



Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH

GGU mbH • In den Ungleichen 3 • 39171 Osterweddingen

Vierte Garbe Immobilien GmbH

über
Horn & Müller
Ingenieurgesellschaft mbH
Herr Müller
Arkonastraße 45 – 49
13189 Berlin

Magdeburg

Telefon +49 (0)39205/4538-0
Telefax +49 (0)39205/4538-11
www.ggu.de
post-md@ggu.de

Baugrund
Grundwasser
Umwelttechnik / Altlasten
Damm- und Deichbau
Straßen- und Erdbau
Spezialtiefbau
Deponiebau
Kunststofftechnik
Software-Entwicklung

**Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen,
Bauabschnitte BA 1 und BA 2**
Geotechnischer Bericht
Endfassung

02.02.2021

Baugrunderkundung
Feldmesstechnik
Prüflabore für Boden
Prüflabor für Kunststoff
Inspektionsstelle

Braunschweig
Magdeburg
Ohringen
Schwerin

Bericht: 5004.2 / 19

Verteiler: Vierte Garbe Immobilien GmbH

1-fach

Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin

1-fach

Bearbeiter: Dipl.-Ing. B. Kröber

M.Eng. R. Slotta

Beratende Ingenieure VBI,
BDB, DWA, DGGT, ITVA, BWK
Sachverständige für
Erd- und Grundbau
Vereidigte Sachverständige
Amtsgericht Braunschweig
HRB 9354
Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Johann Buß,
Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Peter Grubert, M.Sc.,
Dr.-Ing. Carl Stoewahse
Dipl.-Ing. Birk Kröber
Dipl.-Ing. Axel Seilkopf

Ausfertigung:

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Unterlagen	6
3	Bauvorhaben.....	7
4	Auswertung vorhandener Unterlagen	10
4.1	Geologische Verhältnisse.....	10
4.2	Hydrogeologische Verhältnisse	10
5	Untersuchungen.....	11
5.1	Erkundung.....	11
5.2	Untergrund	12
5.3	Grundwasser.....	19
5.4	Homogenbereiche.....	21
5.5	Bodenkennwerte	22
6	Hydrogeologische Bewertung.....	24
6.1	Grundwasserfließrichtung	24
6.2	Fließgeschwindigkeit	24
6.3	Prognose von Bemessungswasserständen.....	25
6.4	Vorschlag Grundwassermonitoring.....	27
7	Grundbautechnische Bewertung	28
7.1	Boden als Baugrund.....	28
7.2	Boden als Baustoff	29
8	Grundbautechnische Berechnungen, Setzungen	31
8.1	Allgemeines	31
8.2	Bodenkennwerte	31
8.3	Auflasten	33
8.4	Ergebnisse	35
9	Grundbautechnische Berechnungen, Tragsicherheit.....	40
9.1	Allgemeines	40
9.2	Geometrie	41
9.3	Einwirkungen	41
9.4	Scherparameter mineralischer Baustoffe.....	43

9.5	Reibungsparameter Boden / Geokunststoffe.....	46
9.6	Zusammenstellung Scher-/Reibungsparameter.....	49
9.7	Definition der Modelle.....	50
9.8	Ergebnisse	50
9.9	Bewertung.....	51

Abbildungen

Abbildung 1:	Geplanter Aufbau der Abdichtungen	8
Abbildung 2:	Körnungsband quartäre Sande (Schicht 2)	14
Abbildung 3:	Körnungsband Geschiebemergel (Schicht 3)	16
Abbildung 4:	Auswertung von Drucksondierungen.....	18
Abbildung 5:	Schnitt durch den Sammler 3 (Achse C)	33

Tabellen

Tabelle 1:	Baugrundaufschlüsse.....	11
Tabelle 2:	Korngrößenverteilungen Sande (Schicht 2).....	14
Tabelle 3:	Wasserdurchlässigkeiten Sande (Schicht 2)	15
Tabelle 4:	Laborergebnisse Sande (Schicht 2)	15
Tabelle 5:	Korngrößenverteilungen Geschiebemergel (Schicht 3)	16
Tabelle 6:	Zustandsgrenzen Geschiebemergel (Schicht 3).....	17
Tabelle 7:	Laborergebnisse Geschiebemergel (Schicht 3).....	17
Tabelle 8:	Grundwasserstände während der Baugrunderkundung	19
Tabelle 9:	Grundwasserstände, Stichtagsmessungen 17.07 und 03.12.2019 ...	20
Tabelle 10:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09, Lösen und Laden	21
Tabelle 11:	Stammdaten GMWS MKZ 31400820	25
Tabelle 12:	Grundwasserstände am Stichtag 17.07.2019.....	26
Tabelle 13:	Bemessungswasserstände	26
Tabelle 14:	Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen	32
Tabelle 15:	Ablagerungshöhen und Auflasten, Sammler 3	33
Tabelle 16:	Auswertung Setzungen Abschnitt 1, Sammler 1 bis 6	36
Tabelle 17:	Auswertung Setzungen Abschnitt 2, Sammler 1 bis 6	37
Tabelle 18:	Auswertung Setzungen Abschnitt 3, Sammler 1 bis 7	38
Tabelle 19:	Auswertung Setzungen Abschnitt 4, Sammler 1 bis 7	38
Tabelle 20:	Charakteristische Kennwerte, Tragsicherheitsnachweis.....	49
Tabelle 21:	Nachweis der Gleitsicherheit, Ergebnisse	50

Anlagen

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2	Bodenprofile
Anlage 3	Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen
Anlage 4	Fotodokumentation der Baggerschürfe
Anlage 5	Schnitte durch den Baugrund
Anlage 6	Grundwassergleichenplan
Anlage 7	Ergebnisse der Setzungsberechnungen
Anlage 8	Ergebnisse der Tragsicherheitsnachweise
Anlage 9	Homogenbereiche

1 Einleitung

Die Vierte Garbe Immobilien GmbH, Berlin, (nachfolgend Auftraggeber) betreibt am Standort Holzhausen einen Kiessandtagebau. In dem ausgebeuteten Kiestagebau soll nachfolgend eine Deponie der Klasse DK I errichtet werden. Die erforderlichen Planungen werden durch die Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin (nachfolgend Planer) erstellt.

Im Zuge der Planungen waren geotechnische Sachverhalte wie folgt zu bearbeiten:

- Erstellung eines Baugrundgutachtens
- Vorschläge für Homogenbereiche nach VOB/C
- Aufstellen von Setzungsberechnungen für den geplanten Deponiekörper
- Nachweis der Leistung geplanter Anlagen zur Versickerung von Sickerwasser
- Nachweis der Gleitsicherheit der Basisabdichtung einer DK I-Deponie mit und ohne Aufstau in der Entwässerungsschicht
- Nachweis der Gleitsicherheit der Oberflächenabdichtung einer DK I-Deponie mit und ohne Aufstau in der Entwässerungsschicht

Die GGU mbH wurde vom Auftraggeber mit den erforderlichen Leistungen beauftragt. Hierzu wurden im Zeitraum März bis Juli 2019 Baugrunderkundungen und nachfolgend bodenmechanische Laboruntersuchungen ausgeführt. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse für die Bauabschnitte BA 1 und BA 2 mitgeteilt und bewertet.

2 **Unterlagen**

Für die Bearbeitung wurden folgende Unterlagen hinzugezogen:

- [1] Errichtung einer Deponie der Deponieklasse I am Standort Kiessandtagebau Holzhausen; Konzeptstudie; Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin; 29.05.2018
- [2] Ergebnisbericht Nacherkundung der Lagerstätte Holzhausen Juni bis Juli 2018; Fugro Germany Land GmbH, Berlin; 05.08.2018
- [3] Auswertung und Einarbeitung der Nacherkundungsergebnisse 2018 zum Vorhaben Holzhausen; Vorrats- und Qualitätseinschätzung; Fugro Germany Land GmbH, Berlin; 06.08.2018
- [4] Geplante DK I-Deponie Holzhausen (Landkreis Ostprignitz-Ruppin); Bewertung der Scoping-Tischvorlage vom 29.05.2018 (Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH und Fugmann Janotta Partner) bezüglich Geologischer/Technischer Barriere, Grundwasserflurabstand und Versickerungsbecken; Aktenvermerkt des LfU – Landesamt für Umweltschutz Brandenburg; 17.08.2018
- [5] Errichtung einer DK I Deponie am Standort Kiessandtagebau Holzhausen; Auszüge aus der Vorplanung; Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin; November 2018

3 Bauvorhaben

Die Planungen sehen die Errichtung einer DK I-Deponie auf einer Fläche von etwa 17,9 ha vor. Diese Fläche wird in 2 Bauabschnitten errichtet werden. Die Bauabschnitte BA 1 und BA 2 liegen mit Ausnahme der Nordost-Ecke im bereits ausgekiesten Bereich des Kiestage-baus. Hierzu ist sowohl ein Auf- als auch ein Abtrag erforderlich.

Die gesamte Fläche erhält nach [5] eine Basisabdichtung mit folgendem Aufbau (von oben nach unten):

- Frostschutzschicht, Dicke = 20 cm
- BAM-zugelassenes Trennvlies
- mineralische Entwässerungsschicht, Dicke = 50 cm
- Trennvlies
- Sandschutzschicht, Dicke = 10 cm
- Kunststoffdichtungsbahn, Dicke = 2,5 mm
- technische Barriere, Dicke = 100 cm
- Umprofilierung, Dicke nach Erfordernis

Im Bereich der Böschungen wird die Basisabdichtung abweichend wie folgt aufgebaut (von oben nach unten):

- Frostschutzschicht, Dicke = 45 cm
- BAM-zugelassenes Trennvlies
- mineralische Entwässerungsschicht, Dicke = 35 cm
- Sandmatte
- Kunststoffdichtungsbahn, Dicke = 2,5 mm
- geologische/technische Barriere, Dicke = 100 cm
- Umprofilierung, Dicke nach Erfordernis

Nach Abschluss der Einlagerung soll der Deponiekörper mit einer Oberflächenabdichtung versehen werden. Diese wird gemäß [5] wie folgt aufgebaut (von oben nach unten):

- Rekultivierungsschicht, Dicke = 100 cm
- BAM-zugelassenes Trenn-/Filtervlies
- mineralische Entwässerungsschicht, Dicke = 30 cm
- BAM-zugelassenes Schutzvlies
- Kunststoffdichtungsbahn, Dicke = 2,5 mm
- Ausgleichsschicht, Dicke = 30 cm

Die geplanten Aufbauten sind nachfolgend dargestellt:

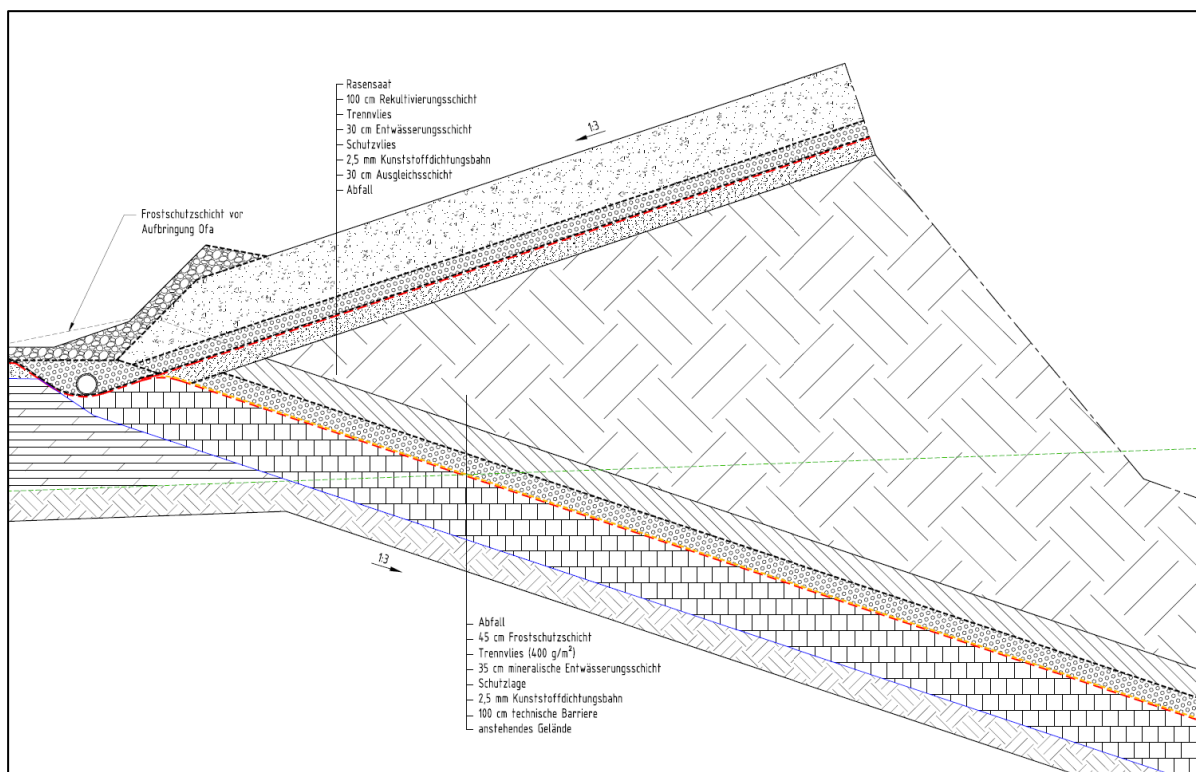


Abbildung 1: Geplanter Aufbau der Abdichtungen

Nach den aktuellen Planungen weist die Unterkante der geologischen Barriere im Tiefpunkt etwa eine Höhe von 39,91 mNHN auf. In diesem Tiefpunkt erfolgt die Fassung des in der mineralischen Entwässerungsschicht anfallenden Dränwassers in Schächten. Aus diesen wird das Sickerwasser mittels Druckleitung in ein südöstlich angrenzendes Sickerwasserspeicherbecken geleitet.

In der Oberflächenentwässerung anfallendes Sickerwasser wird gefasst und ebenfalls in das südöstlich geplante Versickerungsbecken geleitet.

4 Auswertung vorhandener Unterlagen

4.1 Geologische Verhältnisse

Nach [1] bis [3] liegt der Standort im Randbereich einer weichseleiszeitlichen Hochflächeninsel, die von lokalen saalekaltzeitlichen Sanden und kiesigen Sanden durchstoßen wird. Dementsprechend stehen oberflächennahen überwiegend abbauwürdige Sande und Kiese an.

Lokal weisen diese Ablagerungen größere Einschaltungen von eiszeitlichem Geschiebemergel auf. Diese stellen sich in der Regel als Sand-Ton-Gemische mit kiesigen Beimengungen sowie typischen Geschieben dar.

4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Nach [1] bis [3] werden die hydrogeologischen Verhältnisse am Standort maßgeblich von den großräumig anstehenden Sanden und Kiesen bestimmt. Diese stellen einen guten Grundwasserleiter dar.

Ein Grundwassergeringleiter als stauende Schicht ist in – für die Baumaßnahme relevanten Tiefenbereiche – nicht flächig ausgebildet. Der lokal anstehende Geschiebemergel ist als Grundwassergeringleiter einzustufen, welcher jedoch nicht flächig ansteht. Im Bereich dieser Geschiebemergelinschlüsse wird Schichtwasser oder auch schwebendes Grundwasser erwartet.

Nach [1] ist großräumig von einer Grundwasserfließrichtung nach Südsüdost auszugehen.

Maßgeblich für die geplante Baumaßnahme ist der in den oberflächennah anstehenden Sanden und Kiesen ausgebildete erste Grundwasserleiter. Dieser ist nicht durch grundwasserhemmende Schichten abgedeckt, sodass eine Grundwasserneubildung durch Niederschlag erfolgt.

Ein nennenswerter Einfluss durch größere Vorfluter ist am Standort nicht gegeben. Unmittelbar östlich angrenzend zum Standort entwickelt sich jedoch eine ebene Tallage mit Geländehöhen von 42 mNHN im Westen und 35 mNHN im Osten, welche durch ein verzweigtes Grabensystem entwässert wird. Östlich angrenzend an diese Tallage verläuft von Süd nach Nord die Jäglitz als Vorfluter.

5 Untersuchungen

5.1 Erkundung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Zeitraum von März bis Juli 2019 insgesamt neun Trockendrehbohrungen, vier Kleinrammbohrungen sowie fünf Drucksondierungen abgeteuft. An den Kleinrammbohrungen BS 4 und BS 5 wurden zur Entnahme von ungestörten Sonderproben die Handschürfe Sch 4 und Sch 5 bis 1 m uGOK hergestellt. Zur Erkundung der Altablagerung im südöstlichen Bereich der Deponie wurden am 04.12.2019 insgesamt drei Baggerschürfe Sch 1 bis Sch 3 ausgeführt.

Die Trockendrehbohrungen sowie die Kleinrammbohrungen wurden einer Forderung aus [4] folgend als Grundwassermessstellen ausgebaut. Diese wurden im Urgelände um die geplante Deponie herum als auch in der Basis der geplanten Deponie errichtet. Die Pegel im Urgelände können sodann im Deponiebetrieb zur Grundwasserüberwachung verwendet werden.

Nachfolgend sind alle Aufschlüsse mit Tiefe und – wenn ausgeführt – dem Ausbau zur Grundwassermessstelle (GWMS) zusammengestellt:

Tabelle 1: Baugrundaufschlüsse

Bezeichnung	Lage	Geländehöhe [mNHN]	Tiefe [m uGOK]	Ausbau zur GMWS
B/GWMS 1	Urgelände	42,92	8,50	bis 8,00 m uGOK
B/GWMS 2	Urgelände	52,86	17,50	bis 17,00 m uGOK
B/GWMS 3	Urgelände	60,52	26,30	bis 24,30 m uGOK
B/GWMS 4	Urgelände	62,14	25,30	bis 25,00 m uGOK
B/GWMS 5	Urgelände	57,52	21,50	bis 7,20 m uGOK
B/GWMS 6	Urgelände	58,63	21,50	bis 21,40 m uGOK
B/GWMS 7	Urgelände	53,87	21,50	bis 15,30 m uGOK
B/GWMS 8	Urgelände	58,47	21,50	bis 21,40 m uGOK
B/GWMS 9	Urgelände	61,02	24,40	bis 21,40 m uGOK

Bezeichnung	Lage	Geländehöhe [mNNH]	Tiefe [m uGOK]	Ausbau zur GMWS
BS 1	Versickerungsbecken	43,20	6,00	--
BS 2	Versickerungsbecken	43,30	6,00	--
BS/GWMS 3	Sohle Kiestagebau	42,23	5,00	bis 3,27 m uGOK
BS/GWMS 4	Sohle Kiestagebau	41,73	5,00	bis 3,50 m uGOK
BS/GWMS 5	Sohle Kiestagebau	41,52	5,00	bis 3,50 m uGOK
BS/GWMS 6	Sohle Kiestagebau	41,65	5,00	bis 3,00 m uGOK
CPT 3	Sohle Kiestagebau	42,23	27,71	--
CPT 4	Sohle Kiestagebau	41,73	25,14	--
CPT 5	Sohle Kiestagebau	41,52	27,65	--
CPT 6	Sohle Kiestagebau	41,65	22,84	--
CPT 7	Sohle Kiestagebau	42,22	24,53	--

Die erkundeten Bodenschichten wurden vor Ort angesprochen und Proben für bodenmechanische Untersuchungen entnommen. Die Ansatzpunkte wurden der Lage und Höhe nach eingemessen.

Die Lage der Ansatzpunkte sind in Anlage 1 dargestellt. Die Ergebnisse der Felduntersuchungen sind im Bodenprofil (Anlage 2) enthalten. Die bodenmechanischen Laborergebnisse liegen in der Anlage 3 bei.

5.2 Untergrund

Das Urgelände wurde im Wesentlichen durch die Trockendrehbohrungen B 1 bis B 9 erkundet. Eine ausgeprägte

Vegetationsschicht bzw. Mutterboden (Schicht 0)

ist an den Standorten der Trockendrehbohrungen nicht vorhanden. Oberflächennah sind jedoch Bereiche mit einem leicht erhöhten Anteil an organischen Beimengungen vorhanden. In den Kleinrammbohrungen BS 1 und BS 2 wurde oberflächennah ein etwa 0,50 m mächtiger Mutterboden, bestehend aus schwach humosen Sanden, erkundet.

In der Bohrung B 1 sowie im Bereich der Anschüttung im Südosten der geplanten Basisabdichtung wurden oberflächennah

Auffüllungen (Schicht 1)

*als meist schluffige Sande
mit kiesigen Bestandteilen sowie
Asche- und Schlackeresten*

erschlossen, welche grau bis braun/schwarz gefärbt sind. Diese wurden in der Bohrung B 1 bis maximal 3,70 m uGOK aufgeschlossen. Vergleichbare Auffüllungen stehen in den Kleinrammbohrungen BS 1 und BS 2 unterhalb des hier anstehenden Mutterbodens an. Diese wurden in den genannten Kleinrammbohrungen bis maximal 3,30 m uGOK erkundet. In den Baggerschürfen Sch 1 bis Sch 3 wurden diese Auffüllungen bis zur maximalen Tiefe von 2,50 m uGOK nicht durchfahren.

In diesen Auffüllungen wurden zudem mineralischen Fremdbestandteile in Form von Beton- und Ziegelresten festgestellt. Der Anteil dieser Fremdbestandteile wurde zu < 10 Vol.-% abgeschätzt, sodass diese als Boden im Sinne der LAGA M 20 einzustufen sind. Bereiche mit einem erhöhten Anteil an mineralischen fremdbestandteilen sind nicht auszuschließen. Diese wären sodann als Bauschutt im Sinne der LAGA M 20 zu deklarieren.

Vereinzelte wurden in den Auffüllungen auch nicht-mineralische Fremdbestandteile festgestellt. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Kunststoffe. Der Anteil dieser nicht-mineralischen Fremdbestandteile wurde zu < 1 % abgeschätzt.

In allen anderen Aufschlüssen wurden diese Auffüllungen nicht angetroffen.

In der Regel stehen in den Baugrundaufschlüssen die erwarteten

eiszeitlichen Sande und Kiese (Schicht 2)

*meist als schwach kiesige Sande unterschiedlicher Körnungen
lokal auch als sandige Kiese
in mitteldichter bis dichter Lagerung*

an, welche braun/hellbraun bis gelbbraun gefärbt sind. Diese wurden mit Ausnahme der Bohrungen B 1, B 5 und B 7 bis zur jeweils erreichten Endteufe aufgeschlossen. Laboruntersuchungen an sieben Proben aus dieser Schicht ergaben folgendes:

Tabelle 2: Korngrößenverteilungen Sande (Schicht 2)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Verhältnis T+U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
B 1	4,80 – 8,20	0,2/92,76/7,2	mS, gS, g', fs'	fsa'csa*MSa	SE
B 2	15,30 – 16,70	0,6/33,1/66,4	G, gs, ms'	msa'csaGr	GI
B 3	3,80 – 20,50	1,3/98,6/0,1	mS, fs, gs'	csa'fsaMSa	SE
B 4	0,00 – 12,60	0,9/99,0/0,1	mS, fs', gs'	fsa'csa*MSa	SE
B 5	0,30 – 5,90	11,3/85,4/3,3	mS, fs*, u', gs'	csa'csi'fsa*MSa	SU
B 7	11,70 – 14,70	2,3/97,6/0,1	fS, mS	MSa/FSa	SE
B 9	9,70 – 12,70	2,3/95,6/2,1	gS, ms*, fs'	fsa'MSa/CSa	SE

Das Körnungsband der quartären Sande kann nach Auswertung der Ergebnisse wie folgt dargestellt werden:

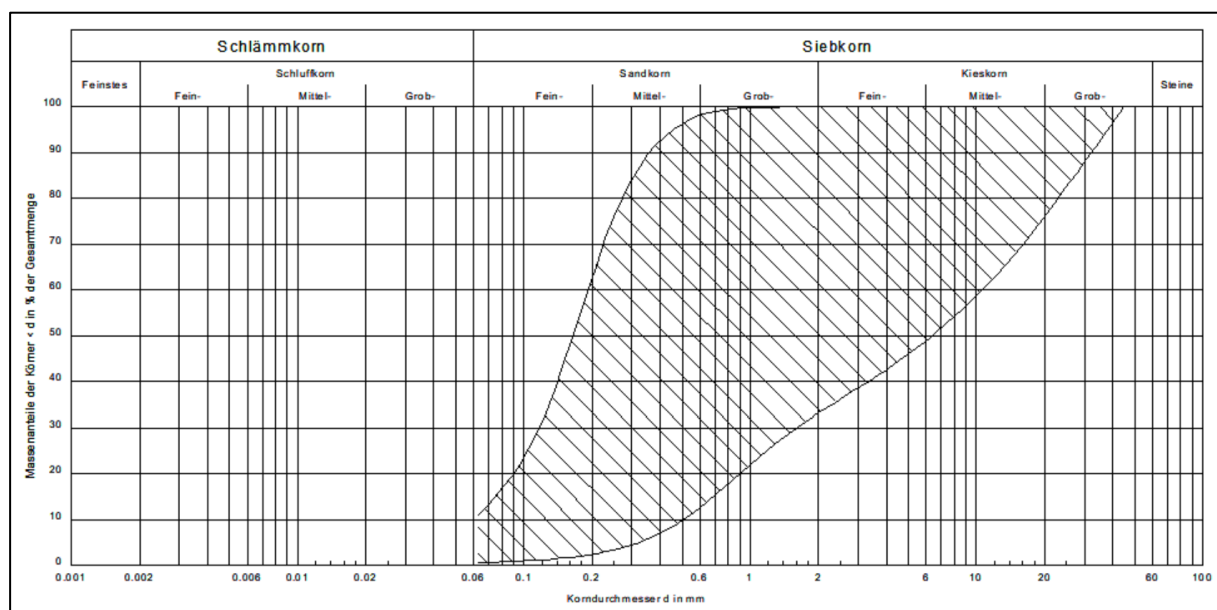


Abbildung 2: Körnungsband quartäre Sande (Schicht 2)

Aus den Korngrößenverteilungen wurden rechnerisch nach HAZEN die zu erwartenden Wasserdurchlässigkeiten wie folgt abgeleitet:

Tabelle 3: Wasserdurchlässigkeiten Sande (Schicht 2)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Bodenart [DIN 4022]	Wasserdurchlässigkeit k_f [m/s]
B 1	4,80 – 8,20	mS, gS, g', fs'	$2,5 \cdot 10^{-4}$
B 2	15,30 – 16,70	G, gs, ms'	$2,7 \cdot 10^{-3}$
B 3	3,80 – 20,50	mS, fs, gs'	$7,2 \cdot 10^{-5}$
B 4	0,00 – 12,60	mS, fs', gs'	$1,6 \cdot 10^{-4}$
B 5	0,30 – 5,90	mS, fs*, u', gs'	$1,5 \cdot 10^{-5}$
B 7	11,70 – 14,70	fS, mS	$3,8 \cdot 10^{-5}$
B 9	9,70 – 12,70	gS, ms*, fs'	$2,4 \cdot 10^{-4}$

Damit ergeben sich Wasserdurchlässigkeiten von $k_f = 2,7 \cdot 10^{-3}$ bis $1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s bei einem Mittelwert von $k_f = 4,9 \cdot 10^{-4}$ m/s. Diese Wasserdurchlässigkeiten entsprechen dem Erwartungsbereich für die anstehenden Sande.

