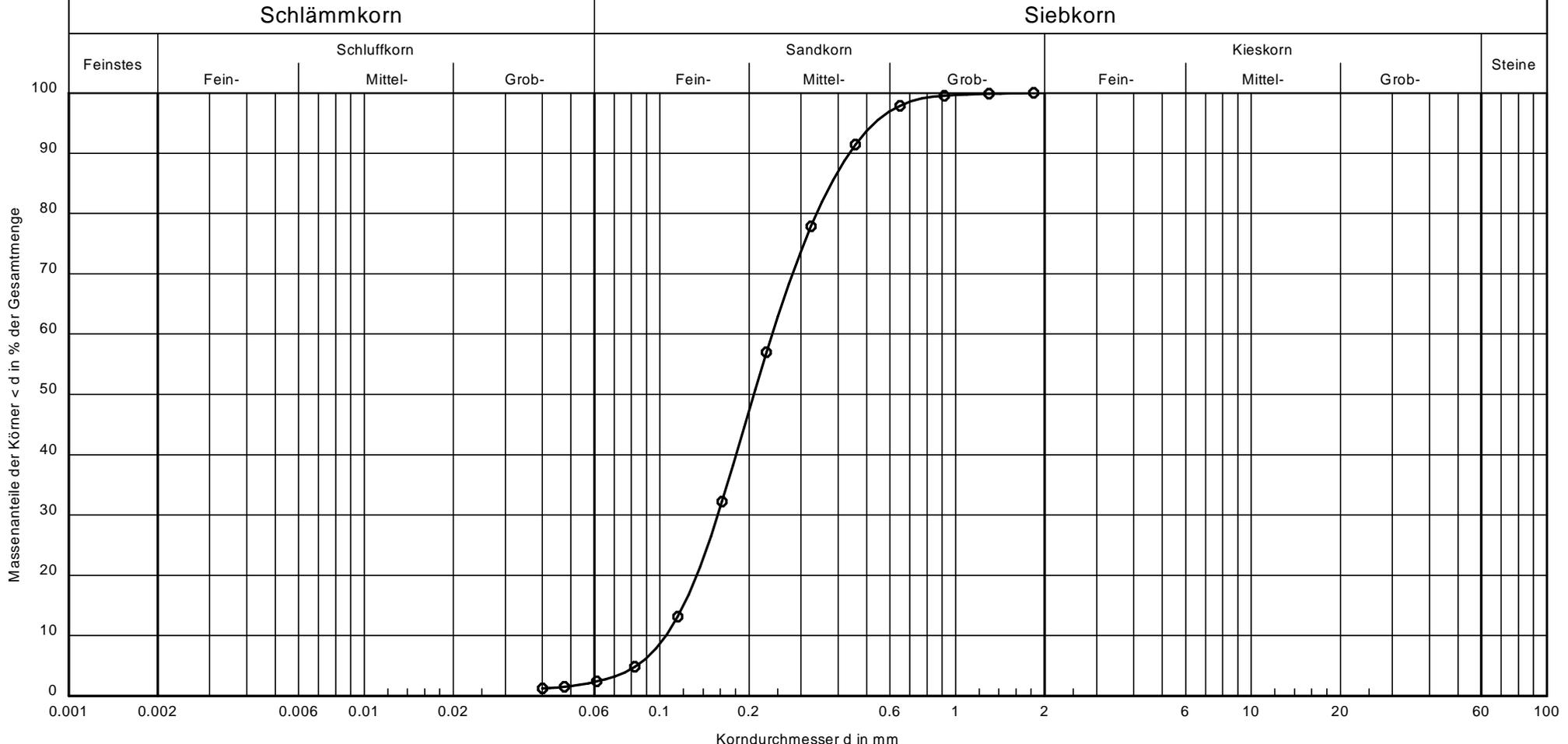
Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Prüfungsnummer: F-01-23/ S05

Probe entnommen am: 29.01.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieben



Bezeichnung:	○ — ○
Bodenart:	fS, mS
Tiefe:	3,90 - 5,00 m
Cu/Cc	2.3/1.0
Entnahmestelle:	BS 5.2/ 3
k [m/s] (Hazen):	1.3 · 10 ⁻⁴
T/U/S/G [%]:	- /2.3/97.7/ -

Bemerkungen:

Bericht: bbg_F-01-24
 Anlage: 4.5

BBG

Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

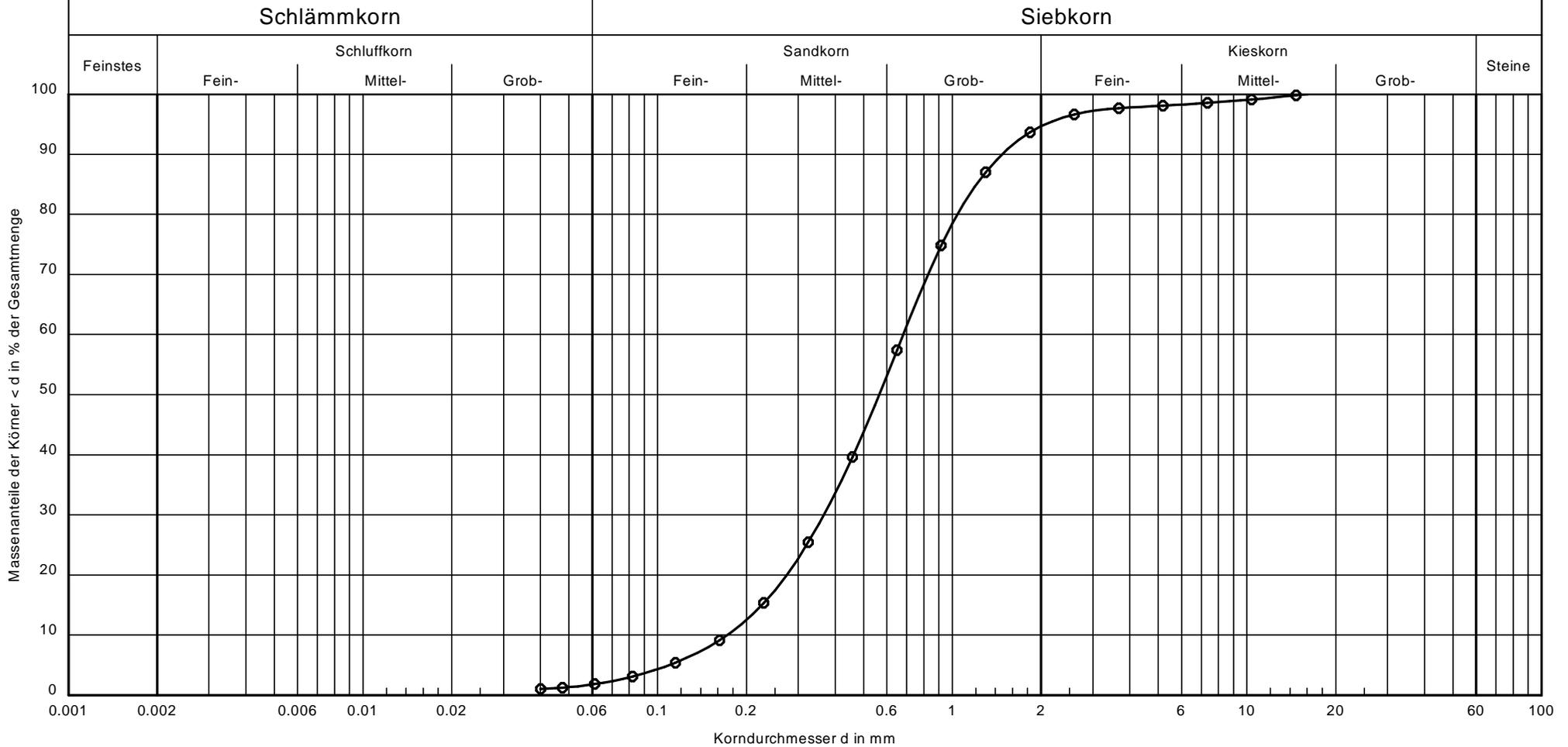
Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 30.01.2024

Körnungslinie

Neubau SW-Sammler Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Prüfungsnummer: F-01-23/ S06
Probe entnommen am: 29.01.2024
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieben



Bezeichnung:	○ — ○
Bodenart:	mS, gS, g', fs'
Tiefe:	6,00 - 7,00 m
Cu/Cc	4.0/1.1
Entnahmestelle:	BS 6/ 1
k [m/s] (Hazen):	$3.4 \cdot 10^{-4}$
T/U/S/G [%]:	- /1.8/92.9/5.3

Bemerkungen:

Bericht:
 bbg_F-01-24
 Anlage:
 4.6

BBG

Ingenieurbüro Christian Klotsch
06886 Wittenberg, Mauerstraße 6
Tel.: 03491/ 43 26 -21 Fax: -54