Aus den Schürfen Sch 4 und Sch 5 wurden ungestörte Sonderproben zur Bestimmung der Wichte, der Scherparameter sowie der Zusammendrückbarkeit entnommen. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt:

Tabelle 4: Laborergebnisse Sande (Schicht 2)

Parameter	Einheit	Schurf 4	Schurf 5
Feuchtdichte	g/cm ³	1,813	1,814
Wassergehalt	%	8,38	6,73
Trockendichte	g/cm ³	1,673	1,700
Reibungswinkel	°	36,6	nicht bestimmt
Steifemoduli	MN/m ²	26,3 bis 72,7	nicht bestimmt

Die Sande wurden in den Bohrungen B 2 bis B 4, B 6 sowie B 8 und B 9 nicht durchfahren. In den Bohrungen B 1, B 5 sowie B 7 wurde neben den beschriebenen Sanden auch

Geschiebemergel (Schicht 3)

als leicht plastischer Ton

mit sandigen sowie schluffigen Beimengungen

in steifer bis halbfester Konsistenz

erkundet, welcher grau bis braun gefärbt ist. Der Geschiebemergel wurde in der Bohrung B 1 bis zur Endteufe von 8,50 m uGOK und in der Bohrung B 5 bis zur Endteufe von 21,50 m uGOK erkundet. In der Bohrung B 7 steht der Geschiebemergel zwischen 14,70 und 17,00 m uGOK als Einlagerung in den erschlossenen Sanden an.

Laboruntersuchungen an drei Proben aus dieser Schicht ergaben folgendes:

Tabelle 5: Korngrößenverteilungen Geschiebemergel (Schicht 3)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Verhältnis T/U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
B 1	8,20 – 8,50	15,9/45,0/38,3/0,9	U, t, fs, ms'	msa'clfsaSi	TL
B 5	6,80 – 11,50	16,7/26,2/50,7/6,4	S, t, u, g'	msi'fsi'csi'clSa	ST*/TL
B 5	11,50 – 21,50	17,7/25,2/53,0/4,1	S, t, u	msi'csi'fsi'clSa	ST*/TL

Das Körnungsband kann für den Geschiebemergel nach Auswertung der Ergebnisse wie folgt dargestellt werden:

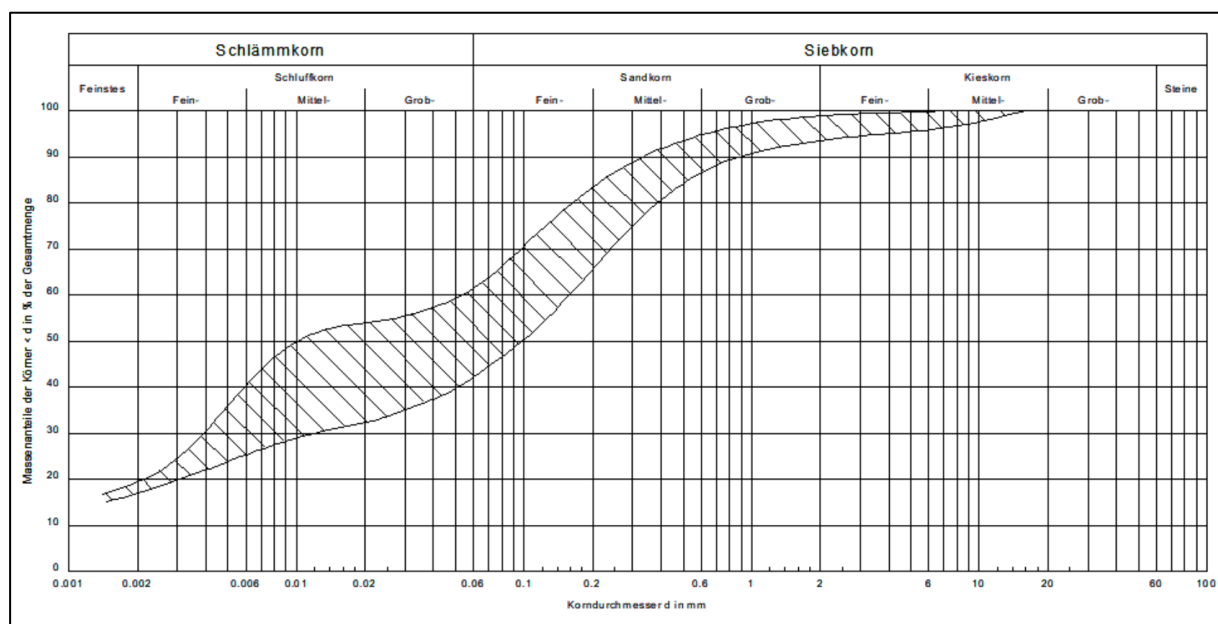


Abbildung 3: Körnungsband Geschiebemergel (Schicht 3)

Zur gesicherten Bestimmung der Konsistenz wurden ergänzend an drei Proben die Zustandsgrenzen nach ATTERBERG bestimmt. Nachfolgend sind die Ergebnisse tabellarisch zusammengefasst:

Tabelle 6: Zustandsgrenzen Geschiebemergel (Schicht 3)

Aufschluss	Tiefe [m uGOK]	Wasser-gehalt w [%]	Fließgrenze w _L [%]	Ausrollgrenze w _P [%]	Plastizitätszahl I _P [%]	Konsistenzzahl I _c
B 1	8,20 – 8,50	15,1	24,2	12,5	11,7	0,78
B 5	6,80 – 11,50	8,8	19,1	9,4	9,7	1,07
B 5	11,50 – 21,50	9,1	17,9	7,6	10,3	0,86

Aus der Bohrung B 5 wurden ungestörte Sonderproben zur Bestimmung der Wichte, der Scherparameter sowie der Zusammendrückbarkeit entnommen. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt:

Tabelle 7: Laborergebnisse Geschiebemergel (Schicht 3)

Parameter	Einheit	Bohrung B 5	Bohrung B 5
Tiefe	m uGOK	9,00 – 9,30	14,00 – 14,30
Feuchtdichte	g/cm ³	2,053	2,107
Wassergehalt	%	8,78	9,08
Trockendichte	g/cm ³	1,887	1,932
Reibungswinkel	°	28,9	nicht bestimmt
Kohäsion	kN/m ²	12,8	nicht bestimmt
Steifemoduli	MN/m ²	31,7 bis 36,4	nicht bestimmt

Zur Erkundung des tiefen Untergrundes im Bereich der geplanten Basisabdichtung wurden die Drucksondierungen CPT 3 bis CPT 7 ausgeführt. Diese schließen als indirektes Aufschlussverfahren den tieferen Baugrund bis maximal 27,70 m unter der derzeitigen Tagebau-
sohle auf. Die Ergebnisse der Drucksondierungen sind in den Anlagen 2.11 bis 2.15 dargestellt.

Bei der Ausführung von Drucksondierungen erfolgt tiefenabhängig die gesonderte Messung von Spitzendruck und Mantelreibung. Aus dem Spitzendruck kann auf die Lagerungsdichte oder die Konsistenzen der anstehenden Böden geschlossen werden. Aus dem Reibungsverhältnis aus Mantelreibung und Spitzendruck kann in Verbindung mit der Mantelreibung zudem auf die anstehenden Böden geschlossen werden. Die verwendeten Zusammenhänge sind in nachstehender Abbildung dargestellt:

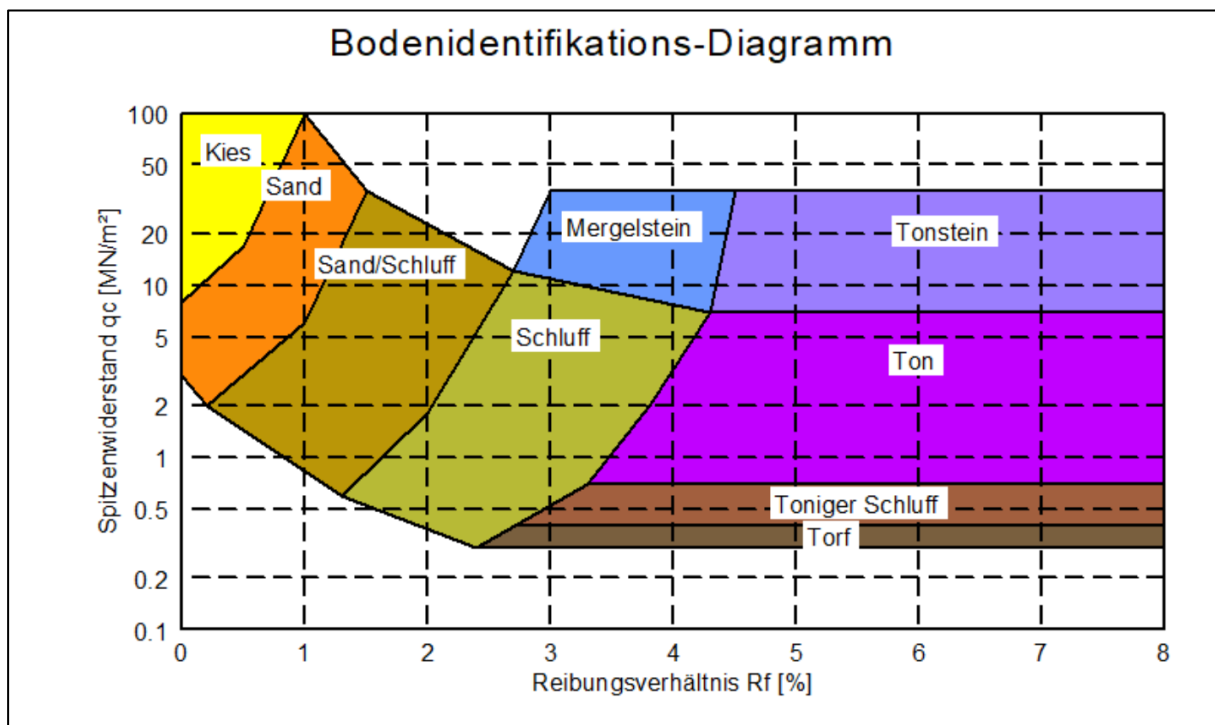


Abbildung 4: Auswertung von Drucksondierungen

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen stehen in der CPT 3 und der CPT 4 bis zur erreichten Endteufe ausschließlich Sande an, welche in der Regel mitteldicht bis dicht gelagert sind. Lediglich in der CPT 3 wurde in den oberen Bereichen eine lockere Lagerung nachgewiesen.

In der Drucksondierung CPT 5 wurde in diesen Sanden zwischen 22,50 und 24,00 m uGOK eine Einschaltung mit hohen Spitzendrücken und einer etwas geringeren Mantelreibung festgestellt, welche auf Geschiebemergel in halbfester bis fester Konsistenz hinweist. Vergleichbare Ablagerungen stehen in der CPT 6 ab etwa 13 m uGOK an.

5.3 Grundwasser

Grundwasser wurde im Rahmen der Baugrunderkundungen wie folgt angetroffen:

Tabelle 8: Grundwasserstände während der Baugrunderkundung

Aufschluss	Datum	Grundwasseranschnitt		Ruhewasserstand	
		m uGOK	mNHN	m uGOK	mNHN
B 1	01.03.2019	5,30	37,64	5,00	37,94
B 2	13.02.2019	14,30	38,56	14,15	38,71
B 3	15.02.2019	19,80	40,72	19,78	40,74
B 7	28.02.2019	10,14	43,73	10,01	43,86
B 8	21.02.2019	18,00	40,47	17,96	40,51
BS 1	03.12.2019	5,80	37,40	5,45	37,75
BS 2	03.12.2019	5,90	37,40	5,50	37,80
BS 3	17.07.2019	2,30	39,93	2,30	39,93
BS 4	17.07.2019	2,40	39,33	2,05	39,68
BS 5	17.07.2019	1,90	39,62	1,66	39,86
BS 6	01.04.2019	2,40	39,25	2,40	39,25

In den Bohrungen B 4 bis B 6 sowie in der Bohrung B 9 wurden während der Bohrarbeiten kein Grundwasser angetroffen.

Am 17.07. sowie am 03.12.2019 wurden in allen errichteten GWMS Stichtagsmessungen der Grundwasserstände ausgeführt. Folgende Ergebnisse wurden erhalten:

Tabelle 9: Grundwasserstände, Stichtagsmessungen 17.07 und 03.12.2019

Aufschluss	Stichtagsmessung 17.07.2019		Stichtagsmessung 03.12.2019	
	m uGOK	mNHN	m uGOK	mNHN
B 1	5,15	37,79	5,55	37,39
B 2	14,40	38,46	14,98	37,88
B 3	19,95	40,57	20,23	40,29
B 4	16,98	45,16	17,20	44,94
B 5	--	--	--	--
B 6	18,17	40,46	18,44	40,19
B 7	10,17	43,70	10,43	43,44
B 8	18,13	40,34	19,08	39,39
B 9	21,53	39,49	22,50	38,52
BS 3	1,57	40,66	1,80	40,43
BS 4	1,55	40,18	1,85	39,88
BS 5	1,16	40,36	1,39	40,13
BS 6	2,10	39,55	2,75	38,90

Die Grundwasserstände bilden einen geschlossenen Grundwasserleiter ab, welcher in den anstehenden Sanden großflächig ausgebildet ist. Diese stellen einen guten Grundwasserleiter mit einer hohen Ergiebigkeit dar.

Lokal kann sich im oder auf dem Geschiebemergel Schichtwasser oder schwebendes Grundwasser ausbilden. Derartige Verhältnisse können z.B. im Bereich der Bohrung B/GWMS 5 an der Oberkante des Geschiebemergels auftreten. Im Zuge der Stichtagsmessungen wurde in dieser GWMS kein Grundwasser eingemessen.

5.4 Homogenbereiche

Gemäß DIN 18300:2019-09 sind Boden und Fels entsprechend ihres Zustands vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Angaben von Boden- bzw. Felsschichten gemäß DIN 18300:2019-09 entfällt sodann.

Zur Festlegung von Homogenbereichen ist daher zwingend die Kenntnis der geplanten Bautechnologie sowie -geräte erforderlich. Diese liegt derzeit nicht vor. Zur vorläufigen Festlegung von Homogenbereichen wird daher die Verwendung von mittleren Baggern unterstellt.

Mit dieser Annahme können folgende Homogenbereiche gemäß DIN 18300:2019-09 eingeteilt werden:

Tabelle 10: Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09, Lösen und Laden

Schicht	Benennung	Homogenbereich	Beschreibung
Schicht 1	Auffüllungen	HB I	leicht lösbar
Schicht 2	Sande		
Schicht 3	Geschiebemergel	HB II	mittelschwer lösbar

Für abweichende Bautechnologien und -verfahren sind ergänzende Einteilungen in entsprechende Homogenbereiche erforderlich. Diese sind mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen.

Kennwerte für die vorgeschlagenen Homogenbereiche sind in der Anlage 9 enthalten.

5.5 Bodenkennwerte

Die für die Baumaßnahme relevanten Böden werden nach der

DIN 18 196	Erdbau, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18 300	Erdarbeiten, Allgemeine technische Vorschriften für Bauleistungen
DIN 1055, T2	Lastannahmen für Bauten, Bodenkenngrößen
EAU 1996	Empfehlungen des Arbeitskreises Ufereinfassungen
ZTVE-StB 09	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen Erdarbeiten im Straßenbau

sowie den durchgeführten Laboruntersuchungen wie folgt klassifiziert:

Schicht 1	Auffüllungen	
Bodengruppe nach DIN 18 196	[SU]	(schluffige Sande, aufgefüllt)
	[SU*]	(stark schluffige Sande, aufgefüllt)
Bodenklasse nach DIN 18 300:2012-09		
nur informativ	3/4	(leicht bis mittelschwer lösbar)
Bodenart nach ATV A 127	G2/3	
Frostempfindlichkeit	F2/3	(gering bis frostempfindlich)
Wichte	γ_k	= 19,0/11,0 kN/m ³
Reibungswinkel	φ_k'	= 30,0°
Kohäsion	c_k'	= 2,0 bis 5,0 kN/m ²
Kohäsion, undränert	c_u	= 0,0 kN/m ²
Steifemodul	E_s	= 10,0 bis 40,0 MN/m ²
Durchlässigkeit	k_f	$\approx 10^{-5}$ bis 10^{-6} m/s

Schicht 2

Bodengruppe nach DIN 18 196
untergeordnet

Bodenklasse nach DIN 18 300:2012-09
nur informativ

Bodenart nach ATV A 127

Frostempfindlichkeit

Wichte

Reibungswinkel

Kohäsion

Kohäsion, undränert

Steifemodul

Durchlässigkeit

Sande

SE (enggestufte Sande)

SU (schluffige Sande)

3 (leicht lösbar)

G1/2

F1/2 (nicht bis gering frostempfindlich)

γ_k = 18,0/10,0 kN/m³

φ_k' = 35,0°

c_k' = 0,0 kN/m²

c_u = 0,0 kN/m²

E_s = 20,0 bis 80,0 MN/m²

k_f $\approx$ 10⁻³ bis 10⁻⁵ m/s

Schicht 3

Bodengruppe nach DIN 18 196

Bodenklasse nach DIN 18 300:2012-09
nur informativ

Bodengruppe nach ATV A 127

Frostempfindlichkeit

Wichte

Reibungswinkel

Kohäsion

Kohäsion, undränert

Steifemodul

Durchlässigkeit

Geschiebemergel

TL (leicht plastische Tone)

ST* (Sand-Ton-Gemische)

4 (mittelschwer lösbar)

G4

F3 (stark frostempfindlich)

γ_k = 20,0/10,0 kN/m³

φ_k' = 27,0°

c_k' = 5,0 bis 10,0 kN/m²

c_u = 40,0 bis 80,0 kN/m²

$cal E_s$ = 20,0 bis 40,0 MN/m²

k_f = 10⁻⁸ bis 10⁻⁹ m/s

6 Hydrogeologische Bewertung

6.1 Grundwasserfließrichtung

Ausschließlich auf der Grundlage der in Tabelle 9 aufgeführten Stichtagsmessung vom 17.07.2019 wurde ein Grundwassergleichenplan konstruiert. Die Lage der hierzu verwendeten GWMS sowie der sich ergebende Grundwassergleichenplan ist in der Anlage 6.1 dargestellt. Es ergibt sich eine Grundwasserfließrichtung in Richtung Südostost. Die Ergebnisse korrelieren gut mit den aus [2] vorliegenden Ergebnissen.

6.2 Fließgeschwindigkeit

Die Fließgeschwindigkeit kann näherungsweise nach BEYER wie folgt ermittelt werden:

$$v = k * I$$

mit v = Fließgeschwindigkeit [ms⁻¹]
 k = Wasserdurchlässigkeit
 I = hydraulischer Gradient als Quotient aus der den Wasserständen und der Entfernung zwei GWMS

Der hydraulische Gradient I ergibt sich zwischen den GWMS 4 und GWMS 1 etwa wie folgt:

$$I = \frac{\Delta h}{L} = \frac{7,37m}{850m} = 0,009$$

Dieser entspricht dem Erwartungsbereich. Die Wasserdurchlässigkeit im ersten Grundwasserleiter wurde aus den Laboruntersuchungen zu $k_f = 2,7 \cdot 10^{-3}$ bis $1,5 \cdot 10^{-5}$ m/s bei einem Mittelwert von $k_f = 4,9 \cdot 10^{-4}$ m/s abgeleitet. Damit ergibt sich eine theoretische Fließgeschwindigkeit von

$$v = k * I = 4,9 * 10^{-4} * 9,0 * 10^{-3} = 4,4 * 10^{-6} \text{ m/s}$$

6.3 Prognose von Bemessungswasserständen

Gesicherte Prognosen zu Bemessungswasserständen liegen nicht vor. Dementsprechend wurden auf der Grundlage der Stichtagsmessung und auf der Grundlage von Analogiebeurteilungen Bemessungswasserstände prognostiziert.

Grundlage der Prognose waren neben der Stichtagsmessung die Stammdaten der Grundwassermessstelle MKZ 31400820 des Landesamtes für Umweltschutz. Die Lage der GWMS ist in der Anlage 6.1 dargestellt. die Ganglinie der GWMS liegt in der Anlage 6.2 bei. Von der GWMS liegen Stammdaten wie folgt vor:

Tabelle 11: Stammdaten GMWS MKZ 31400820

Parameter	Einheit	Wert
Beobachtungszeitraum		ab 01.02.2005
Rohroberkante	mNHN	49,58
Geländeoberkante	mNHN	48,60
HW	mNHN	36,28
MW	mNHN	35,77
NW	mNHN	35,17
MHGW ₂₀₀₅₋₂₀₁₈	mNHN	35,90
Stand am 17.07.2019	mNHN	35,32
Stand am 03.12.2019	mNHN	35,18

Die vorliegende Messreihe der GMWS MKZ 31400820 wurde statistisch ausgewertet. Demnach ergibt sich bei Annahme einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $n = 0,01$ (1 x in 100 Jahren) ein möglicher HGW bei 36,50 mNHN und damit 0,22 m über dem bisher gemessenen höchsten Grundwasserstand. Diese Differenz wird als Sicherheitszuschlag für die weitere Prognose von Bemessungswasserständen verwendet.

Zur weiteren Prognose von Bemessungswasserständen wird die Stichtagsmessung am 17.07.2019 verwendet. Diese ergab folgende Grundwasserstände:

Tabelle 12: Grundwasserstände am Stichtag 17.07.2019

Aufschluss	Grundwasserstand 17.07.2019	
	m uGOK	mNHN
B 1	5,15	37,79
B 2	14,40	38,46
B 3	19,95	40,57
B 4	16,98	45,16
B 6	18,17	40,46
B 7	10,17	43,70
B 8	18,13	40,34
B 9	21,53	39,49
Hoha 1/18	17,63	44,56
Hoha 3/18	12,16	45,17
BS 3	1,57	40,66
BS 4	1,55	40,18
BS 5	1,16	40,36
BS 6	2,10	39,55
MKZ 31400820		35,32

Der Grundwasserstand in der GWMS MKZ 31400820 am 17.07.2019 liegt damit 0,96 m unter dem bisherigen HW und 0,58 m unter dem bisherigen MHGW. Diese Differenzen können zusammen mit dem in der statistischen Auswertung ermittelten Sicherheitszuschlag von 0,22 m den in den GWMS gemessenen aktuellen Grundwasserständen zugeschlagen werden. Damit ergeben sich folgende Bemessungswasserstände HGW und MHGW:

Tabelle 13: Bemessungswasserstände

Messstelle	Stand 17.07.2019 [mNHN]	Prognose HGW [mNHN]	Prognose MHGW [mNHN]
B 1	37,79	38,97	38,59
B 2	38,46	39,64	39,26
B 3	40,57	41,75	41,37
B 4	45,16	46,34	45,96
B 6	40,46	41,64	41,26
B 7	43,70	44,88	44,50
B 8	40,34	41,52	41,14
B 9	39,49	40,67	40,29

Messstelle	Stand 17.07.2019 [mNHN]	Prognose HGW [mNHN]	Prognose MHGW [mNHN]
Hoha 1/18	44,56	45,74	45,36
Hoha 3/18	45,17	46,35	45,97
BS 3	40,66	41,84	41,46
BS 4	40,18	41,36	40,98
BS 5	40,36	41,54	41,16
BS 6	39,55	40,73	40,35

6.4 Vorschlag Grundwassermonitoring

In der Planungsphase

In der Planungsphase werden zur Verifizierung der Prognosen ergänzende Stichtagsmessungen der in Tabelle 13 aufgeführten Bemessungswasserstände empfohlen. Hierzu werden alle 2 Monate Stichtagsmessungen über einen Zeitraum von mindestens 1 Jahr empfohlen.

In der Betriebsphase

Während des Betriebes der geplanten Deponie und während der Nachsorge ist ein Grundwassermonitoring zur Überwachung der Güte des Grundwassers erforderlich. Hierzu können die umlaufend um den Deponiekörper errichteten Grundwassermessstellen GWMS/B 1 bis GWMS/B 9 verwendet werden.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind diese ausreichend, sodass keine weiteren Messstellen errichtet werden müssen.

7 Grundbautechnische Bewertung

7.1 Boden als Baugrund

Auffüllungen (Schicht 1)

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundungen wurden in der Bohrung B/GWMS 1 sowie in den Kleinrammbohrungen BS 1 und BS 2 oberflächennah aufgefüllte Böden erkundet. Vergleichbare Auffüllungen wurden auch in den Baggerschürfen Sch 1 bis Sch 3 erschlossen. Hierbei handelt es sich vermutlich um eine Verfüllung der teilausgebeuteten Kiesgrube.

Nach den vorliegenden Ergebnissen werden diese Auffüllungen als ausreichend tragfähig eingeschätzt. Sie weisen im Vergleich zu den anstehenden Sanden jedoch eine höhere Verformbarkeit auf, welche in den aufzustellenden Setzungsberechnungen (siehe Abschnitt 8) berücksichtigt wurde.

Sande (Schicht 2)

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundungen werden in der Deponieaufstandsfläche der geplanten Deponie überwiegend die Sande (Schicht 2) anstehen. Diese sind ausreichend tragfähig. Setzungen werden gering sein und zudem während der Lasteintragung abklingen. Detaillierte Angaben zu möglichen Setzungen sind im Abschnitt 0 enthalten.

Lokal weisen die Sande Bereiche mit einem erhöhten Feinkornanteil auf. Diese Bereiche werden aus geotechnischer Sicht als unkritisch angesehen, da auch diese Bereiche ausreichend tragfähig sind. Werden derartige Bereiche in der Sohle festgestellt, sind diese im Zuge der baubegleitenden Begutachtung durch einen Sachverständigen ergänzend zu bewerten.

Geschiebemergel (Schicht 3)

Bereichsweise kann in der Deponieaufstandsfläche Geschiebemergel anstehen. Dieser ist ebenfalls als Baugrund geeignet. In diesen Bereichen werden größere Setzungen auftreten, welche dann über einen längeren Zeitraum verlaufen. Untergrundverbessernde Maßnahmen sind aus geotechnischer Sicht in diesen Böden jedoch nicht erforderlich.

Steht Geschiebemergel unmittelbar in der Aufstandsfläche der Basisabdichtung an, sind – insbesondere im Böschungsbereich der Basisabdichtung – Maßnahmen zur Fassung und Ableitung von im oder auf dem Geschiebemergel anstehenden Schichtwasser vorzusehen. Empfohlen wird der Einbau einer mineralischen Entwässerungsschicht, welche dieses Schichtwasser im Bereich der Böschungen fast und drucklos in die im Liegenden anstehenden Kiessande ableitet. Hierzu können die standorteigenen Kiessande verwendet werden. Die Mächtigkeit dieser Schicht wird zunächst zu $d \geq 0,50$ m vorgeschlagen. Derartige Verhältnisse können z.B. im Bereich der Bohrung B/GWMS 5 auftreten.

7.2 Boden als Baustoff

Im Zuge der Erstellung der Deponieaufstandsfläche sowie der Deponieböschungen kann Aushub aus allen Schichten anfallen.

Auffüllungen (Schicht 1)

Die anstehenden Auffüllungen (Schicht 1) sind als brauchbarer Erdbaustoff zu bezeichnen. Mit diesen können Geländeregulierungen unter der Basis ausgeführt werden. Hierzu sind die Auffüllungen lagenweise kontrolliert verdichtet einzubauen. Fremdbestandteile sind hierbei nach Möglichkeit zu separieren.

Zunächst wird eine Lagenmächtigkeit von $d \leq 0,30$ m empfohlen. Bei Nachweis ausreichender Verdichtung kann diese auf $d \leq 0,50$ m erhöht werden.

Der Nachweis ausreichender Tragfähigkeit kann in den Auffüllungen durch Tragfähigkeitsmessungen geführt werden. Als Anforderung wird eine Tragfähigkeit von $E_{VD} \geq 25$ MN/m² vorgeschlagen. Diese ist im Zuge eines Probeeinbaus zu verifizieren.

Sande (Schicht 2)

Die anstehenden Sande (Schicht 2) sind als guter Erdbaustoff zu bezeichnen. Mit diesen können Geländeregulierungen unter der Basis oder auch im Böschungsbereich ausgeführt werden. Hierzu sind die Sande lagenweise kontrolliert verdichtet einzubauen.

Zunächst wird eine Lagenmächtigkeit von $d \leq 0,30$ m empfohlen. Bei Nachweis ausreichender Verdichtung kann diese auf $d \leq 0,50$ m erhöht werden.

Die Sande sind auf Verdichtungsgrade von $D_{PR} \geq 98$ % zu verdichten.

Geschiebemergel (Schicht 3)

Der anstehende Geschiebemergel ist in seiner steifen bis halbfesten Konsistenz als brauchbarer Baustoff anzusehen. Von einer Verwendung als Baustoff für Geländeregulierungen unterhalb der Deponie wird aufgrund seiner Verformbarkeit abgeraten.

Aufgrund seiner geringen Wasserdurchlässigkeit ($k_f \approx 10^{-8}$ bis 10^{-9} m/s) kann der Geschiebemergel jedoch zur Errichtung von Abdichtungen von Entwässerungseinrichtungen verwendet werden. Eine Verwendung bei der Errichtung der Basisabdichtung ist jedoch nicht möglich.

8 Grundbautechnische Berechnungen, Setzungen

8.1 Allgemeines

Zur Abschätzung möglicher Setzungen wurden Setzungsberechnungen aufgestellt. Hierzu wurden die vorliegenden Unterlagen hinsichtlich des Untergrundes sowie die vorliegenden Planungen ausgewertet. Demnach ergibt sich ein einfaches Baugrundmodell, bestehend aus den Schichten:

- Schicht 0: Umprofilierung als Ausgleich zwischen GOK und Unterkante geologischer Barriere
- Schicht 1: Auffüllungen
- Schicht 2: eiszeitliche Sande und Kiese
- Schicht 3: Geschiebemergel

8.2 Bodenkennwerte

Für diese Baugrundsichtung sind Schichtgrenzen sowie bodenmechanische Kennwerte festzulegen. Hierzu wird auf folgende Unterlagen zurückgegriffen:

- Schicht 0: Unterkante aus Verschnitt Planung und Bestand
Bodenkennwerte entsprechend Abstimmung mit dem Planer.¹
- Schicht 1: Schichtgrenze entsprechend der eigenen Erkundungen und [3]
Bodenkennwerte entsprechend der eigenen Untersuchungen
- Schicht 2: Schichtgrenze entsprechend der eigenen Erkundungen und [3]
Bodenkennwerte entsprechend der eigenen Untersuchungen
- Schicht 3: Schichtgrenze entsprechend der eigenen Erkundungen und [3]
Bodenkennwerte entsprechend der eigenen Untersuchungen

¹ Annahme: Bauteil wird aus anstehenden Sanden erstellt.

Im Ergebnis der Auswertung der genannten Unterlagen wurden für die Schichten 0 bis 3 folgende Bodenkennwerte festgelegt:

Tabelle 14: Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen

Schicht	Wichten		Steifemodul E_s [MN/m ²]
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	
Deponat	20	10	--
Schicht 0 – Umprofilierung	18	10	60
Schicht 1 – Auffüllungen	19	11	20
Schicht 2 – Sande	18	10	60
Schicht 3 – Geschiebemergel	20	10	20

Mit diesen Rahmenbedingungen wurde das Untergrundmodell für die Setzungsberechnungen erstellt.

Dieses wurde mit der Planung verschnitten, sodass sich die aus der geplanten Höhe des Schüttkörpers ergebenden Auflasten ermittelt werden konnten. Hierbei wurde gemäß Tabelle 14 eine Wichte von 20 kN/m³ angesetzt. Die ermittelten Auflasten wurden sodann als Einwirkungen in das Untergrundmodell übernommen. Das somit erstellte Modell ist in der Anlage 7.1 dargestellt.

8.3 Auflasten

Der Untergrund wird durch die Auflasten aus dem Deponat sowie der Oberflächenabdichtung belastet. Zur Ermittlung der maßgebenden Auflasten wurden die vorliegenden Planunterlagen ausgewertet. Nachfolgend ist beispielhaft ein Schnitt durch den Sammler 3 dargestellt:

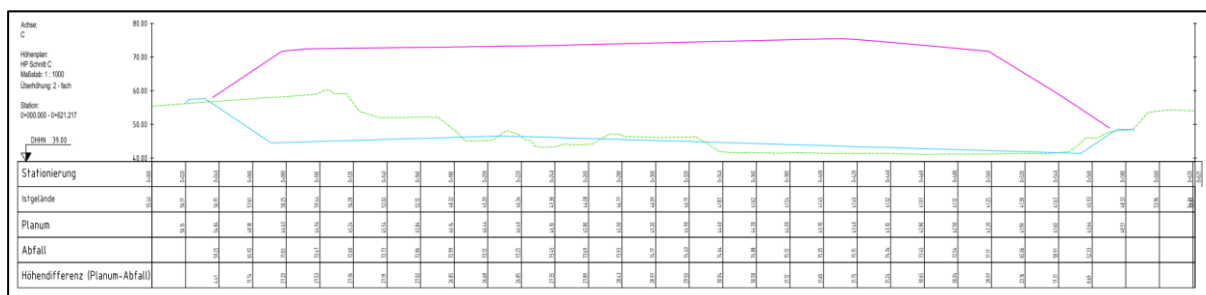


Abbildung 5: Schnitt durch den Sammler 3 (Achse C)

Aus den übergebenen Planunterlagen wurden die aus dem Deponiekörper resultierenden Auflasten ermittelt. Nachfolgend sind beispielhaft die Auflasten für den Schnitt durch den gezeigten Sammler 3 (Achse C) zusammengestellt.

Tabelle 15: Ablagerungshöhen und Auflasten, Sammler 3

Station	Planum [mNHN]	OK Abfall [mNHN]	OK OFA [mNHN]	Differenz [m]	Auflast [kN/m²]
0+000	-	-	-	-	-
0+020	56,16	-	-	-	-
0+040	54,84	59,25	60,55	5,71	114,20
0+060	48,18	65,92	67,22	19,04	380,80
0+080	44,63	71,83	73,13	28,50	570,00
0+100	44,94	72,47	73,77	28,83	576,60
0+120	45,25	72,60	73,90	28,65	573,00
0+140	45,54	72,73	74,03	28,49	569,80
0+160	45,84	72,86	74,16	28,32	566,40
0+180	46,14	72,99	74,29	28,15	563,00
0+200	46,44	73,12	74,42	27,98	559,60
0+220	46,40	73,25	74,55	28,15	563,00
0+240	46,10	73,45	74,75	28,65	573,00
0+260	45,80	73,69	74,99	29,19	583,80
0+280	45,50	73,93	75,23	29,73	594,60

Station	Planum [mNHN]	OK Abfall [mNHN]	OK OFA [mNHN]	Differenz [m]	Auflast [kN/m²]
0+300	45,20	74,14	75,44	30,24	604,80
0+320	44,90	74,40	75,70	30,80	616,00
0+340	44,60	74,64	75,94	31,34	626,80
0+360	44,30	74,88	76,18	31,88	637,60
0+380	44,00	75,12	76,42	32,42	648,40
0+400	43,70	75,35	76,65	32,95	659,00
0+420	43,40	75,15	76,45	33,05	661,00
0+440	43,10	74,34	75,64	32,54	650,80
0+460	42,80	73,45	74,75	31,95	639,00
0+480	42,50	72,54	73,84	31,34	626,80
0+500	42,20	71,17	72,47	30,27	605,40
0+520	41,90	65,06	66,36	24,46	489,20
0+540	41,60	58,91	60,21	18,61	372,20
0+560	43,64	52,33	53,63	9,99	199,80
0+580	48,51	-	-	-	-

Gemäß der vorliegenden Planung sind sieben in Längsrichtung angeordnete Sickerwasser-sammler vorgesehen, von denen die Sammler 1 bis 6 mit einem in der Deponie liegenden Hochpunkt und einem Gefälle nach Norden und Süden zu außerhalb des Deponiekörpers angeordneten Sickerwasserschächten entwässern. Aus diesen wird das Sickerwasser mittels Druckleitung in ein südlich angrenzendes Sickerwasserspeicherbecken geleitet.

Nur der Sammler 7 entwässert ausschließlich nach Süden. Die Lage der Sickerwasser-sammler und deren Hochpunktslage wird u.a. in der Anlage 7.1 dargestellt.

8.4 Ergebnisse

Mit diesem Model wurden Setzungsberechnungen aufgestellt (siehe Anlage 7.1). In der Anlage 7.2 sind die berechneten Setzungen graphisch in Form von Linien gleicher Setzungen aufgetragen. Es ergeben sich folgende Extremwerte:

- maximale Setzungen: $S_{MAX} \approx 83 \text{ cm}$
- minimale Setzung: $S_{MIN} \approx 2 \text{ cm}$

Die Setzungen verlaufen in der Fläche relativ gleichmäßig. Die maximalen Setzungen treten erwartungsgemäß unter den höchsten Auflasten sowie in dem Bereich mit den ungünstigsten Untergrundverhältnissen auf.

Diese liegen im Bereich der Auffüllungen im Südosten der geplanten Basisabdichtung im Bereich zwischen den Sammlern 2 und 3 etwa bei deren Stationierungen 0+430 bis 0+450. Für detaillierte Angaben zu diesem Bereich wird auf die in den Anlage 7.4 und 7.5 beiliegenden Schnitte im Bereich der Sammler 2 und 3 verwiesen.

Aufgrund der Anordnung eines Hochpunkts in den Sickerwassersammlern 1 bis 6 ist das Fließgeschehen sowohl nördlich des Hochpunkts, als auch südlich davon zu untersuchen. Nur der Sammler 7 weist keinen Hochpunkt auf, hier ist das Fließgeschehen ausschließlich nach Süden hin zu untersuchen.

Maßgebend für die Bewertung der Setzungen im Bereich der angeordneten Sickerwassersammler sind für den Bereich nördlich des Hochpunkts folgende Punkte:

- Punkt (1): Standort des Schachtes (im Norden) im betrachteten Schnitt
- Punkt (2): Durchdringung des Sammlers durch die Basisabdichtung
(in der Regel im Übergang von der Fläche zur Böschung der Basisabdichtung)
- Hochpunkt des Sammlers

Für das Fließgeschehen südlich des Hochpunkts der angeordneten Sickerwassersammler sind für die Bewertung der Setzungen folgende Punkte maßgeblich:

- Punkt (5): Standort des Schachtes (im Süden) im betrachteten Schnitt
- Punkt (4): Durchdringung des Sammlers durch die Basisabdichtung
(in der Regel im Übergang von der Fläche zur Böschung der Basisabdichtung)
- Punkt (3): Lage des Punktes mit den maximalen Setzungen des Sammlers

Sowohl die Lage der genannten Punkte 1 bis 5 und der Hochpunkt der Sammler und die dort berechneten Setzungen werden in den Anlage 7. 3 bis 7.9 detailliert dargestellt.

Auswertung des Fließgeschehens nördlich der Hochpunkte:

Für die Betrachtung des Fließgeschehens in den Sammlern nördlich deren Hochpunkte wird die Strecke zwischen Punkt (1) und Punkt (2) nachfolgend Abschnitt 1 und die Strecke zwischen Punkt (2) und Hochpunkt nachfolgend Abschnitt 2 bezeichnet.

Auswertung Abschnitt 1

Maßgebend für den Abschnitt 1 ist der Schnitt mit den größten Setzungsdifferenzen zwischen Punkt (1) und Punkt (2). Für den Abschnitt 1 ergibt sich folgendes:

Tabelle 16: Auswertung Setzungen Abschnitt 1, Sammler 1 bis 6

Schnitt Sammler	Entfernung zw. Punkt 1 und 2 [m]	Setzung Punkt 1 [m]	Setzung Punkt 2 [m]	Setzungsdifferenz zw. Punkt 1 und 2 [m]	Neigung 1-2 [%]
1	39,2	10,11	37,21	-27,11	-0,692
2	39,2	9,31	39,06	-29,75	-0,759
3	39,2	9,31	40,88	-31,57	-0,805
4	42,6	9,55	40,12	-30,57	-0,718
5	39,2	8,72	36,62	-27,90	-0,712
6	40,3	5,10	22,46	-17,36	-0,431

Auswertung Abschnitt 2

Maßgebend für den Abschnitt 2 ist der Schnitt mit den größten Setzungsdifferenzen zwischen Punkt (2) und Hochpunkt. Für den Abschnitt 2 ergibt sich folgendes:

Tabelle 17: Auswertung Setzungen Abschnitt 2, Sammler 1 bis 6

Schnitt Sammler	Entfernung zw. Punkt 2 und Hochpunkt [m]	Setzung Punkt 2 [m]	Setzung Hochpunkt [m]	Setzungsdifferenz zw. Punkt 2 und Hochpunkt [m]	Neigung 2 – Hochpunkt [%]
1	139,4	37,21	39,64	-2,43	-0,017
2	139,1	39,06	50,40	-11,34	-0,082
3	137,5	40,88	55,56	-14,68	-0,107
4	124,3	40,12	61,17	-21,05	-0,169
5	109,8	36,62	60,23	-23,61	-0,215
6	81,0	22,46	45,80	-23,34	-0,288

Die sich somit ergebenden negativen Neigungen im Bereich nördlich der Hochpunkte der Sammler sind durch eine entsprechende Überhöhung der Sammler auszugleichen. Es wird folgendes empfohlen:

- Berücksichtigung einer zusätzlichen Mindestneigung von -0,805 % (Empfehlung: -1,00 %) zwischen Punkt (1) und (2) sowie
- Berücksichtigung einer zusätzlichen Mindestneigung von -0,288 % (Empfehlung -0,50 %) zwischen Punkt (2) und Hochpunkt

Auswertung des Fließgeschehens südlich der Hochpunkte:

Für die Betrachtung des Fließgeschehens in den Sammlern südlich deren Hochpunkte wird die Strecke zwischen Punkt (5) und Punkt (4) nachfolgend Abschnitt 3 und die Strecke zwischen Punkt (4) und Punkt (3) nachfolgend Abschnitt 4 bezeichnet.

Auswertung Abschnitt 3

Maßgebend für den Abschnitt 3 ist der Schnitt mit den größten Setzungsdifferenzen zwischen Punkt (5) und Punkt (4). Für den Abschnitt 3 ergibt sich folgendes:

Tabelle 18: Auswertung Setzungen Abschnitt 3, Sammler 1 bis 7

Schnitt Sammler	Entfernung zw. Punkt 5 und 4 [m]	Setzung Punkt 5 [m]	Setzung Punkt 4 [m]	Setzungsdifferenz zw. Punkt 5 und 4 [m]	Neigung 5-4 [%]
1	23,50	7,85	31,04	-23,19	-0,987
2	22,22	9,38	31,51	-22,13	-0,996
3	23,70	6,92	29,02	-22,10	-0,932
4	27,80	7,10	30,22	-23,12	-0,832
5	38,10	10,98	40,56	-29,58	-0,776
6	51,30	11,59	52,77	-41,18	-0,803
7	51,70	9,61	24,64	-15,03	-0,291

Auswertung Abschnitt 4

Maßgebend für den Abschnitt 4 ist der Schnitt mit den größten Setzungsdifferenzen zwischen Punkt (4) und Punkt (3). Für den Abschnitt 4 ergibt sich folgendes:

Tabelle 19: Auswertung Setzungen Abschnitt 4, Sammler 1 bis 7

Schnitt Sammler	Entfernung zw. Punkt 4 und 3 [m]	Setzung Punkt 4 [m]	Setzung Punkt 3 [m]	Setzungsdifferenz zw. Punkt 4 und 3 [m]	Neigung 4-3 [%]
1	90,90	31,04	63,42	-32,38	-0,356
2	103,00	31,51	82,26	-50,75	-0,493
3	102,00	29,02	80,10	-51,08	-0,500
4	152,90	30,22	70,03	-39,81	-0,260
5	218,20	40,56	67,03	-26,47	-0,121
6	114,60	52,77	60,76	-7,99	-0,070
7	75,40	24,64	26,28	-1,64	-0,022

Die sich somit ergebenden negativen Neigungen im Bereich südlich der Hochpunkte der Sammler sind durch eine entsprechende Überhöhung der Sammler auszugleichen. Es wird folgendes empfohlen:

- Berücksichtigung einer zusätzlichen Mindestneigung von -0,996 % (Empfehlung: -1,00 %) zwischen Punkt (5) und (4) sowie
- Berücksichtigung einer zusätzlichen Mindestneigung von -0,500 % (Empfehlung -0,50 %) zwischen Punkt (4) und Punkt (3)

Die Setzungen werden über einen längeren Zeitraum verlaufen. Da der Deponiekörper kontinuierlich aufgebaut wird, ist über den gesamten Einlagerungszeitraum mit Setzungen zu rechnen. Nach Abschluss der Einlagerungen werden die Setzungen aus dem Untergrund innerhalb von 6 Monaten abgeklungen sein.

9 Grundbautechnische Berechnungen, Tragsicherheit

9.1 Allgemeines

Im vorliegenden Fall sind die Tragsicherheit einer unter 1:3 geneigten Böschung einer Basisabdichtung sowie einer unter 1:3 geneigten Böschung einer Oberflächenabdichtung nachzuweisen.

Die Basisabdichtung wird auf den im Kiessandtagebau anstehenden Sanden oder auf der noch herzustellenden Umprofilierung errichtet. Für beide Schichten kann bei 1:3 geneigten Böschungen ohne weiteren rechnerischen Nachweis ausreichende Tragsicherheit unterstellt werden.

Für die geplante Basisabdichtung sowie die geplante Oberflächenabdichtung muss jedoch die Gleitsicherheit nachgewiesen werden. Hierzu wurden Berechnungen gemäß Eurocode EC 7 nach dem Teilsicherheitskonzept an einer unendlich langen Lamelle mit einer Sicherheitsaussage nach GDA-Empfehlung E2-7 aufgestellt. Die Berechnungen wurden mit dem in der GGU entwickelten EDV-Programm GGU-SLICE, Version 7.0 (Stand 07.02.2019) durchgeführt.

Bei Berechnungen nach dem Teilsicherheitskonzept werden zunächst die Einwirkungen E und die rückhaltende Kräfte R mit Teilsicherheiten versehen. Im vorliegenden Fall werden die Berechnungen für die Bemessungssituation BS-P durchgeführt, sodass hier die entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte in die Berechnungen eingeführt werden. Nachfolgend erfolgt ein Vergleich der Einwirkungen E mit den rückhaltenden Kräften R, in dessen Ergebnis Ausnutzungsgrade ermittelt werden. Ausreichende Sicherheiten sind bei Ausnutzungsgraden von $\leq 1,0$ vorhanden.

9.2 Geometrie

Entsprechend GDA-Empfehlung E-07 kann der Nachweis der Gleitsicherheit für schichtparalleles Gleiten einer teildurchströmten Abdichtung durch Gleichgewichtsbetrachtungen an einem 1 m breiten Böschungselement erfolgen. Als geometrische Größe geht somit die Neigung des betrachteten Böschungselementes in die Betrachtungen ein.

Die Betrachtungen werden demnach in der Regel für die steilste Böschungsneigung aufgestellt. Diese ergibt sich aus [3] für die Basisabdichtung und für die Oberflächenabdichtung zu jeweils 1:3.

9.3 Einwirkungen

Einwirkungen aus Verkehrslasten

Auf der Basisabdichtung werden keine Verkehrslasten angesetzt, da in der hier betrachteten Bemessungssituation BS-P keine planmäßige Befahrung der Böschungen erfolgt. Die Befahrung der Böschungen im Zuge der Errichtung muss der Bemessungssituation BS-A zugeordnet werden und ist im Zuge der Ausführung durch den Ausführenden unter Ansatz der zum Einsatz gelangenden Baugeräte, Bauverfahren sowie Baustoffe zu erbringen.

Einwirkungen aus einer Durchströmung, Basisabdichtung

Einwirkungen aus einer planmäßigen Durchströmung werden prinzipiell der Bemessungssituation BS-P zugeordnet. Die nachfolgenden Betrachtungen unterstellen ein Versagen (und damit verbunden einen vollständigen Einstau) der Entwässerungsschicht, welches nicht mehr als planmäßiger Zustand betrachtet wird. Dieser Zustand wird dementsprechend der Bemessungssituation BS-T zugeordnet.

Im vorliegenden Fall kann die Entwässerungsschicht der Basisabdichtung in Zwischenzuständen durch Regenereignisse beaufschlagt werden. Es wird die maximale Aufstauhöhe von ≈ 35 cm angesetzt. Diese wird in den nachfolgenden Betrachtungen als Einwirkung berücksichtigt.

Einwirkungen aus einer Durchströmung, Oberflächenabdichtung

Im vorliegenden Fall wird der Deponiekörper mit einer Rekultivierungsschicht, bestehend aus Ober- und Unterboden, abgedeckt werden, welche planmäßig durchsickert werden kann. Anfallendes Sickerwasser wird in der Entwässerungsschicht gefasst und drucklos abgeleitet. Im Bereich der Schichtgrenze Unterboden / Entwässerungsschicht können somit Strömungskräfte auftreten. Die Größe dieser Einwirkungen ist abhängig vom möglichen Aufstau von Sickerwasser in der Dränmatte.

Zur Ermittlung einer möglichen Einstauhöhe der Entwässerungsschicht wurden Aufstaubrechnungen gemäß GDA E 2-20 durchgeführt. Es wurde das Verfahren nach LESAFFRE verwendet. Folgende Rahmenbedingungen wurden für den Bereich der Böschungen mit 1:3 berücksichtigt:

- | | |
|--|----------------------------|
| • Böschungsneigung | 1:3 |
| • Böschungslänge | 45 m |
| • Wasserdurchlässigkeit Entwässerungsschicht | $\geq 5 \cdot 10^{-2}$ m/s |
| • Dränspende | 30 mm/d |

Für die betrachtete Böschung mit 1:3 wurde ein möglicher Einstau von $\approx 0,1$ cm festgestellt. In den weiteren Betrachtungen wird auf der sicheren Seite liegend ein Volleinstau der Entwässerungsschicht angenommen. Demnach kann sich im Bereich der Böschungen mit Neigungen von 1:3 ein möglicher Wasserstand bei 30 cm über der Kunststoffdichtungsbahn einstellen.

9.4 Scherparameter mineralischer Baustoffe

Basisabdichtung, Bauteil Frostschutzschicht

Das Bauteil Frostschutzschicht dient als Schutz der Basisabdichtung. Es kann aus unverdichtet eingebauten grob- bis gemischtkörnigen Böden errichtet werden. Für die Frostschutzschicht werden somit auf der sicheren Seite liegenden folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 32,5^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 17,0 \text{ kN/m}^3$

Basisabdichtung, Bauteil mineralische Entwässerungsschicht

Das Bauteil mineralische Entwässerungsschicht in der Basisabdichtung muss Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit erfüllen, welche in der Regel nur durch eng- oder weitgestufte Kiese erfüllt werden (Bodengruppen GE oder GW gemäß DIN 18196). Das Bauteil wird ohne Verdichtung, also in einer lockeren Lagerung, hergestellt.

Für die mineralische Entwässerungsschicht werden somit folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 32,5^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$

Basisabdichtung, Bauteil technische Barriere

Das Bauteil technische Barriere in der Basisabdichtung muss Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit erfüllen, welche in der Regel durch leicht plastische Tone erfüllt werden (Bodengruppen TL gemäß DIN 18196). Derartige Böden weisen neben einem Reibungswinkel auch eine merkliche bis deutliche Kohäsion auf. Das Bauteil wird mit kontrollierter Verdichtung hergestellt.

Für die mineralische Dichtungsschicht werden somit folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 27,5^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$

Basisabdichtung, Bauteil Umprofilierung

Das Bauteil Umprofilierung unterhalb der Basisabdichtung dient als Auflager für die Abdichtung. Es muss damit aus gut tragfähigen Böden errichtet werden. Hierzu können im Kiessandtagebau anstehende natürliche Baustoffe verwendet werden. Diese werden kontrolliert verdichtet eingebaut.

Für das Bauteil Umprofilierung werden somit folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 33,0^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0,0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$

Oberflächenabdichtung, Bauteil Rekultivierungsschicht, Oberboden

Das Bauteil Oberboden muss Anforderungen an die nutzbare Feldkapazität erfüllen, welche einen Feinkornanteil von ≈ 15 bis 40 % erfordern. Somit ist ein gemischtkörniger Boden erforderlich. Im Wesentlichen werden im Land Brandenburg hierzu schluffige bis stark schluffige Sande (Bodengruppen SU oder SU* gemäß DIN 18196) verwendet. Diese werden zudem in einer lockeren Lagerung eingebaut. Der Oberboden wird durchwurzelt, sodass bei Erfordernis Wurzelkohäsion angesetzt werden kann.

Für den Oberboden werden somit folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 27,0^\circ$
- Kohäsion $c'_k \geq 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 16,0 \text{ kN/m}^3$

Oberflächenabdichtung, Bauteil Rekultivierungsschicht, Unterboden

Das Bauteil Unterboden muss (ebenso wie das Bauteil Oberboden) Anforderungen an die nutzbare Feldkapazität erfüllen, welche einen Feinkornanteil von ≈ 15 bis 40 % erfordern. Somit ist auch ein gemischtkörniger Boden erforderlich. Im Wesentlichen werden im Land Brandenburg hierzu schluffige bis stark schluffige Sande (Bodengruppen SU oder SU* gemäß DIN 18196) verwendet. Diese werden aufgrund einer höheren Einbaubelastung in einer lockeren bis mitteldichten Lagerung eingebaut.

Für diesen Boden werden folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ$
- Kohäsion $c'_k \geq 0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$

Oberflächenabdichtung, Bauteil mineralische Entwässerungsschicht

Das Bauteil mineralische Entwässerungsschicht in der Oberflächenabdichtung muss Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit erfüllen, welche in der Regel nur durch eng- oder weitgestufte Kiese erfüllt werden (Bodengruppen GE oder GW gemäß DIN 18196). Das Bauteil wird ohne Verdichtung, also in einer lockeren Lagerung, hergestellt.

Für die mineralische Entwässerungsschicht werden somit folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 32,5^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$

Oberflächenabdichtung, Bauteil Ausgleichsschicht

Das Bauteil Ausgleichsschicht dient als Auflager für die Kunststoffdichtungsbahn, sodass die sich aus der Zulassung ergebenden Anforderungen einzuhalten sind. Diese werden im Wesentlichen durch einen enggestuften bzw. einen schluffigen Sand (Bodengruppe SE oder SU gemäß DIN 18196) eingehalten. Es wird zudem kontrolliert verdichtet eingebaut.