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 30.01.2024

Körnungslinie

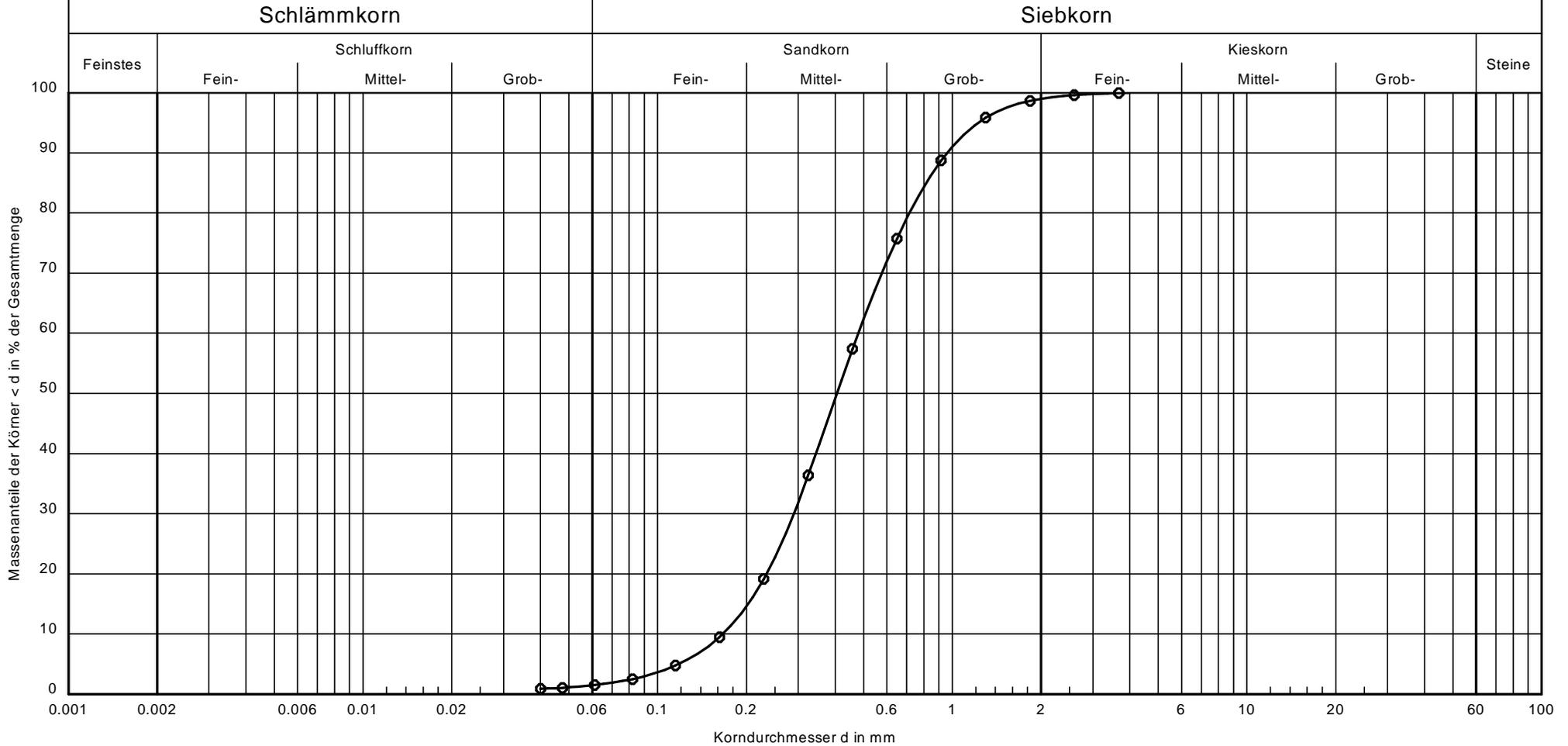
Neubau SW-Sammler
Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Prüfungsnummer: F-01-23/ S07

Probe entnommen am: 29.01.2024

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieben



Bezeichnung:	○ — ○
Bodenart:	mS, gs, fs'
Tiefe:	7,00 - 9,00 m
Cu/Cc	2.9/1.1
Entnahmestelle:	BS 6/ 2
k [m/s] (Hazen):	$3.2 \cdot 10^{-4}$
T/U/S/G [%]:	- /1.5/97.5/1.0

Bemerkungen:

Bericht:
bkg_F-01-24
Anlage:
4.7

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Neubau SW-Sammler
 Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 18.01.2024