Für die Ausgleichsschicht werden somit folgende Scherparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0,0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$

9.5 Reibungsparameter Boden / Geokunststoffe

Versuche zur laborativen Bestimmung der Reibungsparameter konnten dem Planungsstand entsprechend noch nicht durchgeführt werden. Somit erfolgt eine Festlegung der möglichen Reibungsparameter auf der Grundlage vorliegender Erfahrungen. Erfahrungsgemäß kann in der betrachteten Fuge ein Reibungswinkel in Höhe von 80 bis 90 % des Reibungswinkels des über- bzw. unterlagernden Bodens angesetzt werden. Aufgrund dieser Erfahrung können für die betreffenden Fugen folgende Reibungsparameter angesetzt werden:

Basisabdichtung, Fuge Frostschutzschicht / Trennvlies

Für die Fuge Frostschutzschicht / Trennvlies werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 32,5^\circ \cdot 0,85 = 27,6^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Basisabdichtung, Fuge Trennvlies / mineralische Entwässerungsschicht

Für die Fuge Trennvlies / mineralische Entwässerungsschicht werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 32,5^\circ \cdot 0,85 = 27,6^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Basisabdichtung, Fuge mineralische Entwässerungsschicht / Sandmatte

Für die Fuge mineralische Entwässerungsschicht / Sandmatte werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 32,5^\circ \cdot 0,85 = 27,6^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Basisabdichtung, Fuge Sandmatte / KDB

Für die Fuge Sandmatte / KDB werden auf der Grundlage von Erfahrungswerten für eine raue Kunststoffdichtungsbahn folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ$
- Adhäsion $a'_k \geq 1,0 \text{ kN/m}^2$

Basisabdichtung, Fuge KDB / geologische Barriere

Für die Fuge KDB / geologische Barriere werden folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 25,0^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Oberflächenabdichtung, Fuge Unterboden / Filtervlies

Für die Fuge Unterboden / Filtervlies werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ \cdot 0,90 = 27,0^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Oberflächenabdichtung, Fugen Filtervlies / Entwässerungsschicht und Entwässerungsschicht / Schutzvlies

Für die genannten Fugen werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 32,5^\circ \cdot 0,85 = 27,6^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Oberflächenabdichtung, Fuge Schutzvlies / KDB

Für die Fuge Dränmatte / KDB werden auf der Grundlage von Erfahrungswerten für eine raue Kunststoffdichtungsbahn folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ$
- Adhäsion $a'_k \geq 1,0 \text{ kN/m}^2$

Oberflächenabdichtung, Fuge KDB / Ausgleichsschicht

Für die Fuge KDB / Ausgleichsschicht werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ \cdot 0,90 = 27,0^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

9.6 Zusammenstellung Scher-/Reibungsparameter

Nachfolgend werden die in die Berechnungen eingeführten Scher- und Reibungsparameter zusammengestellt:

Tabelle 20: Charakteristische Kennwerte, Tragsicherheitsnachweis

Schicht	Wichten		Scher-/Reibungsparameter	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]
Basisabdichtung				
Frostschuttschicht	17,0	9,0	32,5	0,0
Fuge Frostschuttschicht / Trennvlies	--	--	27,6	0,0
Fuge Trennvlies / min. Entwässerungsschicht	--	--	27,6	0,0
mineralische Entwässerungsschicht	18,0	10,0	32,5	0,0
Fuge min. Entwässerungsschicht / Sandmatte	--	--	27,6	0,0
Fuge Sandmatte / Kunststoffdichtungsbahn	--	--	30,0	1,0
Fuge Kunststoffdichtungsbahn / geologische Barriere	--	--	25,0	2,0
geologische Barriere	20,0	10,0	27,5	5,0
Umprofilierung	18,0	10,0	33,0	0,0
Oberflächenabdichtung				
Rekultivierungsschicht, Oberboden	16,0	6,0	27,0	2,0
Rekultivierungsschicht, Unterboden	20,0	10,0	30,0	0,0
Fuge Unterboden / Filtervlies	--	--	27,0	0,0
Fuge Filtervlies / mineralische Entwässerungsschicht	--	--	27,6	0,0
mineralische Entwässerungsschicht	18,0	10,0	32,5	0,0
Fuge mineralische Entwässerungsschicht / Schutzvlies	--	--	27,6	0,0
Fuge Schutzvlies / Kunststoffdichtungsbahn	--	--	30,0	1,0
Fuge Kunststoffdichtungsbahn / Ausgleichsschicht	--	--	27,0	0,0
Ausgleichsschicht	18,0	10,0	30,0	0,0

9.7 Definition der Modelle

Für die Betrachtungen zur Gleitsicherheit werden im Weiteren folgende Modelle betrachtet:

- Modell (1-1):
Basisabdichtung, keine Einwirkung aus Sickerwasseraufstau
- Modell (1-2):
Basisabdichtung, Einstau der Entwässerungsschicht
- Modell (2-1):
Oberflächenabdichtung, keine Einwirkung aus Sickerwasseraufstau
- Modell (2-2):
Oberflächenabdichtung, Einstau der Entwässerungsschicht

9.8 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnungen der Gleitsicherheit liegen in der Anlage 8 bei. Folgende Ausnutzungsgrade wurden erhalten:

Tabelle 21: Nachweis der Gleitsicherheit, Ergebnisse

Modell	ungünstigste Gleitfuge	Ausnutzungsgrad	Anlage
Basisabdichtung, 1:3			
1-1	Fuge Frostschutzschicht / Trennvlies	0,80	7.1
1-2	Fuge Entwässerungsschicht / Sandmatte	0,97	7.2
Oberflächenabdichtung DK I, 1:3,0			
2-1	Fuge Unterboden / Filtervlies	0,82	7.3
2-2	Fuge Dränmatte / Kunststoffdichtungsbahn	0,90	7.4

9.9 Bewertung

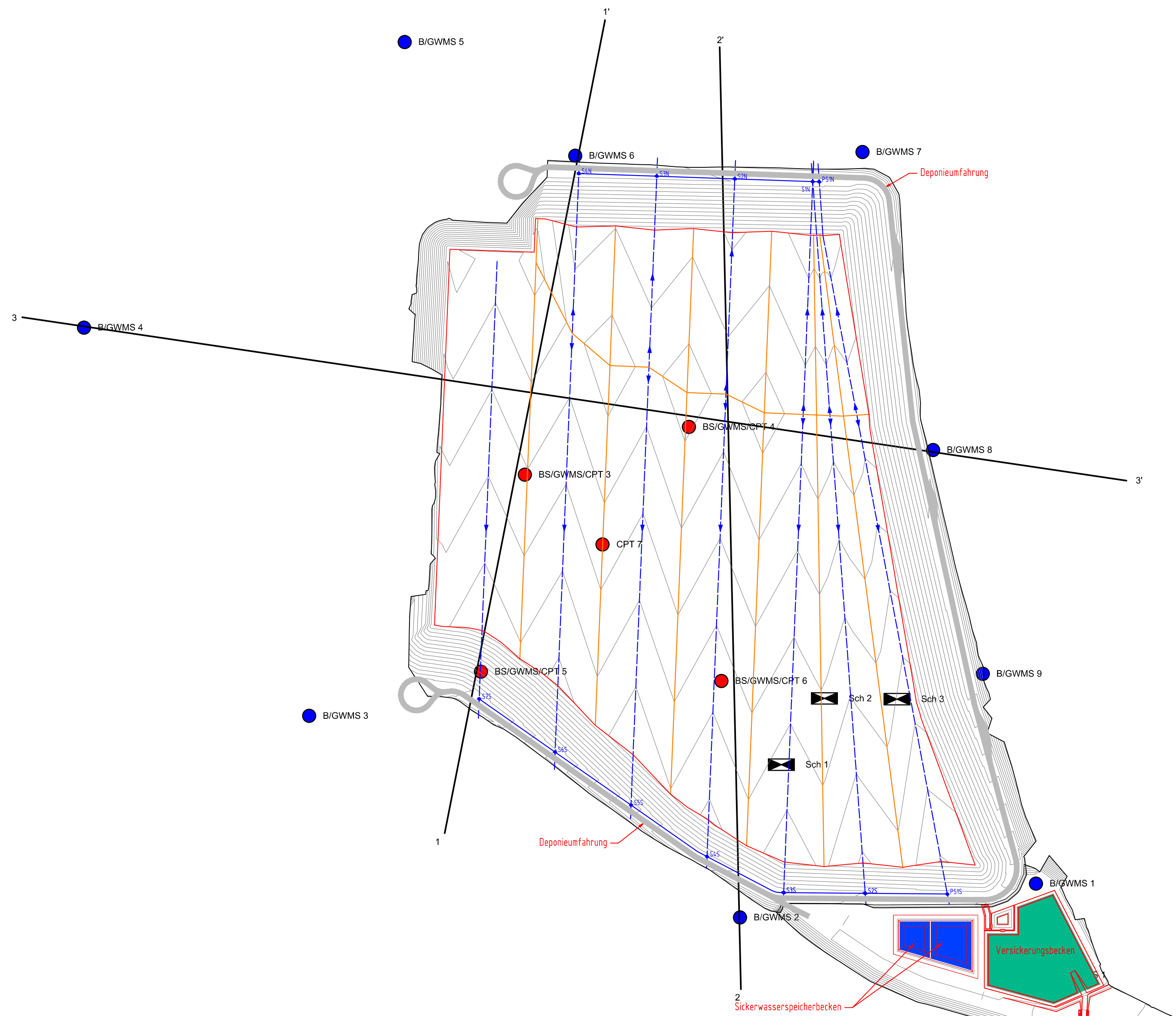
Zusammenfassend kann aus den Ergebnissen der Berechnungen an den Modellen für die Basisabdichtung (hier: Modelle 1-1 und 1-2) folgendes abgeleitet werden:

- Die Basisabdichtung ist mit der geplanten Geometrie und den in Abschnitt 9.6 zusammengefassten Scher- und Reibungsparametern im Endzustand (Bemessungssituation BS-P, vollständiger Einstau der Entwässerungsschicht als Bemessungssituation BS-T) ausreichend standsicher.
- Ohne Aufstau in der Entwässerungsschicht sind ausreichende Sicherheitsreserven vorhanden.
- Bei einem Einstau der Entwässerungsschicht sind nur noch geringe Sicherheitsreserven vorhanden. Ein Befahren der Basisabdichtungen bei einem Einstau ist somit zu vermeiden.
- Weitere Bauzustände (Bemessungssituationen BS-T und BS-A) sind gesondert unter Berücksichtigung der Bauverfahren zu betrachten.
- Die Scher- und Reibungsparameter sind als Mindestanforderungen in die weiteren Planungen zu übernehmen. Die Einhaltung dieser Mindestanforderungen ist nachzuweisen.

Zusammenfassend kann aus den Ergebnissen der Berechnungen an den Modellen für die Oberflächenabdichtungen (hier: Modelle 2-1 bis 2-2) folgendes abgeleitet werden:

- Die Oberflächenabdichtung ist mit der geplanten Geometrie (hier: Böschungsneigung 1:3,0) und den in Abschnitt 9.6 zusammengefassten Scher- und Reibungsparametern im Endzustand (Bemessungssituation BS-P, vollständiger Einstau der Dränmatte als Bemessungssituation BS-T) ausreichend standsicher.
- Die Modelle für die Böschungsneigung 1:3 zeigen ausreichende Sicherheitsreserven.
- Die Scher- und Reibungsparameter sind als Mindestanforderungen in die weiteren Planungen zu übernehmen. Die Einhaltung dieser Mindestanforderungen ist nachzuweisen.


Dipl.-Ing. B. Kröber-Goldschmidt



Legende:

- BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
- B = Trockendrehbohrung
- GWMS = mit Ausbau Grundwassermessstelle
- CPT = Drucksondierung gemäß DIN 4094
- 1 — 1' = Schnitt
- ⊠ Sch 1 = Baggerschurf

Auftraggeber			Vierte Garbe Immobilien GmbH Wiesendamm 32 13597 Berlin Tel.: Fax:							
Auftragnehmer			 GGU mbH In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0 Fax: 039 205 / 45 38 - 11							
Lagebezug:			-							
Landkreis:			Ostprignitz-Ruppin							
Gemarkung:			diverse							
Höhenbezug:			-							
Gemeinde:			Holzhausen (Kyritz)							
Flurstück:			diverse							
	Datum	Name	Unterschrift	Deponie im Kiestagebau						
Gez.	05/2019	Kühne		Holzhausen						
Bearb.	05/2019	Kühne		Geotechnischer Bericht						
Gepr.	05/2019	Kröber		Lageplan mit Baugrundaufschlüssen						
Projekt-Nr.:	5004 / 19			Plan-Nr.:	1	Blattgröße:	420 x 594	Maßstab (m):	1 : 2.500	Blatt: 1
Anlage :	1			Ers. f.:	-					

Konsistenzen:

steif

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

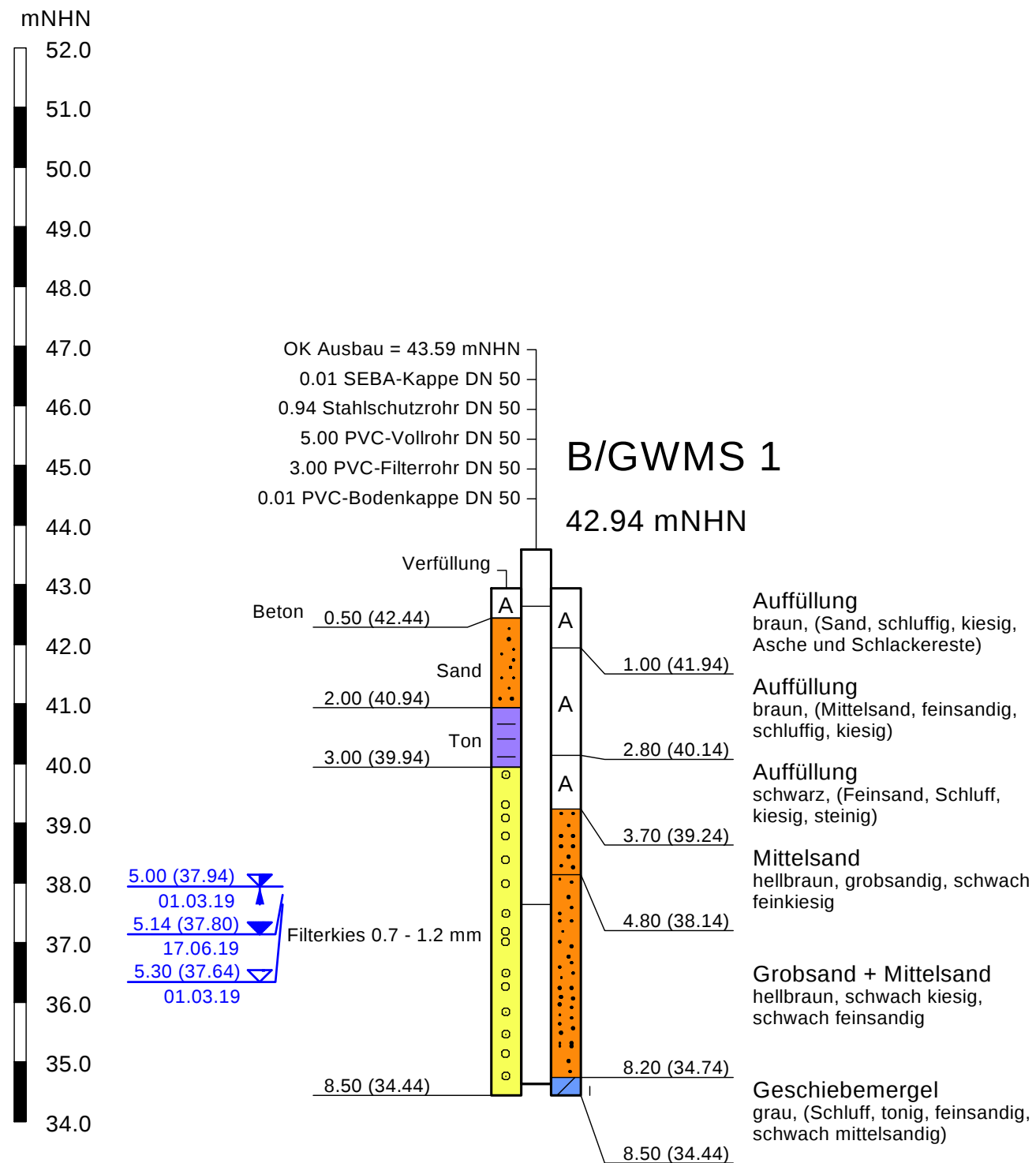
Bericht Nr. 5004 / 19

Anlage Nr. 2.1

Bodenprofil

B = Trockendrehbohrung

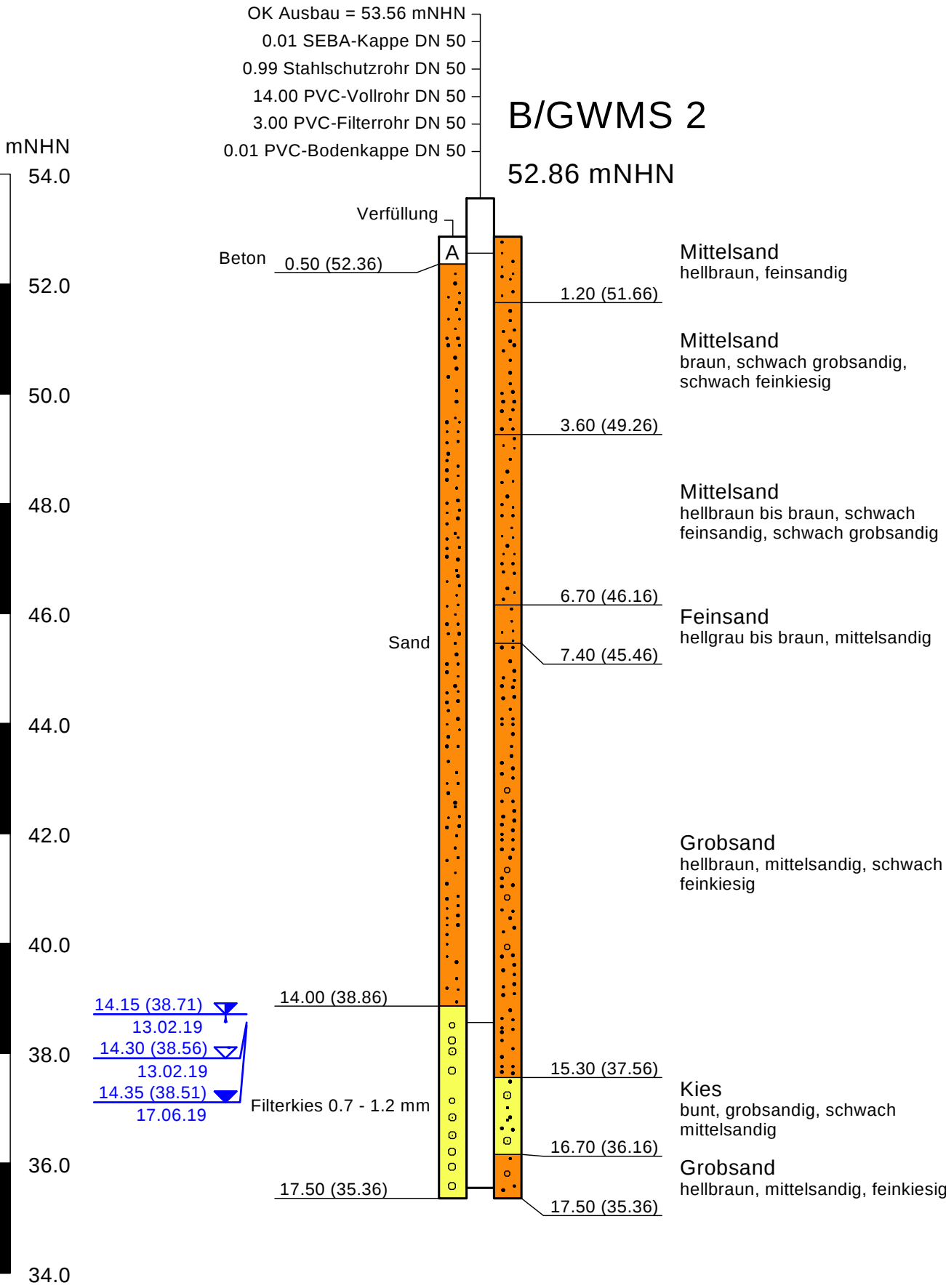
Maßstab d. H. 1 : 100



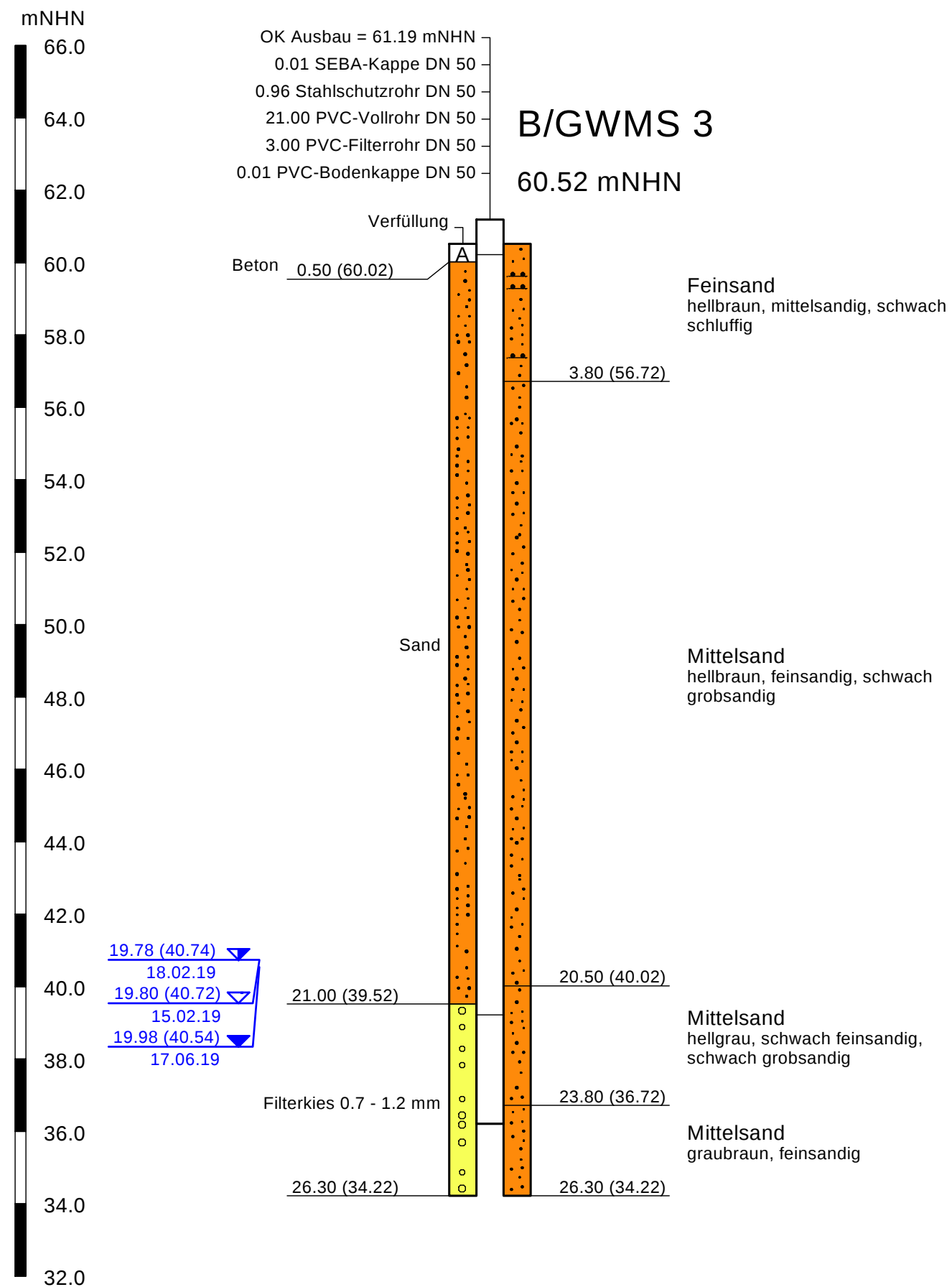
Bodenprofil

B = Trockendrehbohrung

Maßstab d. H. 1 : 100

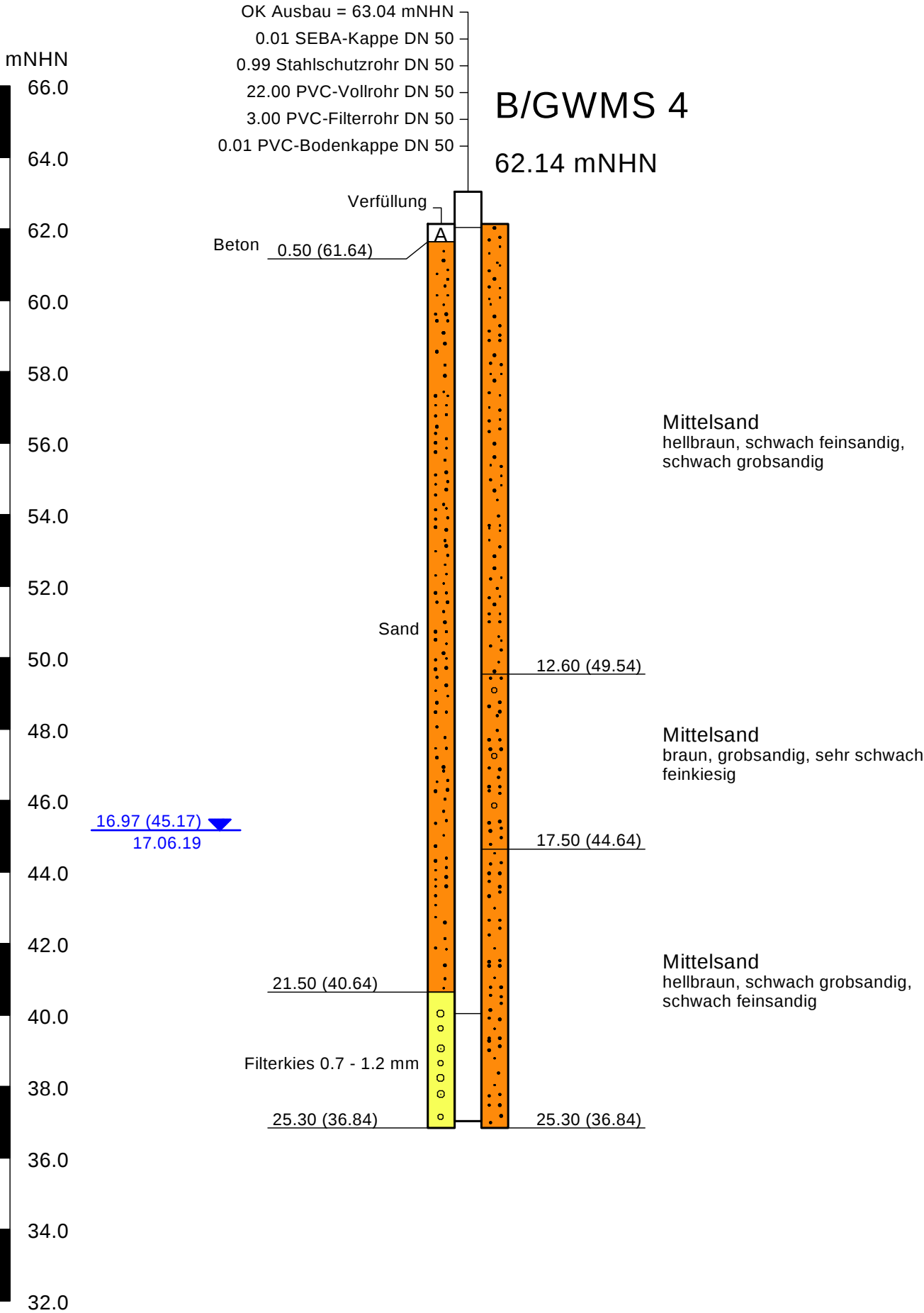


Bodenprofil
B = Trockendrehbohrung
Maßstab d. H. 1 : 150

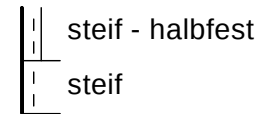


Bodenprofil

B = Trockendrehbohrung
Maßstab d. H. 1 : 150



Konsistenzen:



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

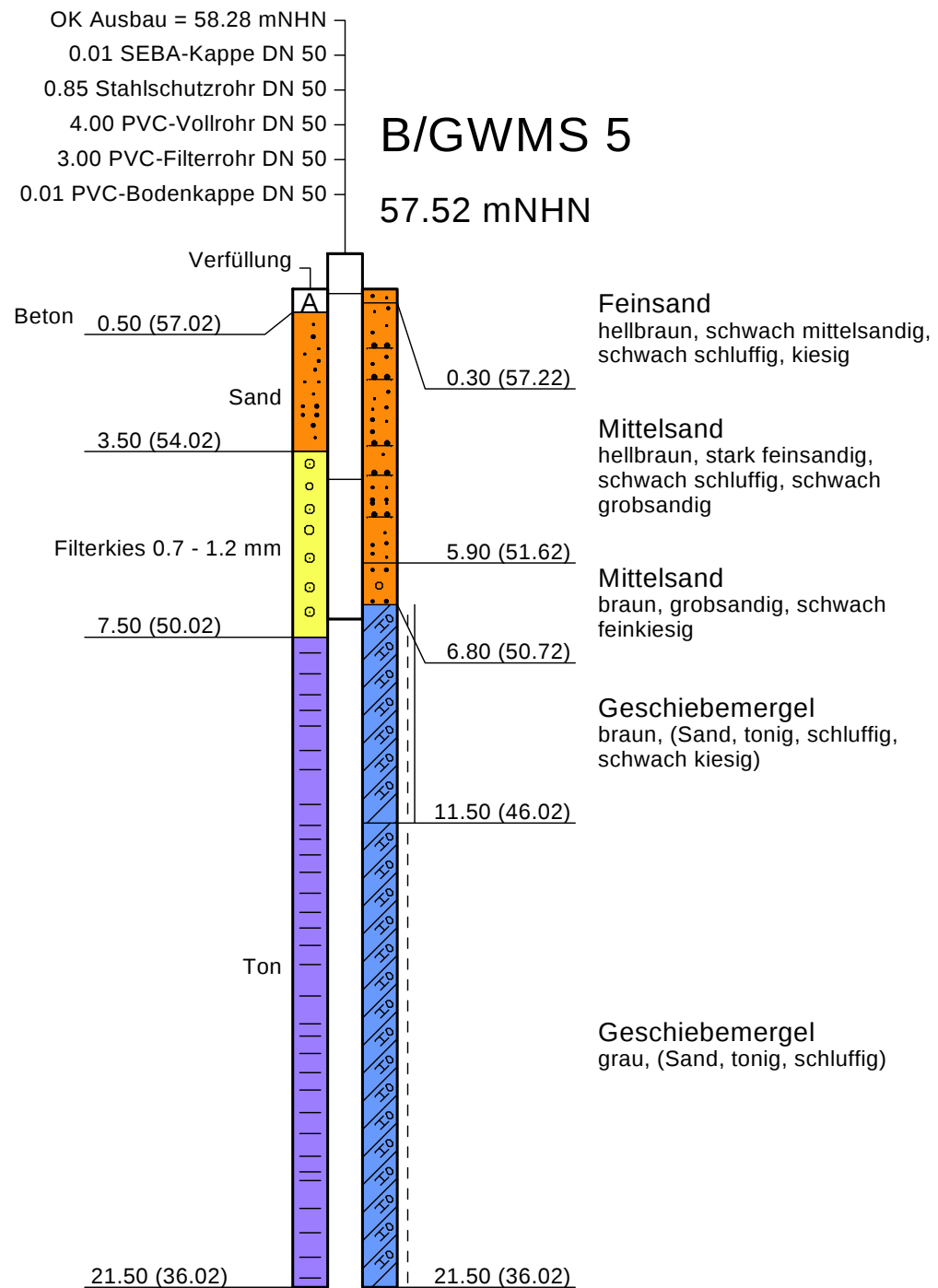
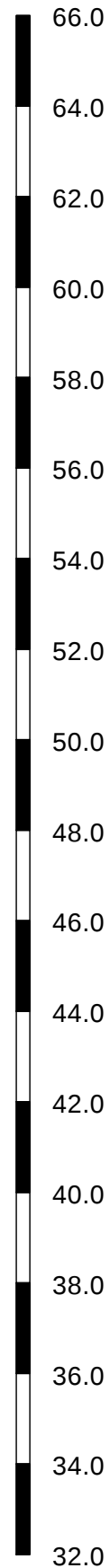
Bericht Nr.	5004 / 19
Anlage Nr.	2.5

Bodenprofil

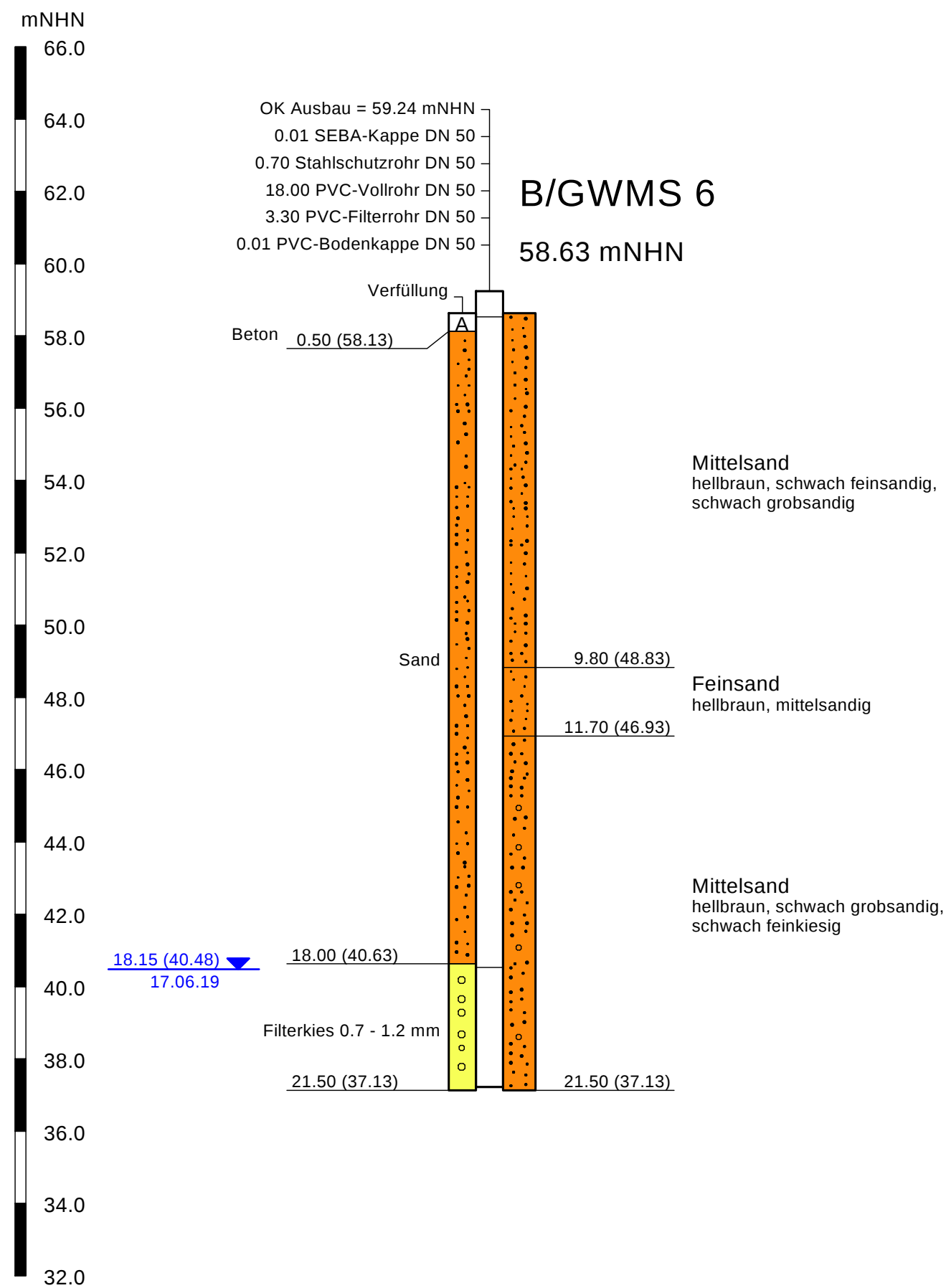
B = Trockendrehbohrung

Maßstab d. H. 1 : 150

mNHN



Bodenprofil
B = Trockendrehbohrung
Maßstab d. H. 1 : 150



Konsistenzen:

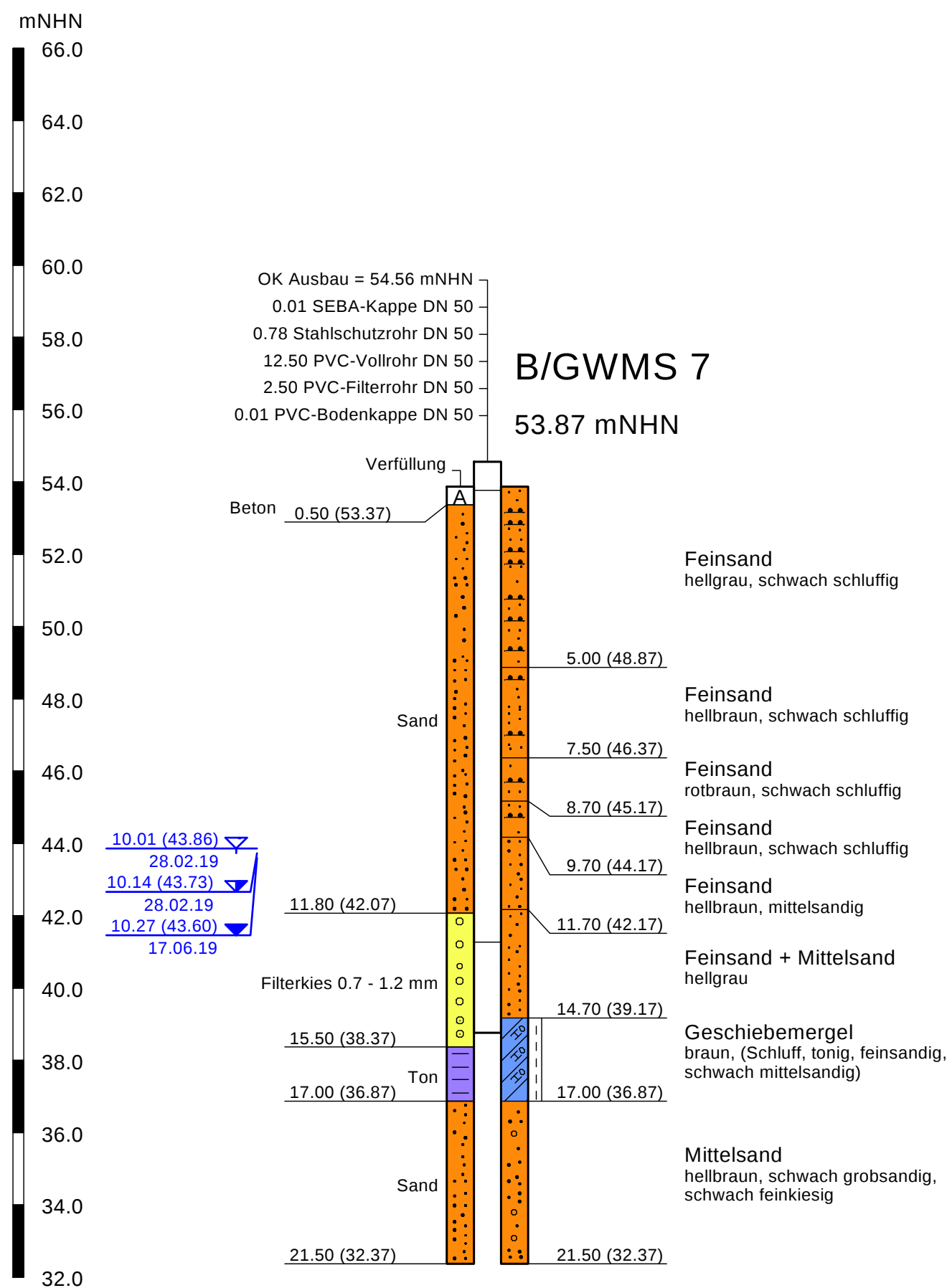
steif - halbfest

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 2.7

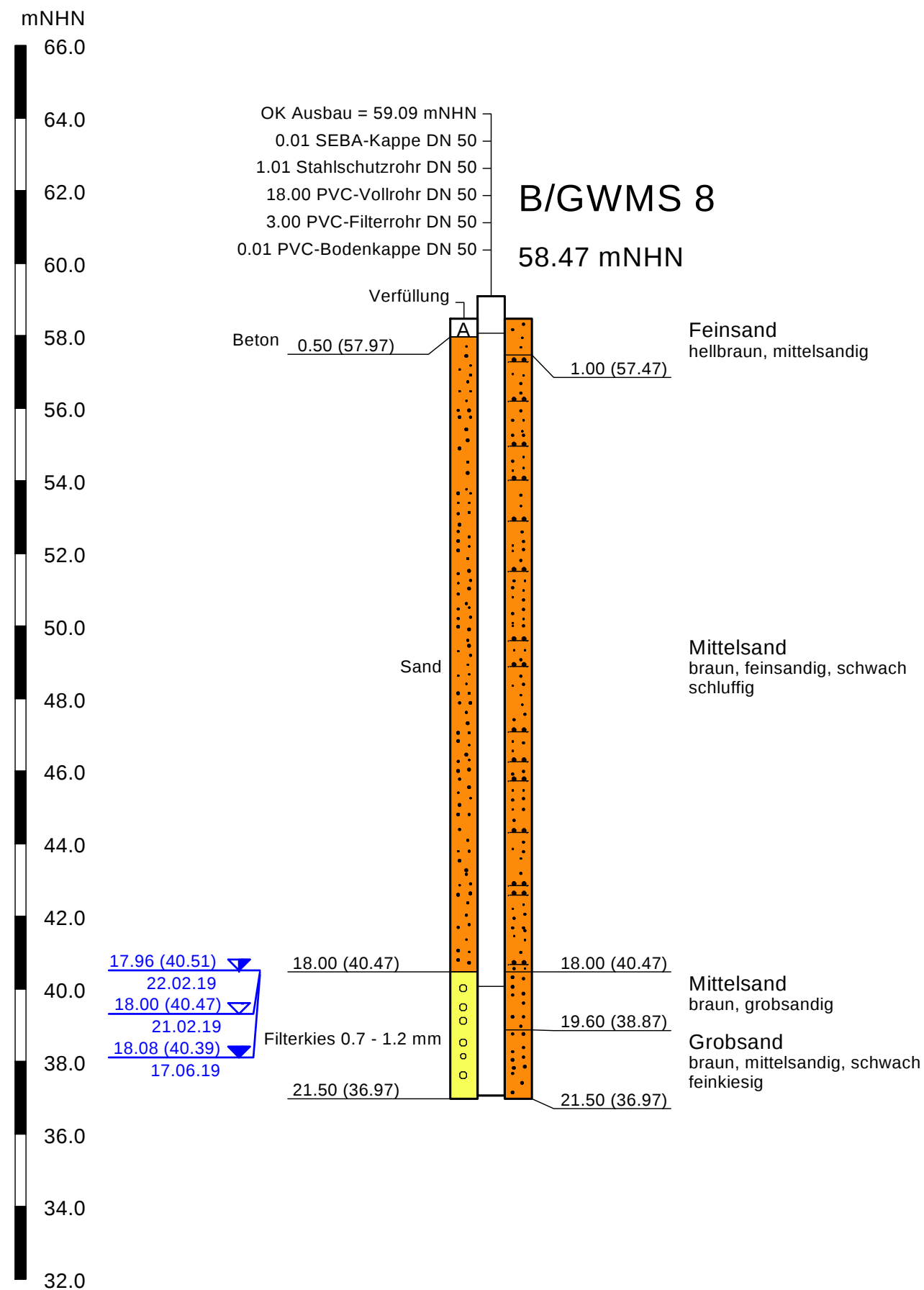
Bodenprofil

B = Trockendrehbohrung

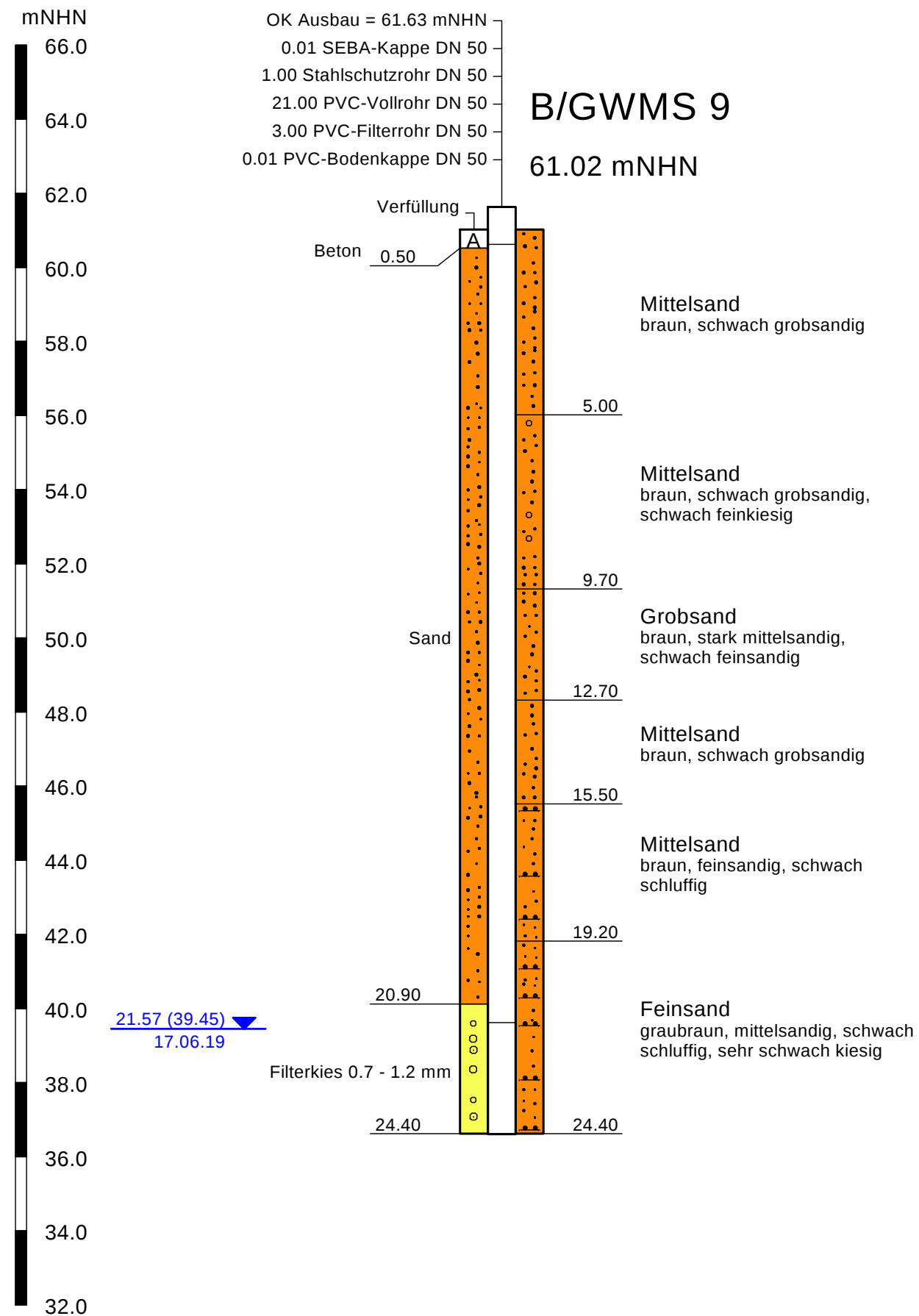
Maßstab d. H. 1 : 150



Bodenprofil
B = Trockendrehbohrung
Maßstab d. H. 1 : 150



Bodenprofil
B = Trockendrehbohrung
Maßstab d. H. 1 : 150



Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

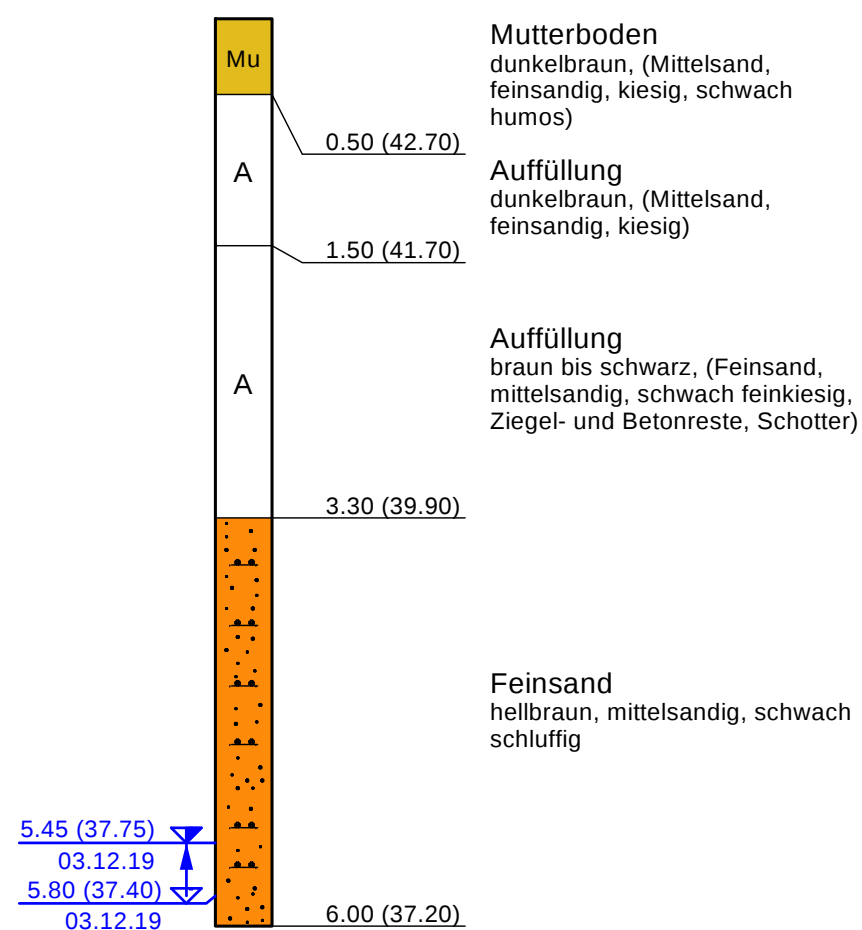
Maßstab d. H. 1 : 50

mNHN



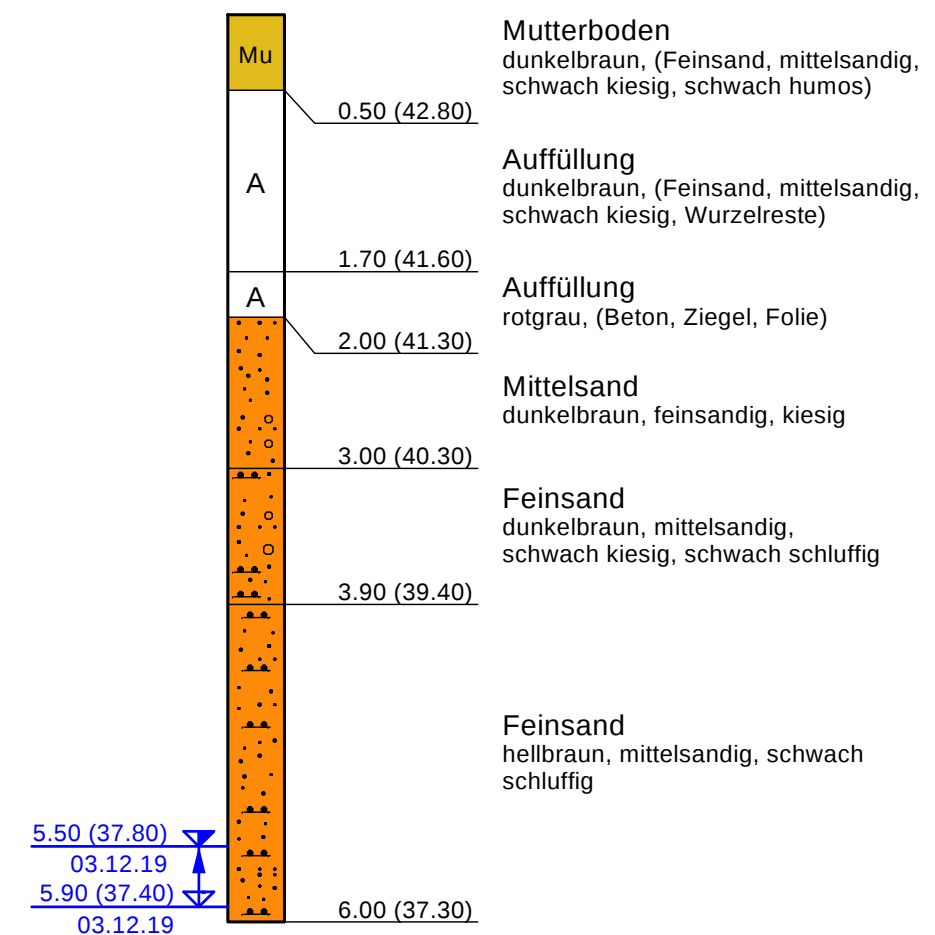
BS 1

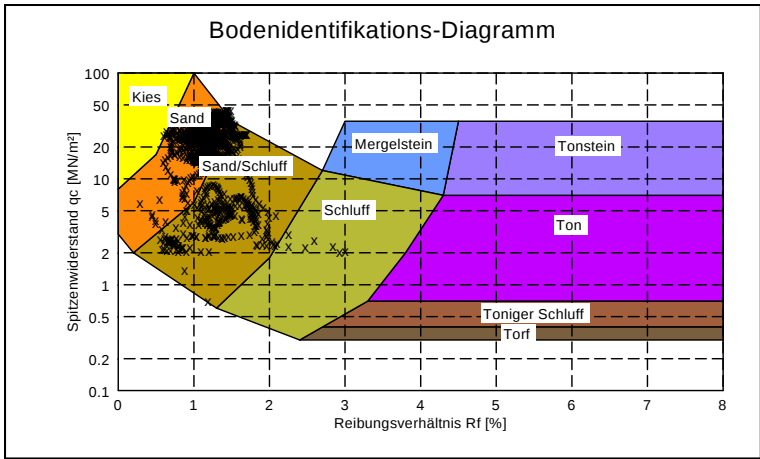
43.20 mNHN



BS 2

43.30 mNHN





GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 2.11

Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

CPT = Cone Penetration Test (Drucksondierung)

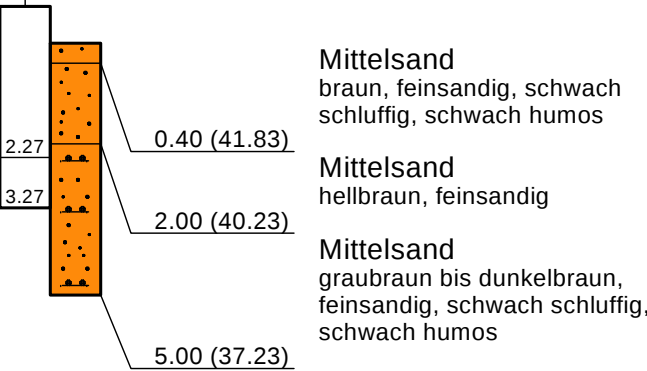
Maßstab 1 : 150

OK Ausbau = 42.96 mNHN
0.01 Kunststoffkappe
2.99 Stahlvollrohr
1.00 Stahlfilterrohr