Prüfungsnummer: F-01-24/ A01

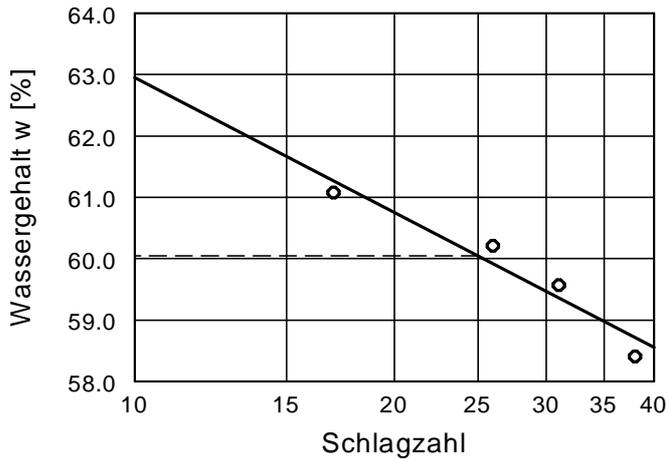
Entnahmestelle: BS 1.1/ A01

Tiefe: 8,10m - 8,80m

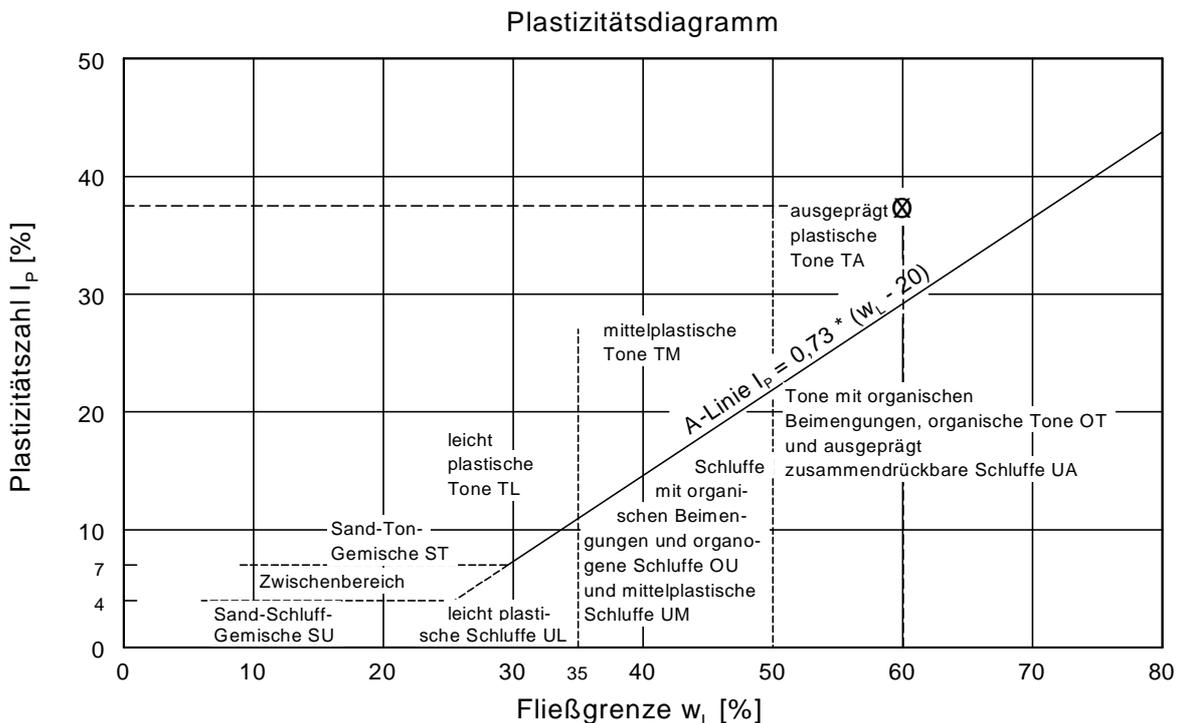
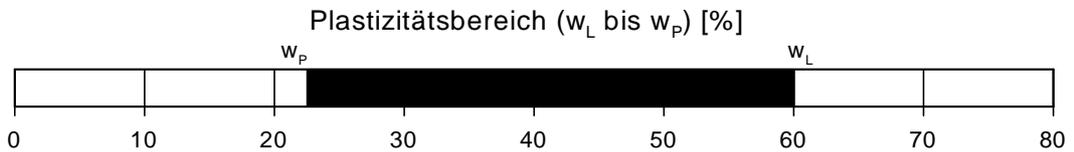
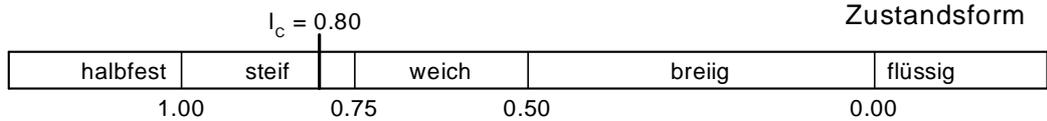
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton

Probe entnommen am: 16.01.2024



Wassergehalt w =	30.0 %
Fließgrenze w_L =	60.0 %
Ausrollgrenze w_p =	22.5 %
Plastizitätszahl I_p =	37.5 %
Konsistenzzahl I_c =	0.80



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Neubau SW-Sammler
 Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 31.01.2024

Prüfungsnummer: F-01-24/ A02

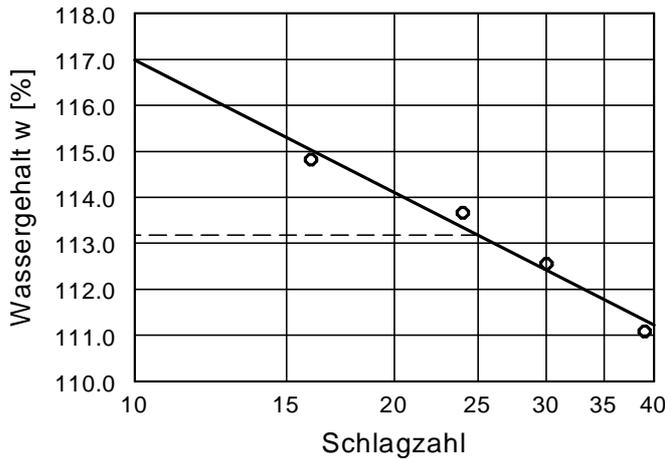
Entnahmestelle: BS 5.3/ A02

Tiefe: 1,50m - 2,80m

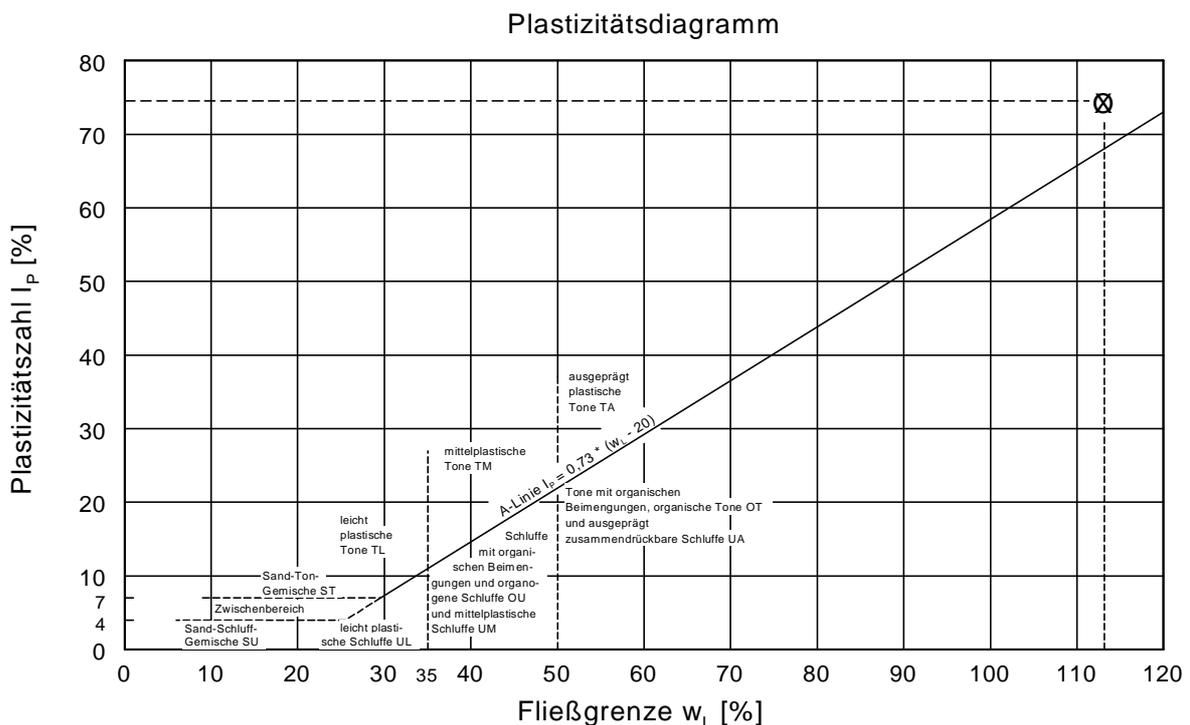
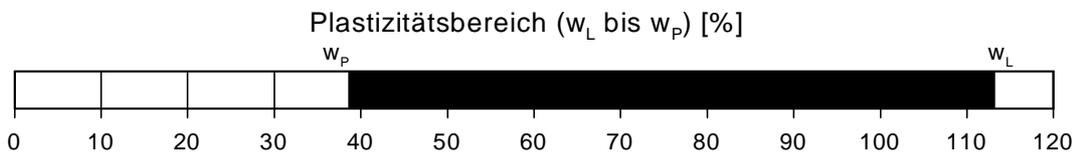
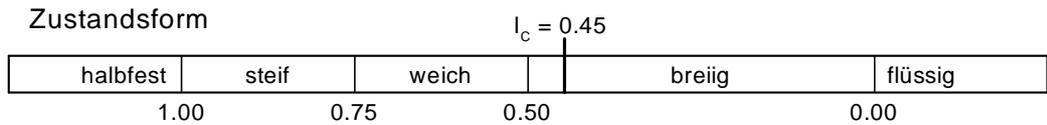
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Auelehm

Probe entnommen am: 29.01.2024



Wassergehalt $w =$	79.8 %
Fließgrenze $w_L =$	113.2 %
Ausrollgrenze $w_p =$	38.6 %
Plastizitätszahl $I_p =$	74.6 %
Konsistenzzahl $I_c =$	0.45



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Neubau SW-Sammler
 Friedersdorf, Kraftwerkstraße

Bearbeiter: F. Wanke

Datum: 31.01.2024

Prüfungsnummer: F-01-24/ A03

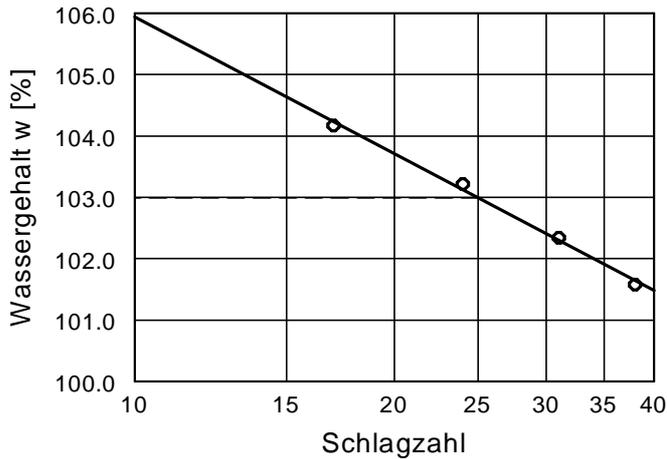
Entnahmestelle: BS 6/ A03

Tiefe: 3,30m - 4,00m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Mudde

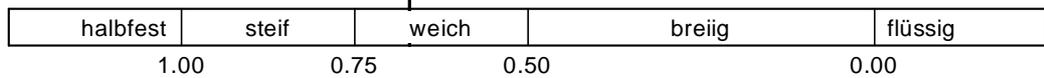
Probe entnommen am: 29.01.2024



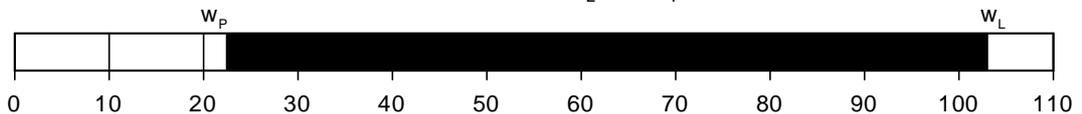
Wassergehalt $w = 49.0 \%$
 Fließgrenze $w_L = 103.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 22.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 80.5 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.67$