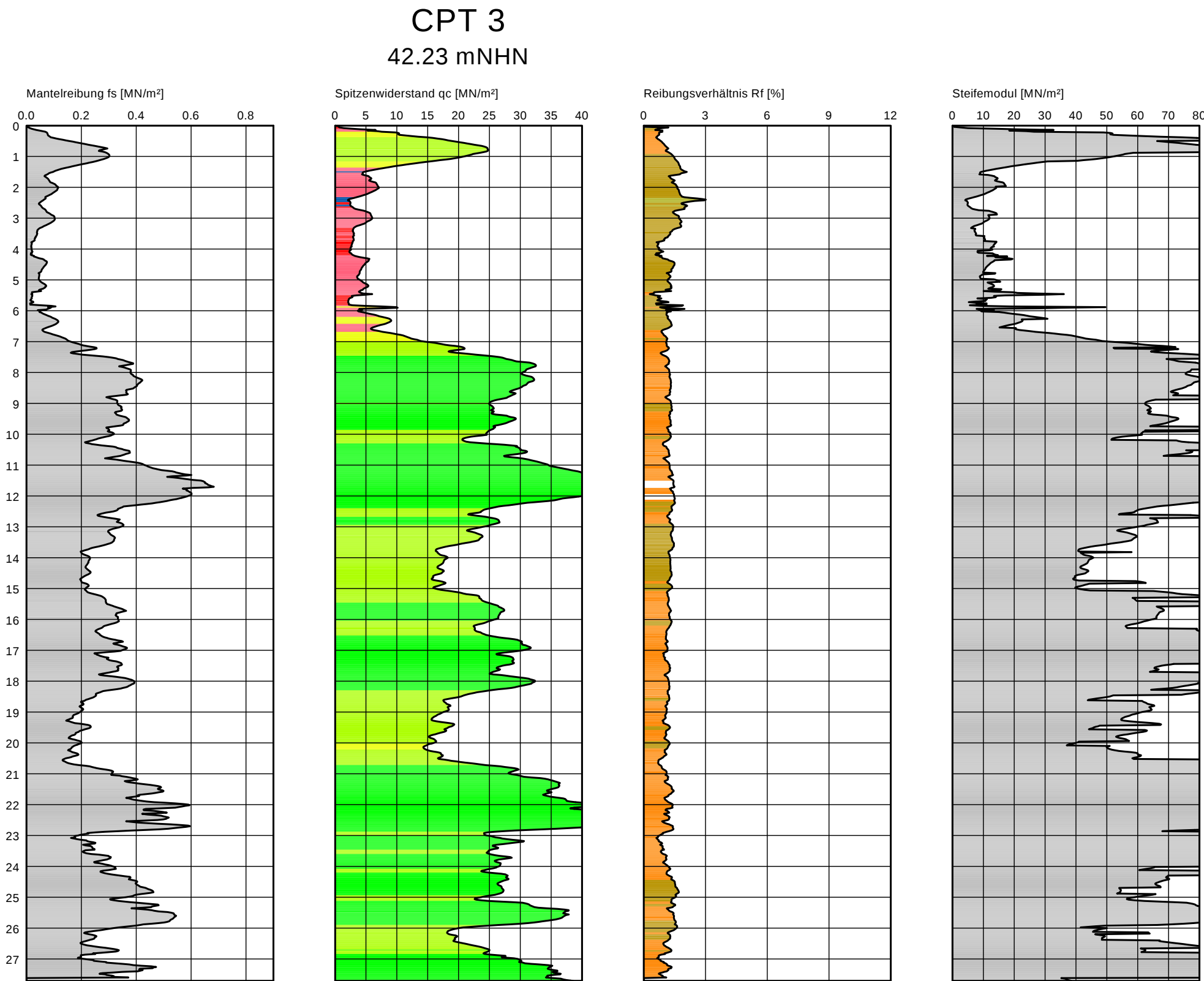
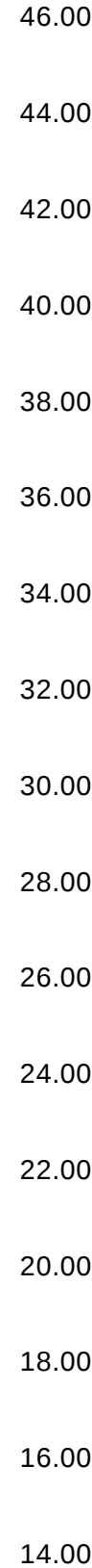
BS/GWMS 3

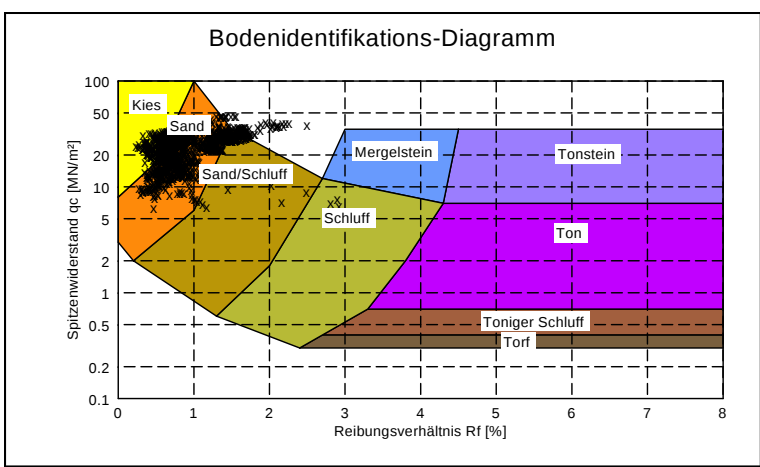
42.23 mNHN

2.30 (39.93)
17.07.19



mNHN





Konsistenzen:

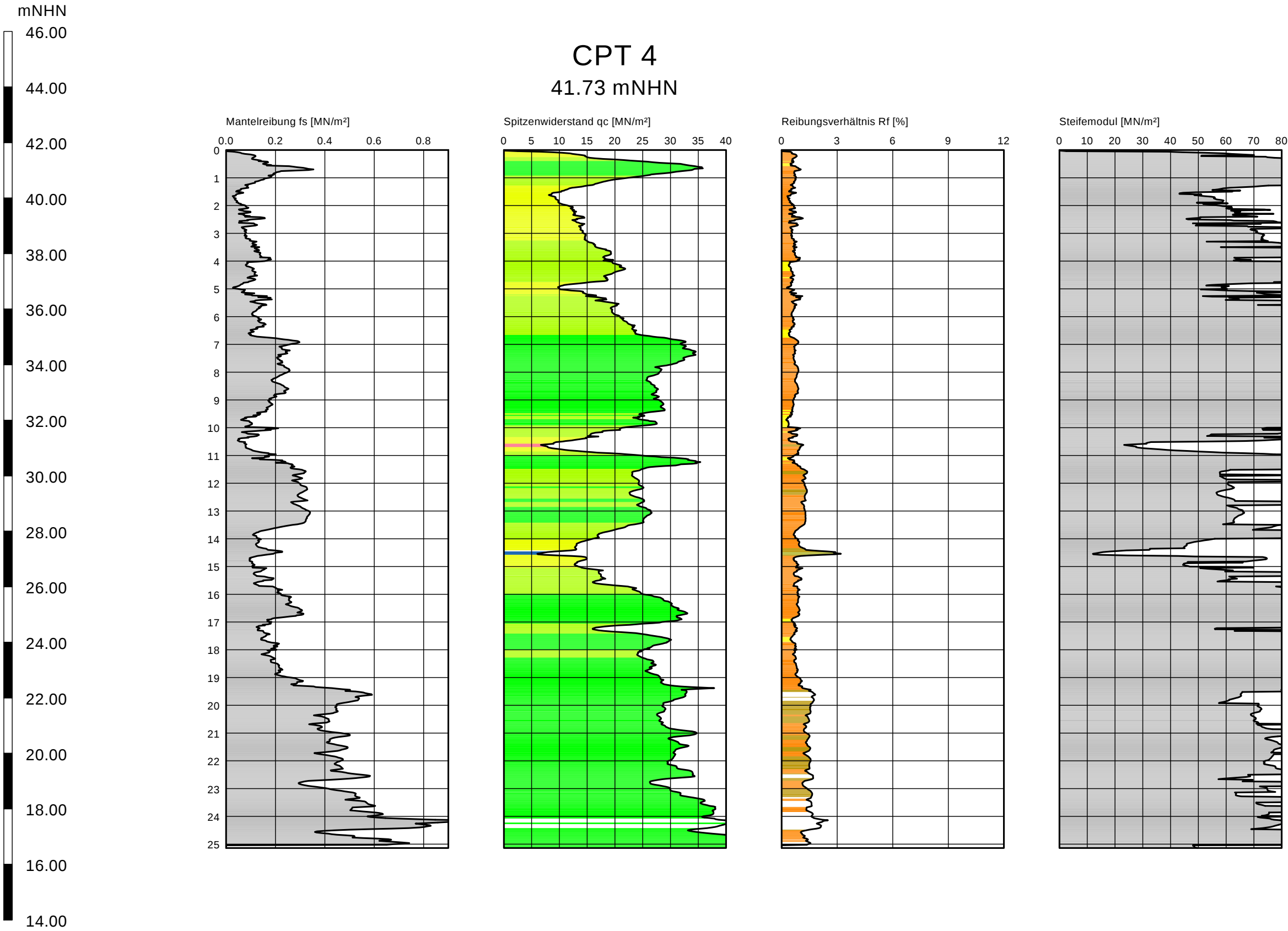
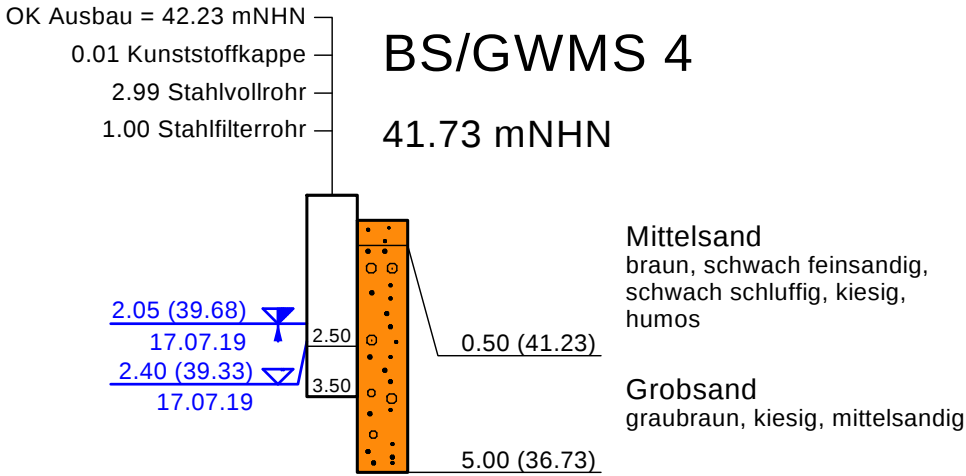
GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 2.12

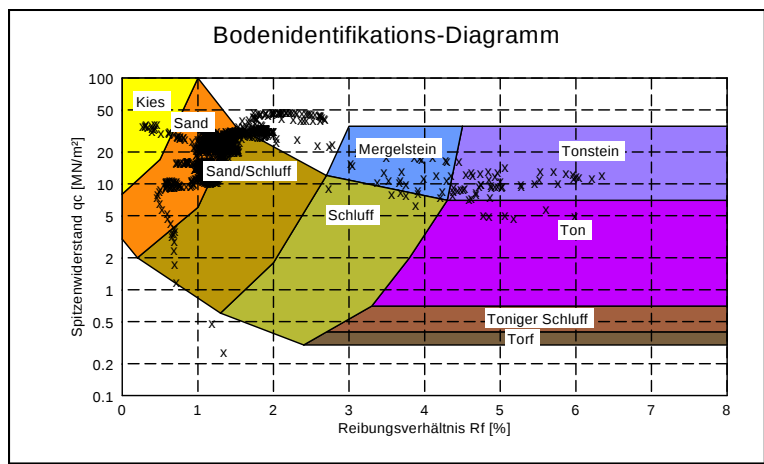
Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

CPT = Cone Penetration Test (Drucksondierung)

Maßstab 1 : 150





Konsistenzen:

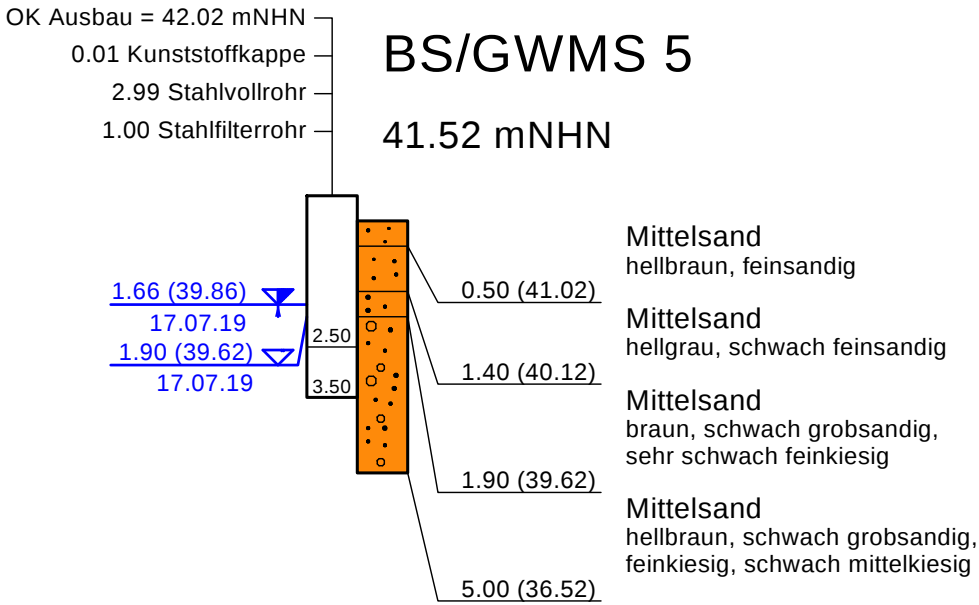
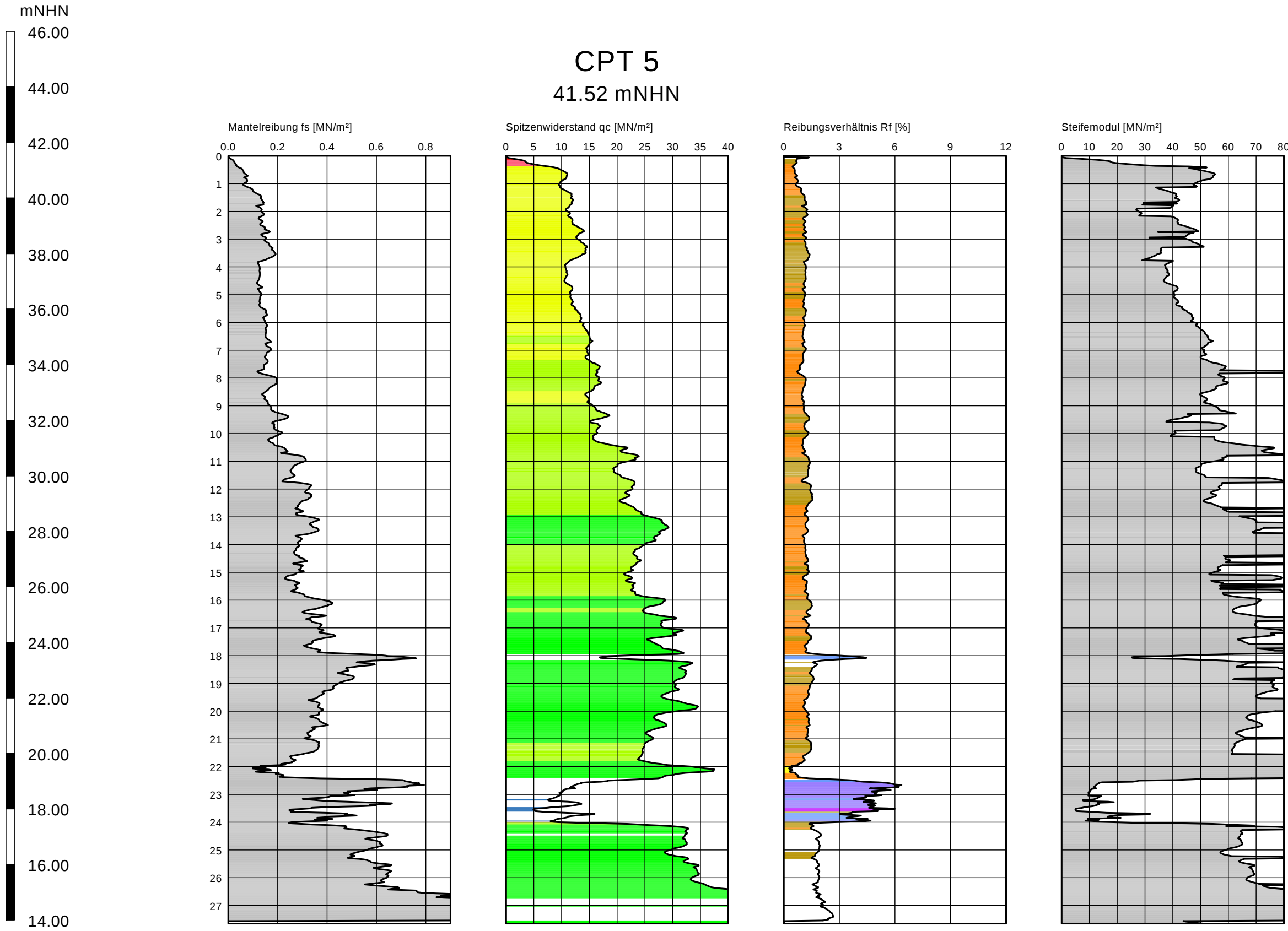
GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 2.13

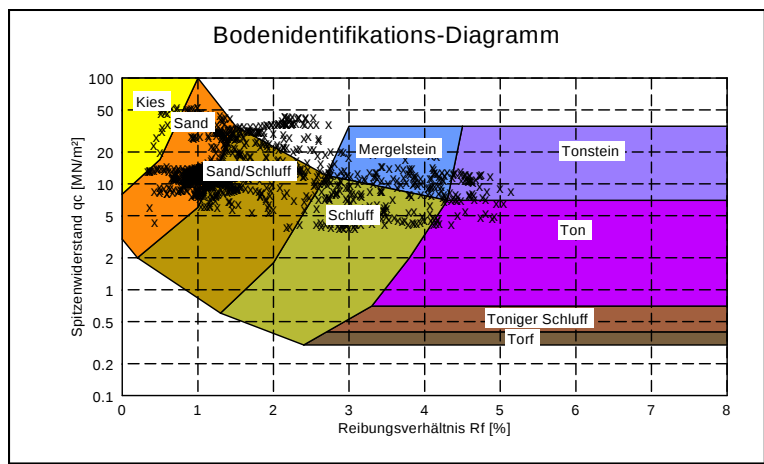
Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

CPT = Cone Penetration Test (Drucksondierung)

Maßstab 1 : 150





Konsistenzen:

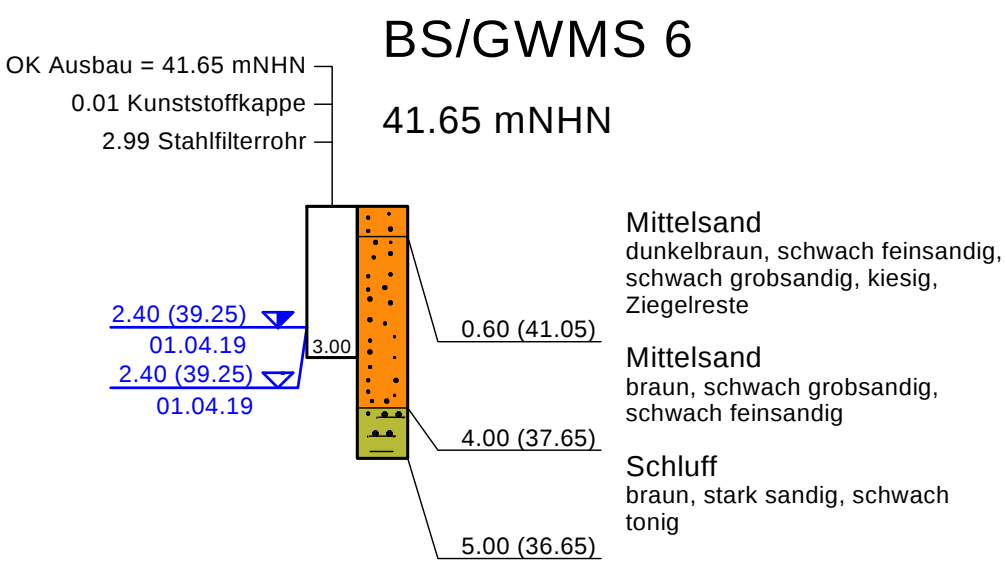
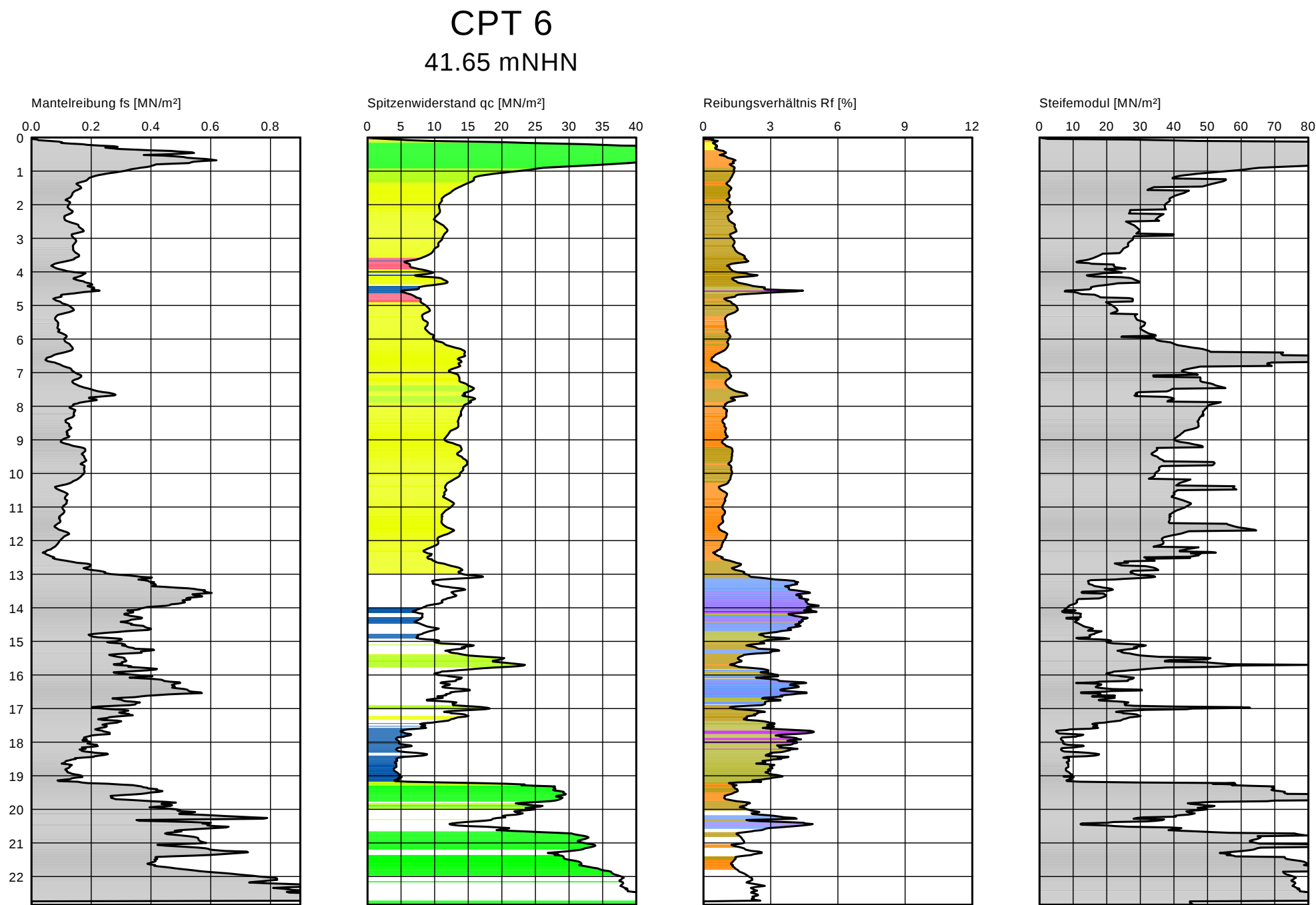
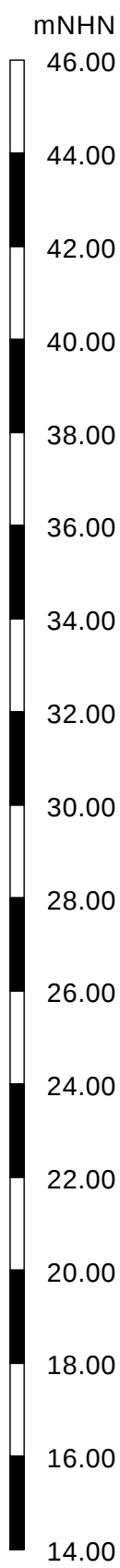
GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 2.14

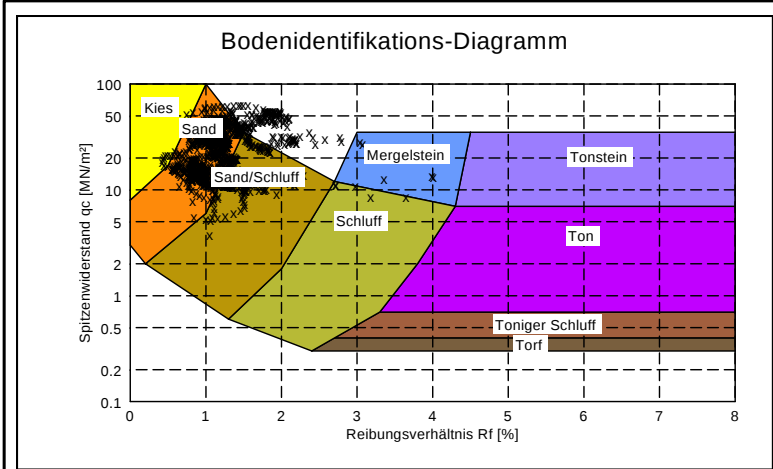
Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

CPT = Cone Penetration Test (Drucksondierung)

Maßstab 1 : 150





GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

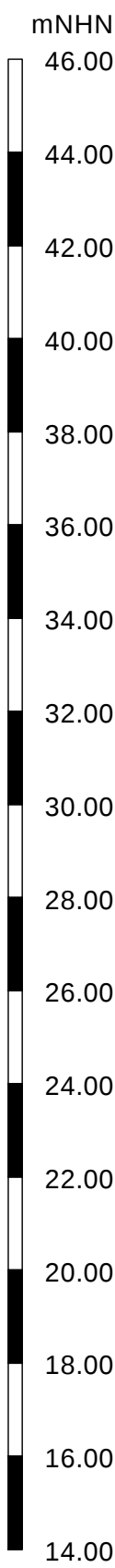
Bericht Nr.	5004 / 19
Anlage Nr.	2.15

Bodenprofil

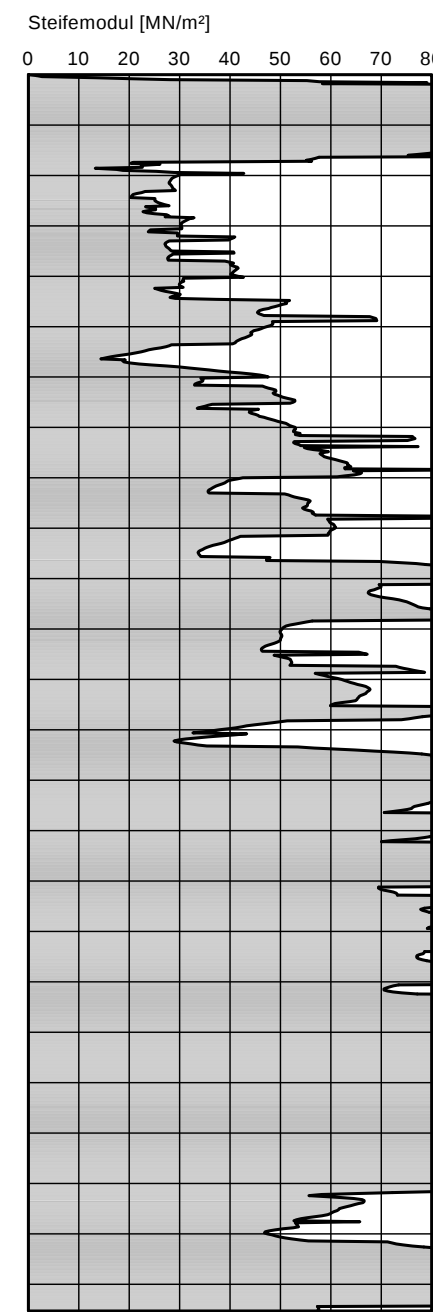
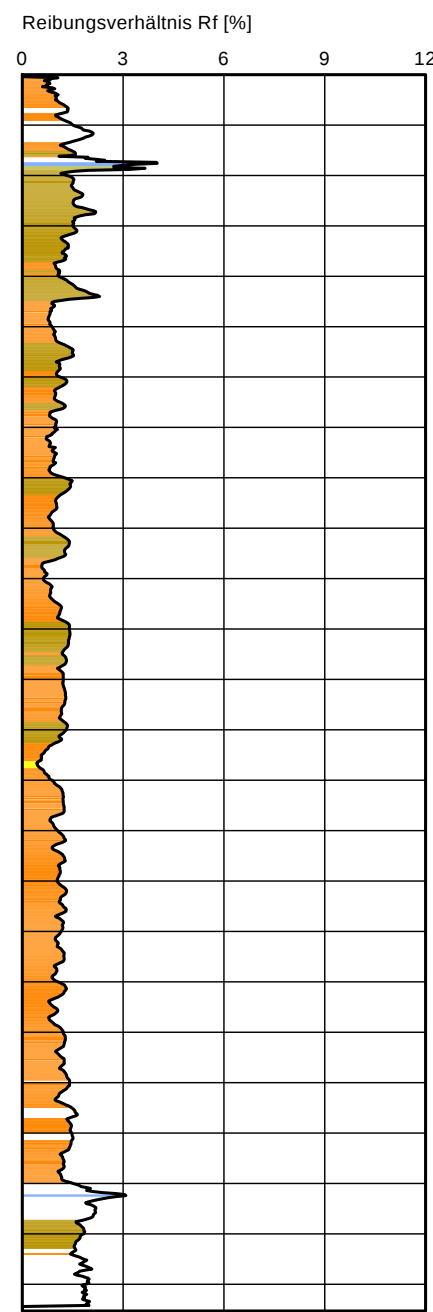
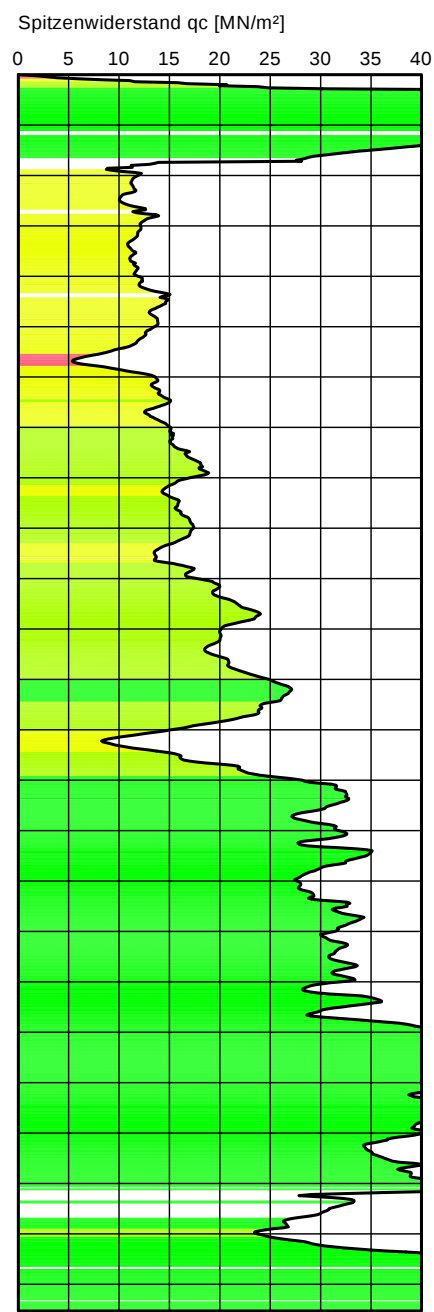
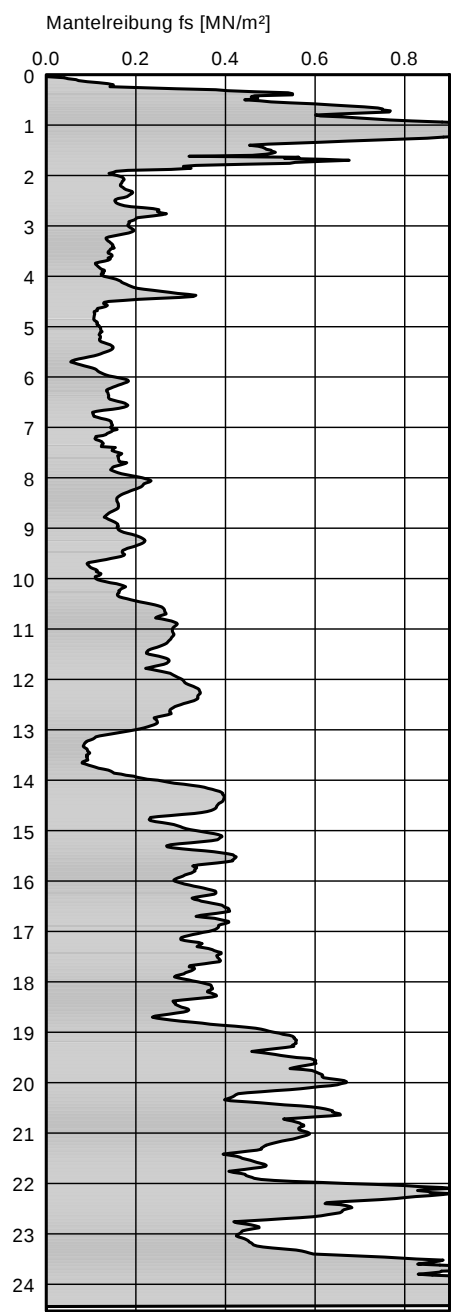
BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

CPT = Cone Penetration Test (Drucksondierung)

Maßstab 1 : 150



CPT 7
42.22 mNHN



GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: ES / TK / RS

Datum: 06.06.2019

Körnungslinie

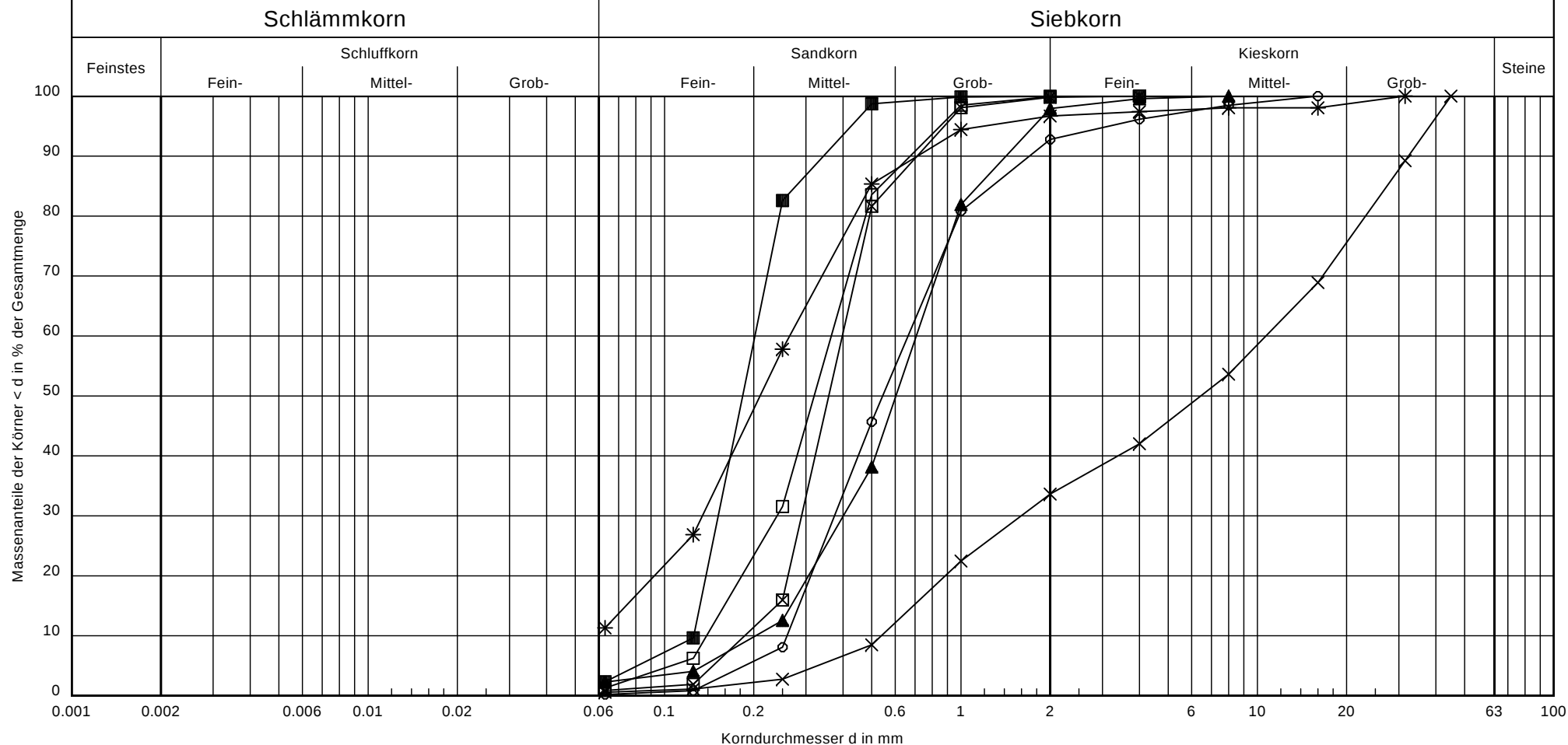
Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 45010 bis 45016

Probe entnommen am: Feb.-März 2019

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*	■—■	▲—▲
Entnahmestelle:	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 7	B 9
Tiefe:	4.80 - 8.20 m	15.30 - 16.70 m	3.80 - 20.50 m	0.00 - 12.60 m	0.30 - 5.90 m	11.70 - 14.70 m	9.70 - 12.70 m
Bodenart (DIN):	mS, gS, g', fs'	G, gs, ms'	mS, fs, gs'	mS, fs', gs'	mS, fs, u', gs'	fS, mS	gS, mS, fs'
Bodenart (neu):	fsa'csa*MSa	msa'csaGr	csa'fsaMSa	fsa'csa*MSa	csa'csi'fsa*MSa	MSa/FSa	fsa'MSa/CSa
Tl/U/S/G [%]:	- /0.2/92.6/7.2	- /0.6/33.1/66.4	- /1.3/98.6/0.1	- /0.9/99.0/0.2	- /11.3/85.4/3.3	- /2.3/97.6/0.0	- /2.3/95.6/2.1
Durchlässigkeit [m/s]:	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$2.7 \cdot 10^{-3}$	$7.2 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$3.8 \cdot 10^{-5}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$
Bodengruppe:	SE	GI	SE	SE	SU	SE	SE

Bemerkungen:
Sande und Kiese

Bericht:
5004 / 19
Anlage:
3.1.1

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bericht: 5004 / 19

Anlage: 3.1.2

Dichtebestimmung nach DIN 18 125

Deponie im Kiessandtagebau

Holzhausen

Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G

Datum: 01.10.2019

Prüfungsnummer: 45103, 45104

Art der Entnahme: ungestört

Material: Sand

Probe entnommen am: 17.07.2019

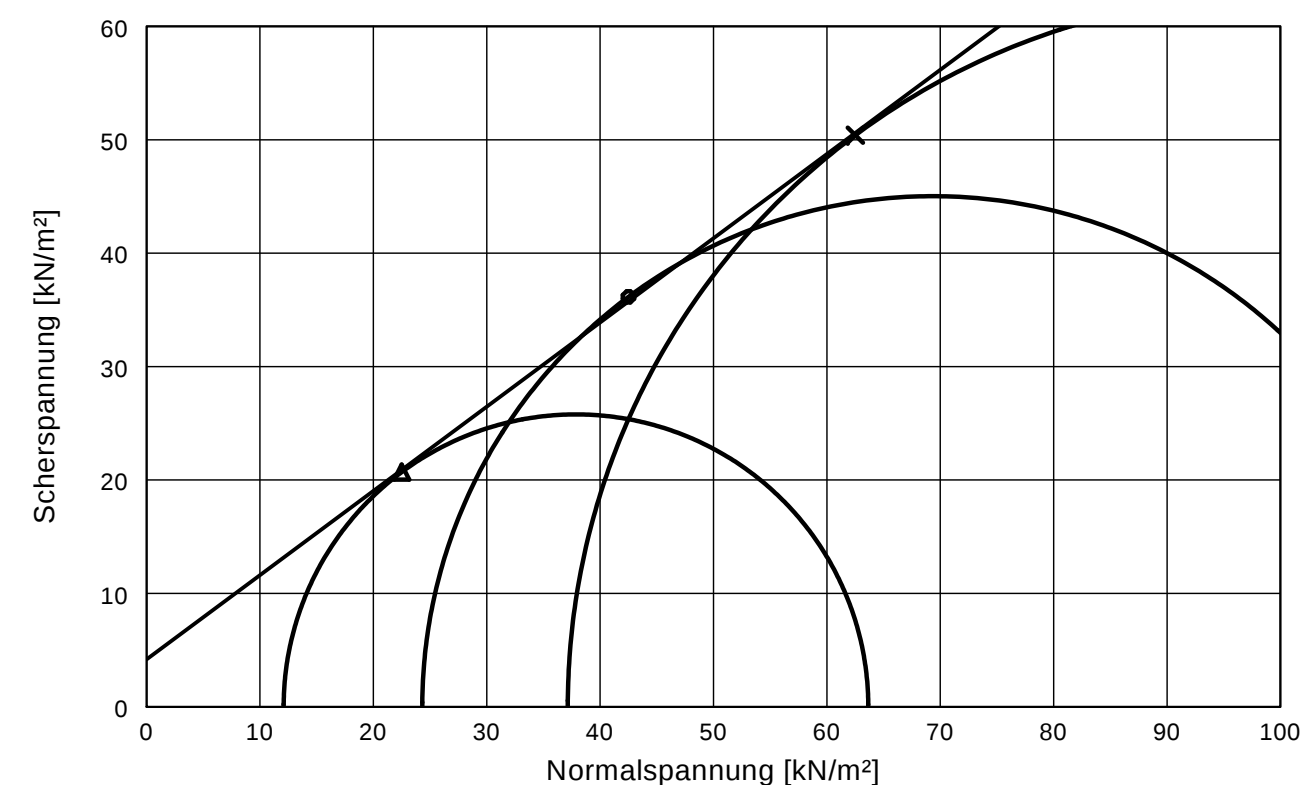
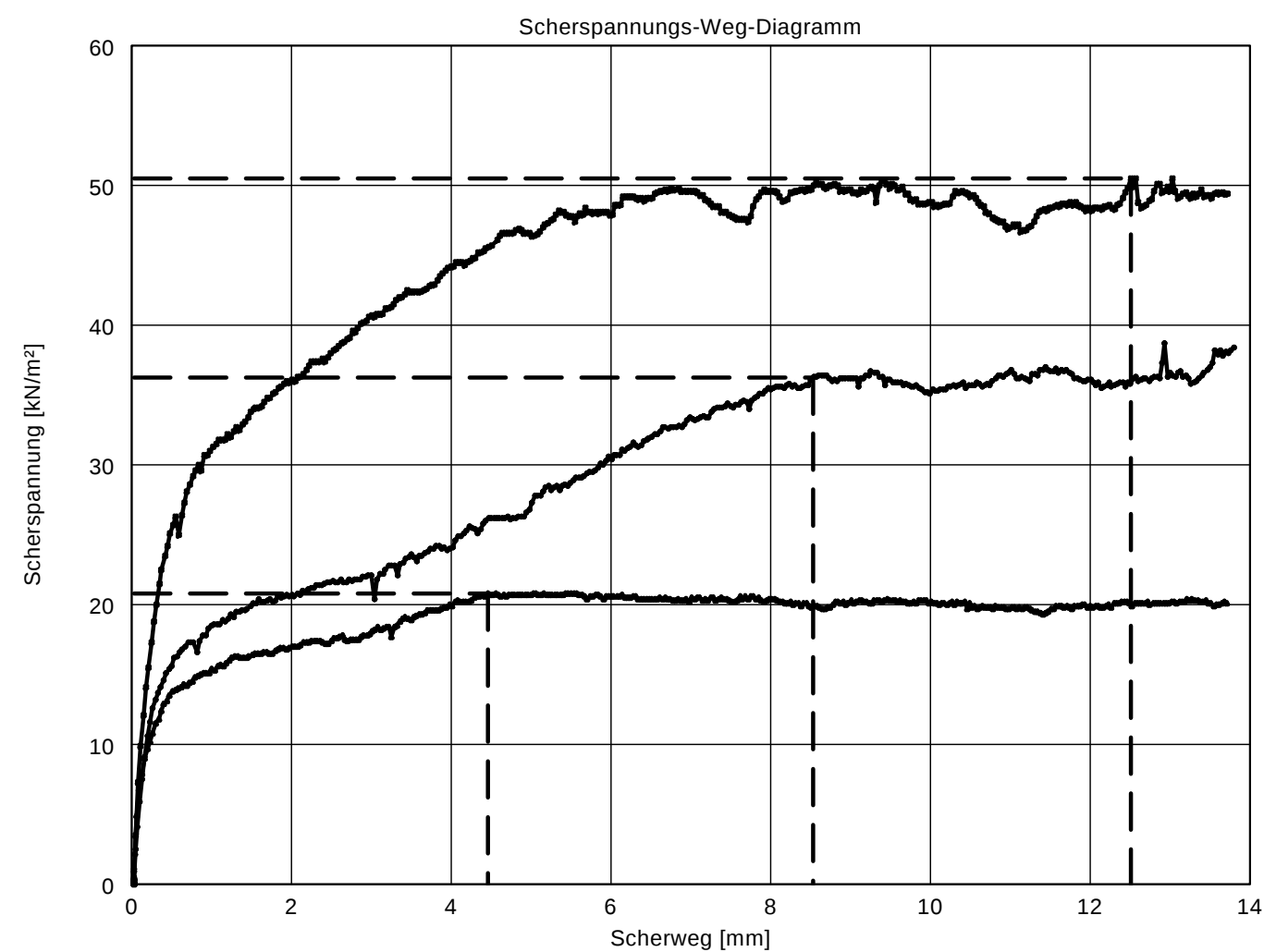
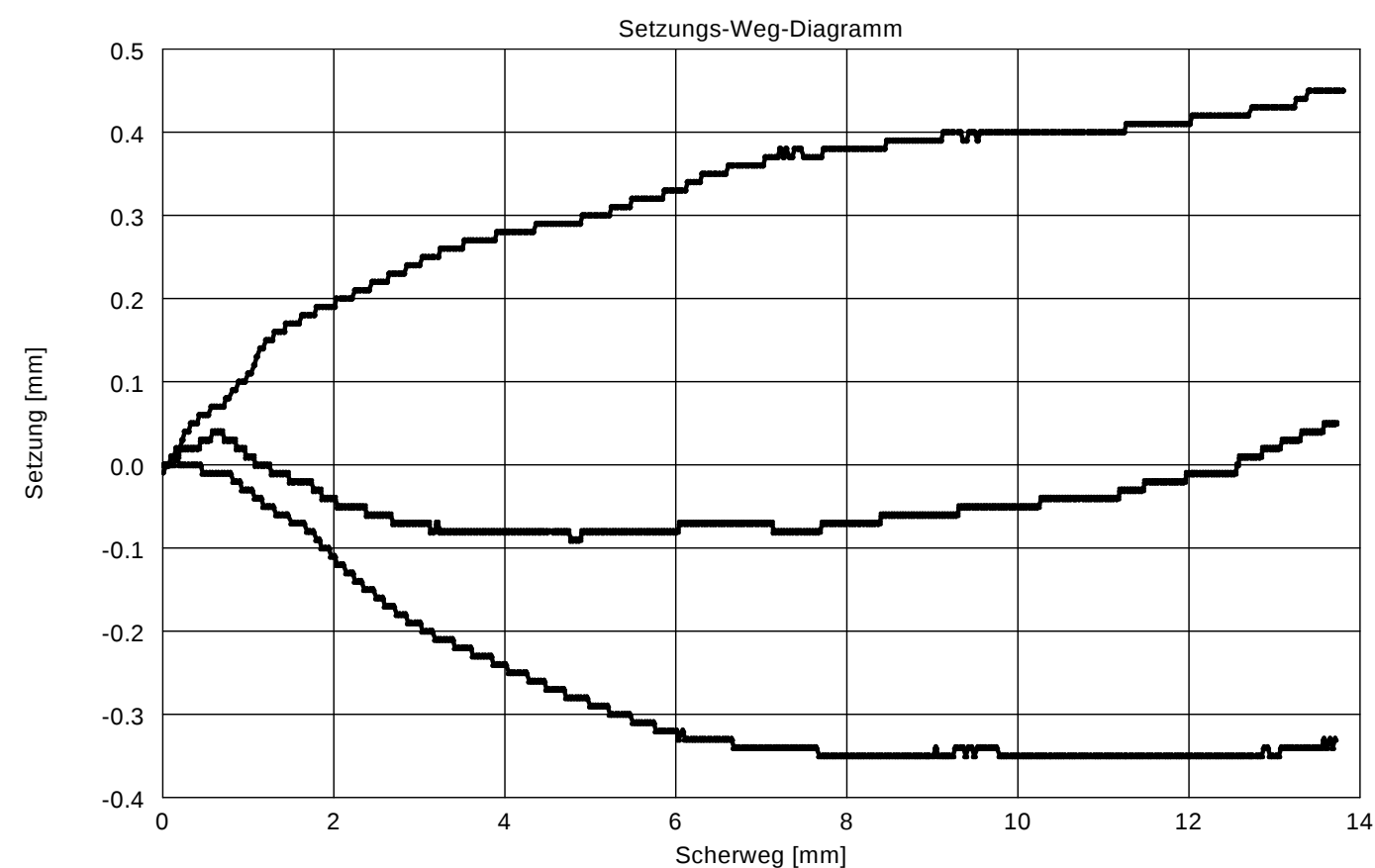
Probenbezeichnung:	Sch 4	Sch 5
Feuchtdichte ρ		
Feuchte Probe + Zylinder [g]:	2146.70	2161.80
Zylinder [g]:	571.50	586.20
Feuchte Probe [g]:	1575.20	1575.60
Volumen Zylinder [cm ³]:	868.60	868.60
Feuchtdichte ρ [g/cm ³]:	1.813	1.814
Wassergehalt durch Trocknen		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	750.50	773.20
Trockene Probe + Behälter [g]:	711.90	740.20
Behälter [g]:	251.20	250.10
Porenwasser [g]:	38.60	33.00
Trockene Probe [g]:	460.70	490.10
Wassergehalt [%]	8.38	6.73
Bestimmung der Trockendichte ρ_d		
Trockendichte ρ_d [g/cm ³]	1.673	1.700

Scherversuch nach DIN 18137
Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G

Datum: 01.10.2019

Prüfungsnummer: 45103
Entnahmestelle: Schurf 4
Tiefe: 0.75 m uGOK
Versuchsdurchführung: nass
Probe entnommen am: 17.07.2019



Versuch-Nr.	1▲	2●	3✕
Normalspannung [kN/m²]	22.5	42.5	62.5
Scherspannung [kN/m²]	20.7	36.2	50.4
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	1.0	1.0	1.0
Probenfläche [cm²]	100.0	100.0	100
w (vorher/nachher) [%]	8.4/9.5	8.5/9.9	7.9/10.7
Einbaudichte, trocken [g/cm³]	1.673	1.673	1.673

Reibungswinkel = 36.6 Grad
Kohäsion = 4.2 kN/m²
Korrelation = 1.000

Kompressionsversuch

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen

Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G

Datum: 17.07.2019

Prüfungsnummer: 45103

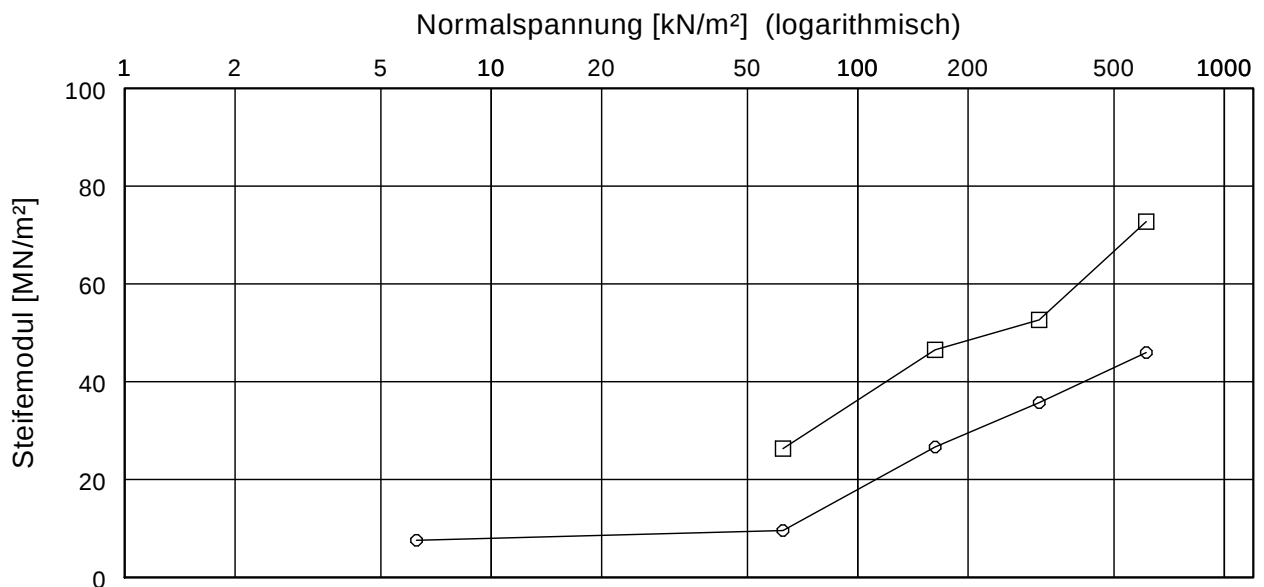
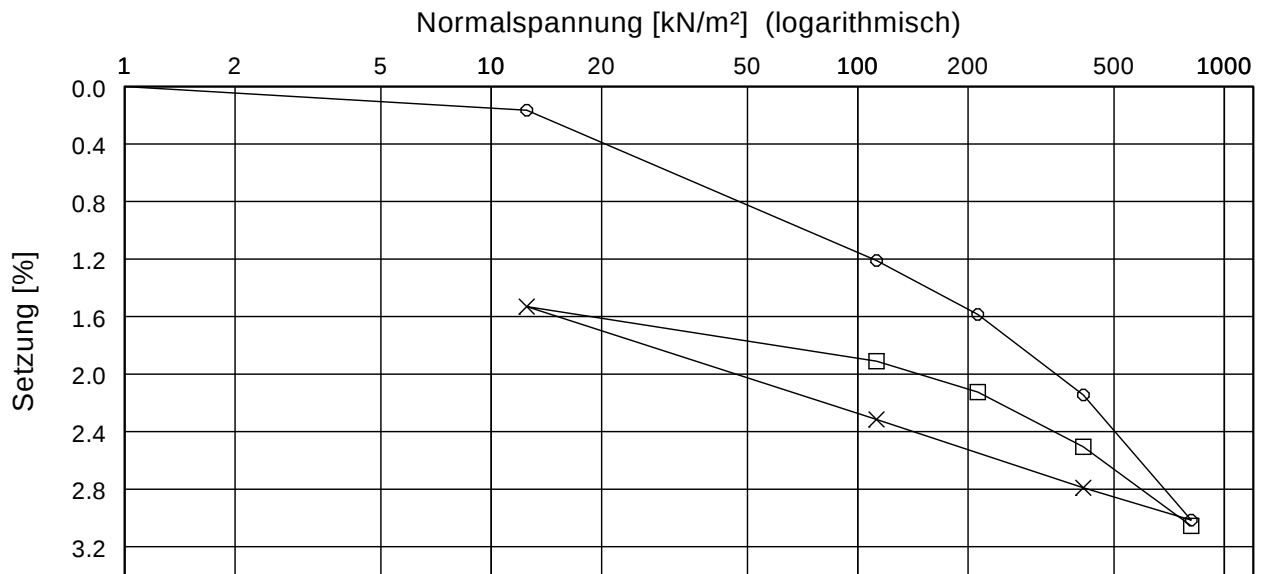
Entnahmestelle: Schurf 4