Zustandsform

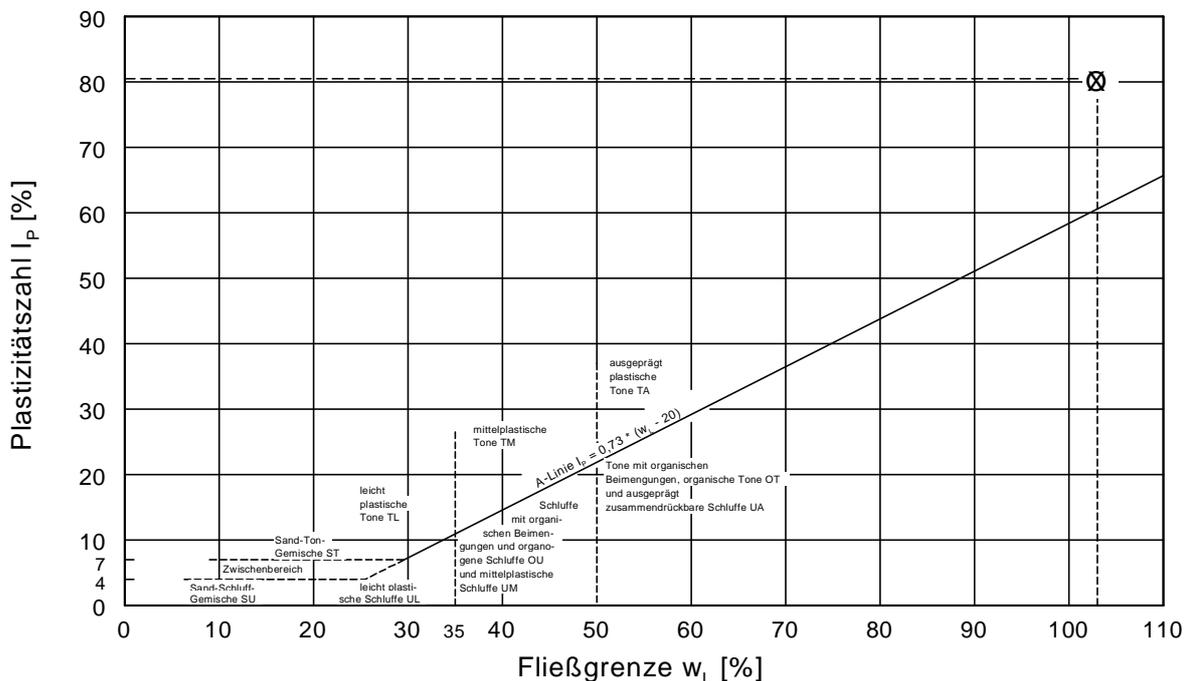
$I_c = 0.67$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Friedersdorf Spundwand Larssen 600
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011

Erf. Profillänge = 6.96 m
 Erf. Einbindetiefe = 4.26 m
 $\gamma_G = 1.15$
 $\gamma_Q = 1.20$
 $\gamma_{EP} = 1.25$
 Wasserdruck mit Stromröhre
 Hydr. Gradient (Passivseite) für Erddruck

mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.64$

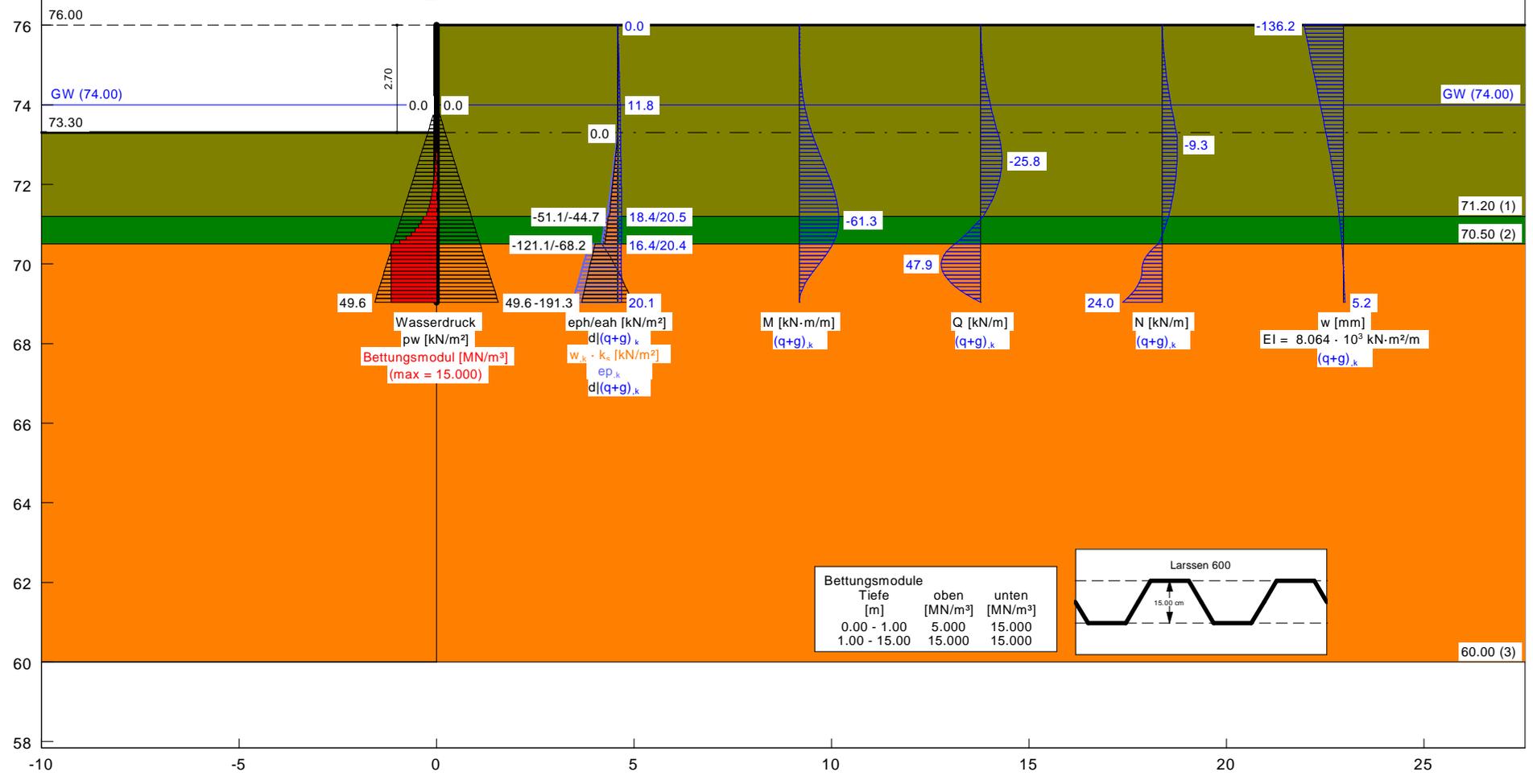
Bemessungswerte:
 gewählt: Larssen 600
 $E = 21000.00 \text{ kN/cm}^2$
 $I = 3840.00 \text{ cm}^4/\text{m}$
 $h = 15.00 \text{ cm}$
 $b = 60.00 \text{ cm}$
 $A = 120.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

$S \cdot \sin(\alpha)/s = 207.67 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\sigma_d = N_d / A + M_d / W$
 $M_d = 70.4 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$
 $N_d = 3.7 \text{ kN}/\text{m}$
 $\sigma_d = 13.79 \text{ kN}/\text{cm}^2$
 $\sigma_r = 21.82 \text{ kN}/\text{cm}^2$
 $\tau = (Q_d \cdot S \cdot \sin(\alpha) \cdot b) / (I \cdot s)$

$Q_d = 55.1 \text{ kN}/\text{m}$
 $\tau_d = 1.79 \text{ kN}/\text{cm}^2$
 $\tau_r = 12.60 \text{ kN}/\text{cm}^2$
 $\sigma_{v,d} = 13.80 \text{ kN}/\text{cm}^2$
 (bei: $t = 71.10 \text{ m}$)
 $M_d = 70.4 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$
 $Q_d = 3.5 \text{ kN}/\text{m} / N_d = 4.6 \text{ kN}/\text{m}$

$\sigma_{v,r} = 24.00 \text{ kN}/\text{cm}^2$

Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	ϕ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/ϕ aktiv	δ/ϕ passiv	k [m/s] links	k [m/s] rechts	Bezeichnung
(Green)	17.0	9.0	25.0	0.0	0.0	0.667	-0.300	$1.0 \cdot 10^{-8}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Aueschluff
(Dark Green)	19.0	9.0	27.5	0.0	0.0	0.667	-0.300	$5.0 \cdot 10^{-7}$	$5.0 \cdot 10^{-7}$	Beckenschluff
(Orange)	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	0.667	-0.667	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Talsand



Friedersdorf
 Spundwand
 Larssen 602
 Berechnungsgrundlagen:
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $K_{ah} [-] = 0.200$
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011

Erf. Profillänge = 8.96 m
 Erf. Einbindetiefe = 4.26 m
 $\gamma_G = 1.15$
 $\gamma_Q = 1.20$
 $\gamma_{Ep} = 1.25$
 Wasserdruck mit Stromröhre
 Hydr. Gradient (Passivseite) für Erddruck

mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.50$

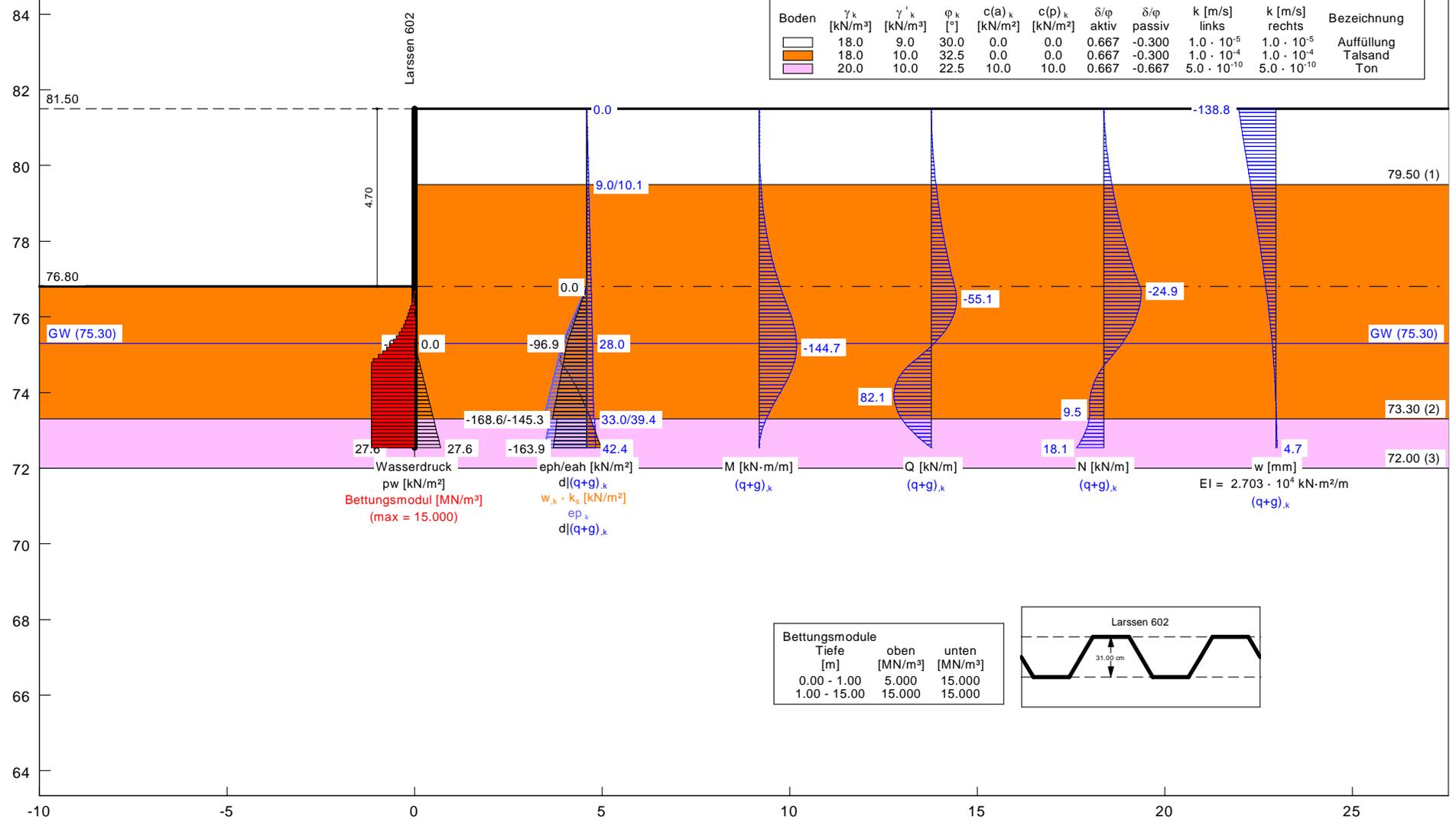
Bemessungswerte:
 gewählt: Larssen 602
 $E = 21000.00 \text{ kN/cm}^2$
 $I = 12870.00 \text{ cm}^4/\text{m}$
 $h = 31.00 \text{ cm}$
 $b = 60.00 \text{ cm}$
 $A = 113.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

$S \cdot \sin(\alpha)/s = 407.04 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $\sigma_d = N_d / A + M_d / W$
 $M_d = 166.4 \text{ kN-m/m}$
 $N_d = 11.7 \text{ kN/m}$
 $\sigma_d = 20.14 \text{ kN/cm}^2$
 $\sigma_r = 21.82 \text{ kN/cm}^2$
 $\tau = (Q_d \cdot S \cdot \sin(\alpha) \cdot b) / (I \cdot s)$

$Q_d = 94.4 \text{ kN/m}$
 $\tau_d = 1.79 \text{ kN/cm}^2$
 $\tau_r = 12.60 \text{ kN/cm}^2$
 $\sigma_{v,d} = 20.16 \text{ kN/cm}^2$
 (bei: $t = 75.30 \text{ m}$)
 $M_d = 166.2 \text{ kN-m/m}$
 $Q_d = 16.1 \text{ kN/m} / N_d = 15.9 \text{ kN/m}$

$\sigma_{v,r} = 24.00 \text{ kN/cm}^2$

Boden	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	δ/ϕ aktiv	δ/ϕ passiv	k [m/s] links	k [m/s] rechts	Bezeichnung
	18.0	9.0	30.0	0.0	0.0	0.667	-0.300	$1.0 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$	Auffüllung
	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	0.667	-0.300	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$1.0 \cdot 10^{-4}$	Talsand
	20.0	10.0	22.5	10.0	10.0	0.667	-0.667	$5.0 \cdot 10^{-10}$	$5.0 \cdot 10^{-10}$	Ton



Wasserdruck
 pw [kN/m²]
 Bettungsmodul [MN/m³]
 (max = 15.000)

e_{ph}/e_{ah} [kN/m²]
 $d[(q+g)_k]$
 $w_k \cdot k_s$ [kN/m²]
 e_{p_s}
 $d[(q+g)_k]$

Bettungsmodule

Tiefe [m]	oben [MN/m ³]	unten [MN/m ³]
0.00 - 1.00	5.000	15.000
1.00 - 15.00	15.000	15.000