Tiefe: 0.75 m uGOK

Bodenart: Sand

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 17.07.2019



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	12.5	112.5	212.5	412.5	812.5	412.5	112.5	12.5	112.5	212.5	412.5	812.5
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.033	0.242	0.317	0.429	0.603	0.558	0.463	0.306	0.382	0.425	0.501	0.611
Steifemodule [MN/m ²]		7.6	9.6	26.7	35.7	46.0	-	-	-	26.3	46.5	52.6	72.7

Einbauhöhe [mm] = 20.000

w (vor/nach Versuch) [%] = 8.4/7.1

Probenfläche [cm²] = 36.0

Einbaudichte, feucht [g/cm³] = 1.813

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: ES / TK / RS

Datum: 06.06.2019

Körnungslinie

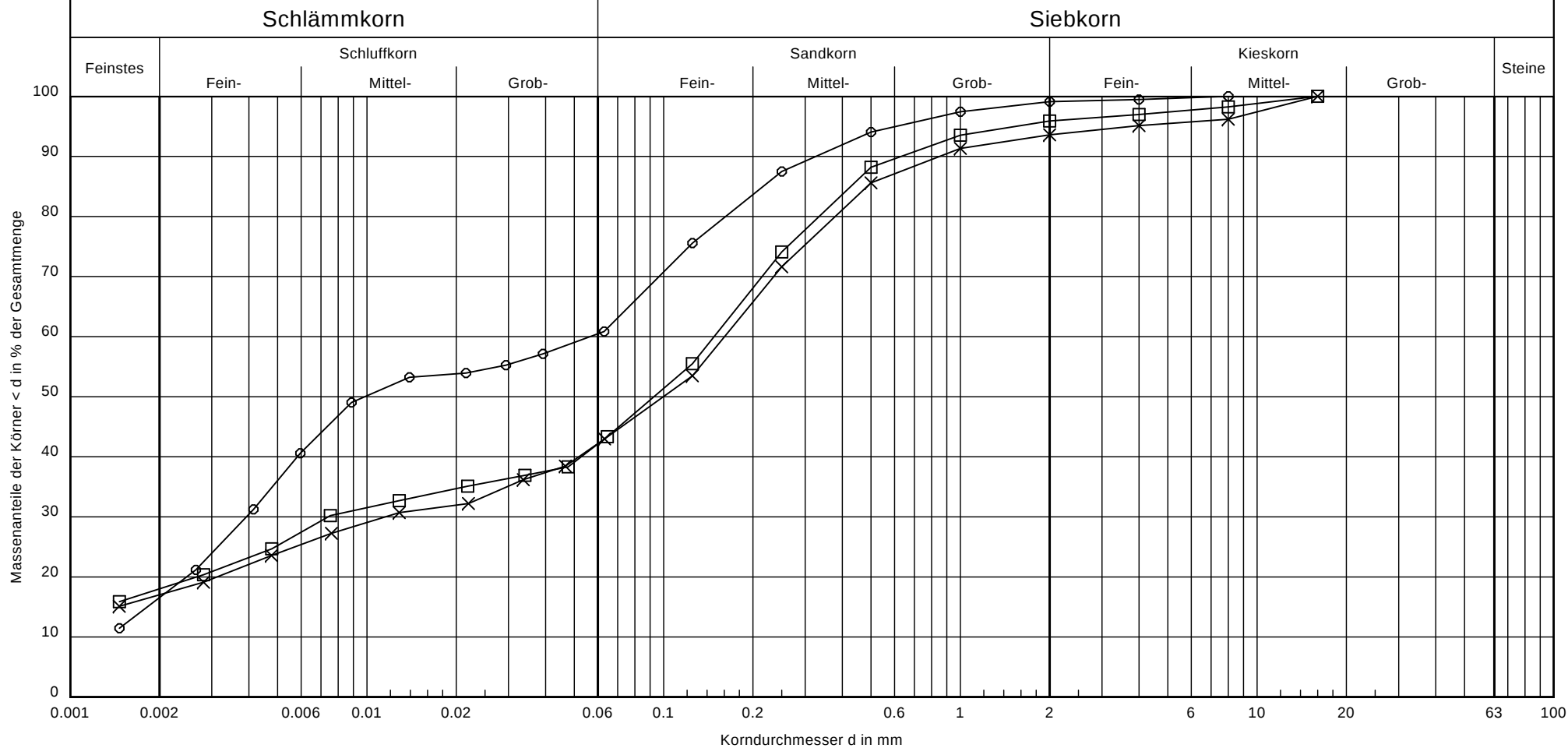
Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 45017 bis 45019

Probe entnommen am: Feb.-März 2019

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5 / - 7



Bezeichnung:	○ — ○	× — ×	□ — □
Entnahmenstelle:	B 1	BS 5	B 5
Tiefe:	8.20 - 8.50 m	6.80 - 11.50 m	11.50 - 21.50 m
Bodenart (DIN):	U, t, fs, ms'	S, t, u, g'	S, t, u
Bodenart (neu):	msa'clfsaSi	msi'fsi'csi'clSa	msi'csi'fsi'clSa
T/U/S/G [%]:	15.9/45.0/38.3/0.9	16.7/26.2/50.7/6.4	17.7/25.2/53.0/4.1
Bodengruppe:	TL	ST	ST

Bemerkungen:
Geschiebemergel

Bericht:
5004 / 19
Anlage:
3.2.1

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: SD / RS

Datum: 06.06.2019

Prüfungsnummer: 45019

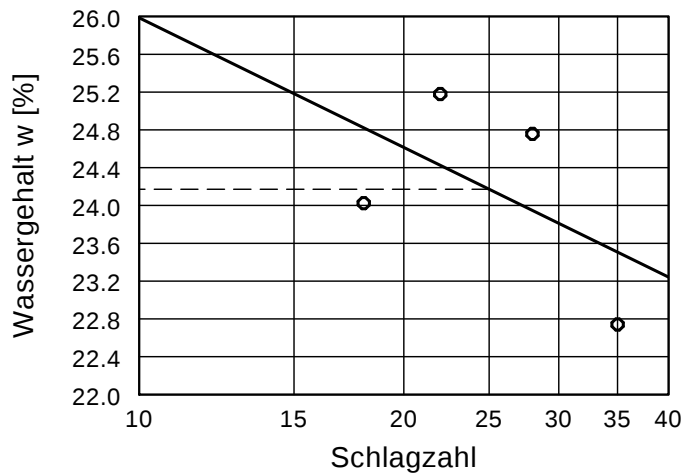
Entnahmestelle: B 1

Tiefe: 8.20 - 8.50 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Geschiebemergel

Probe entnommen am: Feb. bis März 2019



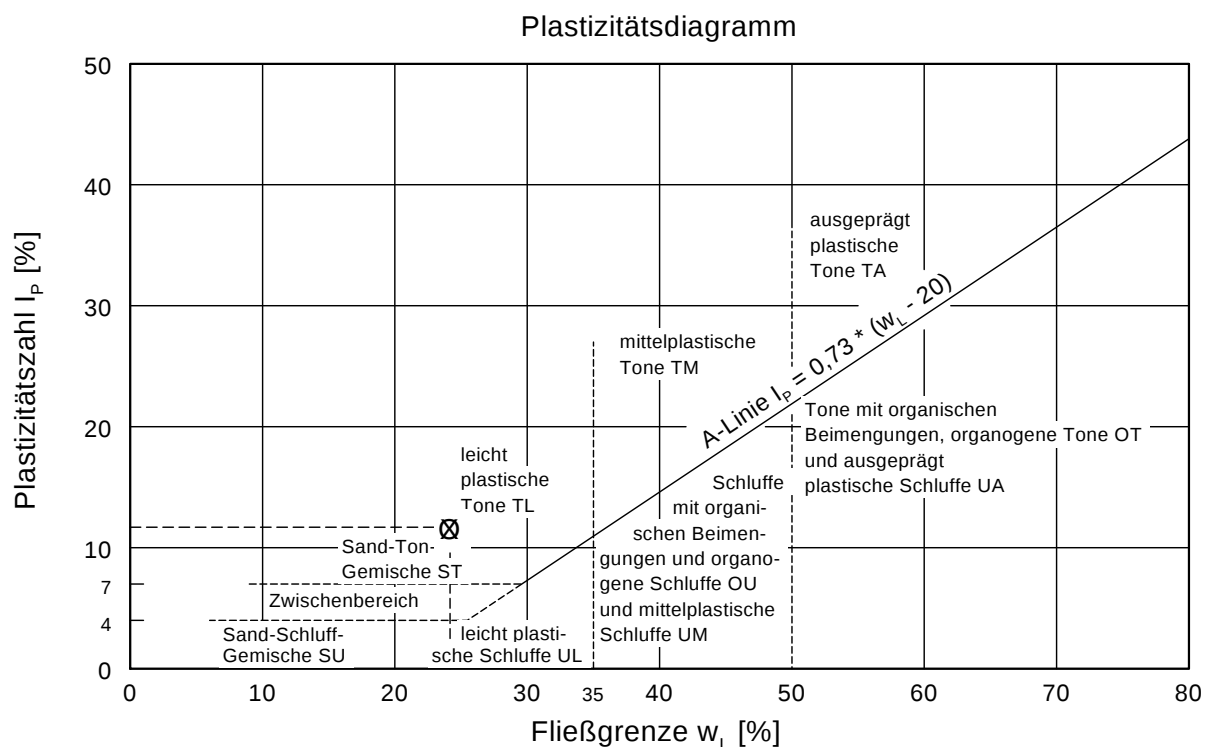
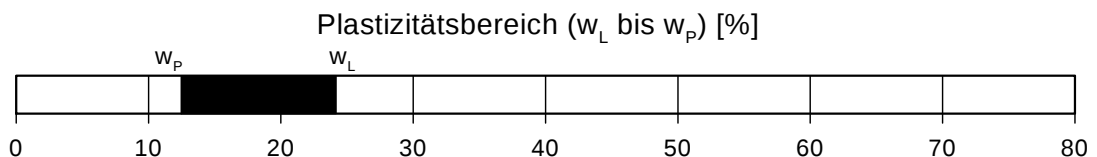
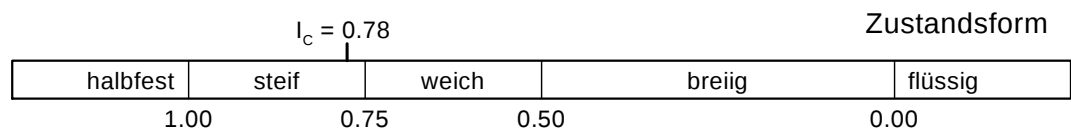
Wassergehalt $w =$ 15.1 %

Fließgrenze $w_L =$ 24.2 %

Ausrollgrenze $w_p =$ 12.5 %

Plastizitätszahl $I_p =$ 11.7 %

Konsistenzzahl $I_c =$ 0.78



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: SD / RS

Datum: 06.06.2019

Prüfungsnummer: 45017

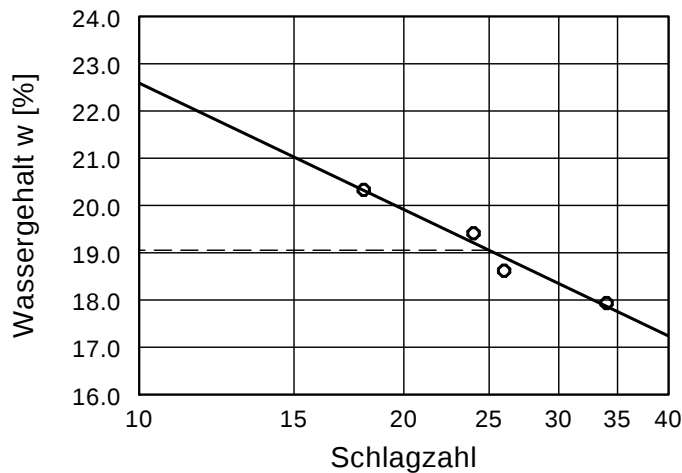
Entnahmestelle: B 5

Tiefe: 6.80 - 11.50 m

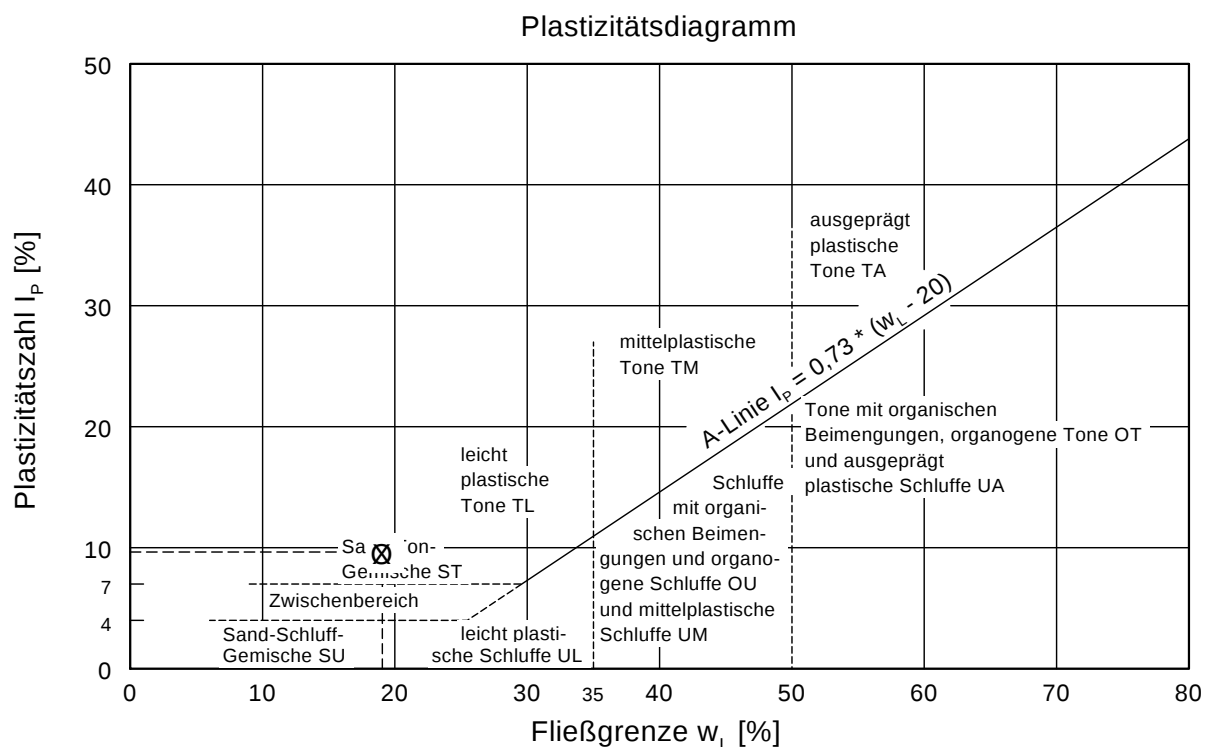
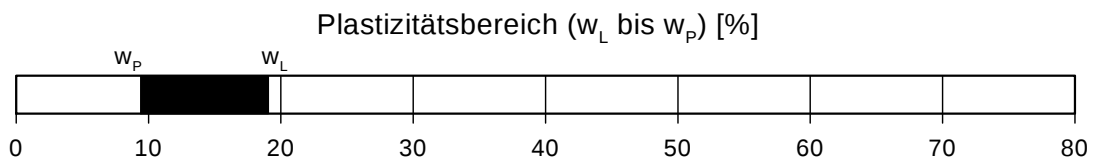
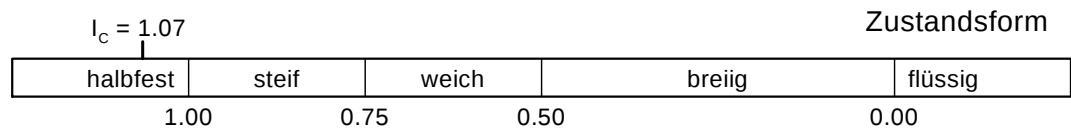
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Geschiebemergel

Probe entnommen am: Feb. bis März 2019



Wassergehalt $w = 8.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 19.1 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 9.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 9.7 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.07$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: SD / RS

Datum: 06.06.2019

Prüfungsnummer: 45018

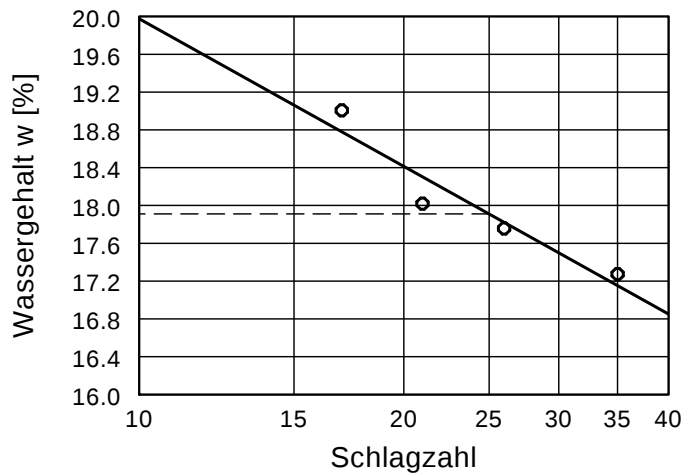
Entnahmestelle: B 5

Tiefe: 11.50 - 21.50 m

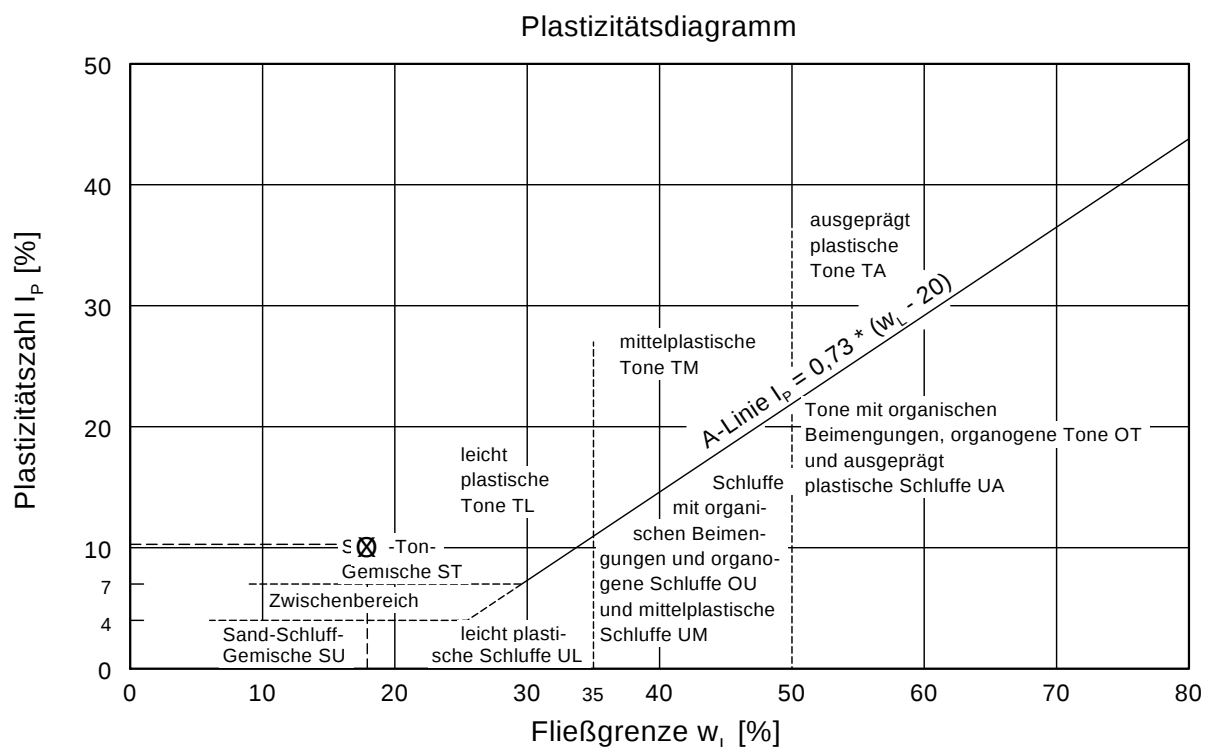
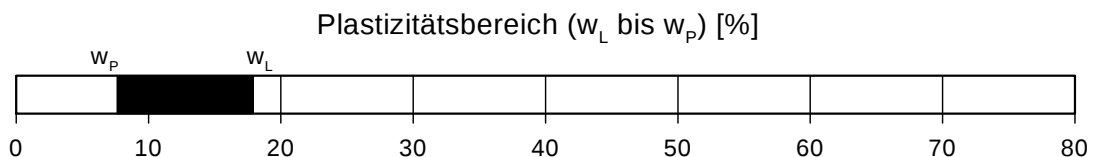
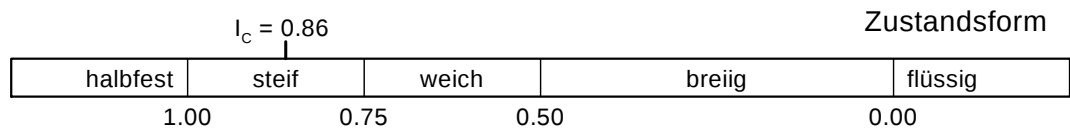
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Geschiebemergel

Probe entnommen am: Feb. bis März 2019



Wassergehalt $w = 9.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 17.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 7.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 10.3 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.86$



GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bericht: 5004 / 19

Anlage: 3.2.3

Dichtebestimmung nach DIN 18 125

Deponie im Kiessandtagebau

Holzhausen

Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G

Datum: 01.10.2019

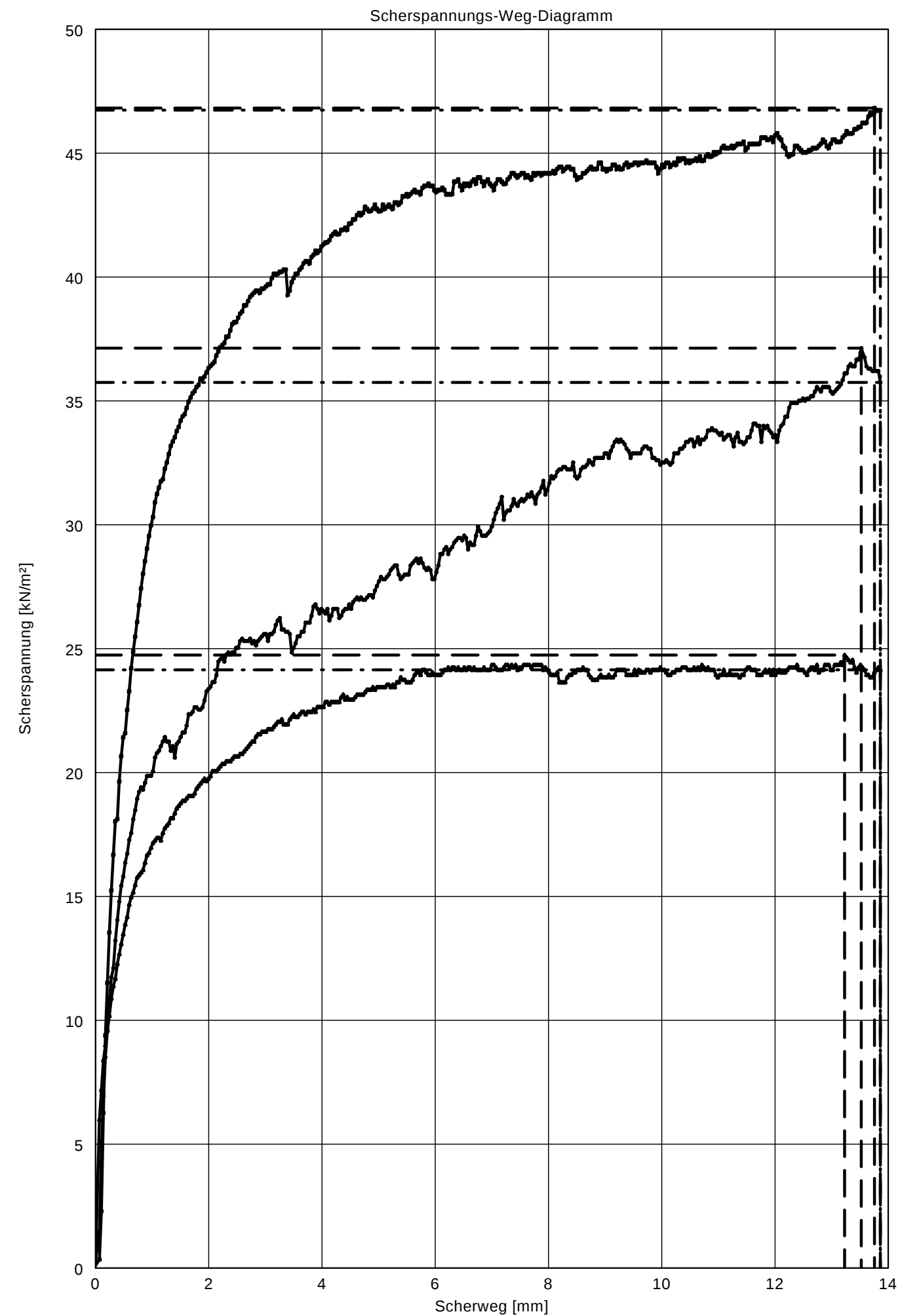
Prüfungsnummer: 45105, 45106

Art der Entnahme: ungestört

Material: Geschiebemergel

Probe entnommen am: 0//2019

Probenbezeichnung:	B 5, 9.00 - 9.30 m	B 5, 14.00 - 14.30 m
Feuchtdichte ρ		
Feuchte Probe + Zylinder [g]:	2359.60	2406.30
Zylinder [g]:	576.20	575.80
Feuchte Probe [g]:	1783.40	1830.50
Volumen Zylinder [cm ³]:	868.60	868.60
Feuchtdichte ρ [g/cm ³]:	2.053	2.107
Wassergehalt durch Trocknen		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	814.90	823.80
Trockene Probe + Behälter [g]:	769.30	776.10
Behälter [g]:	250.20	250.70
Porenwasser [g]:	45.60	47.70
Trockene Probe [g]:	519.10	525.40
Wassergehalt [%]	8.78	9.08
Bestimmung der Trockendichte ρ_d		
Trockendichte ρ_d [g/cm ³]	1.887	1.932



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bericht: 5004 / 19

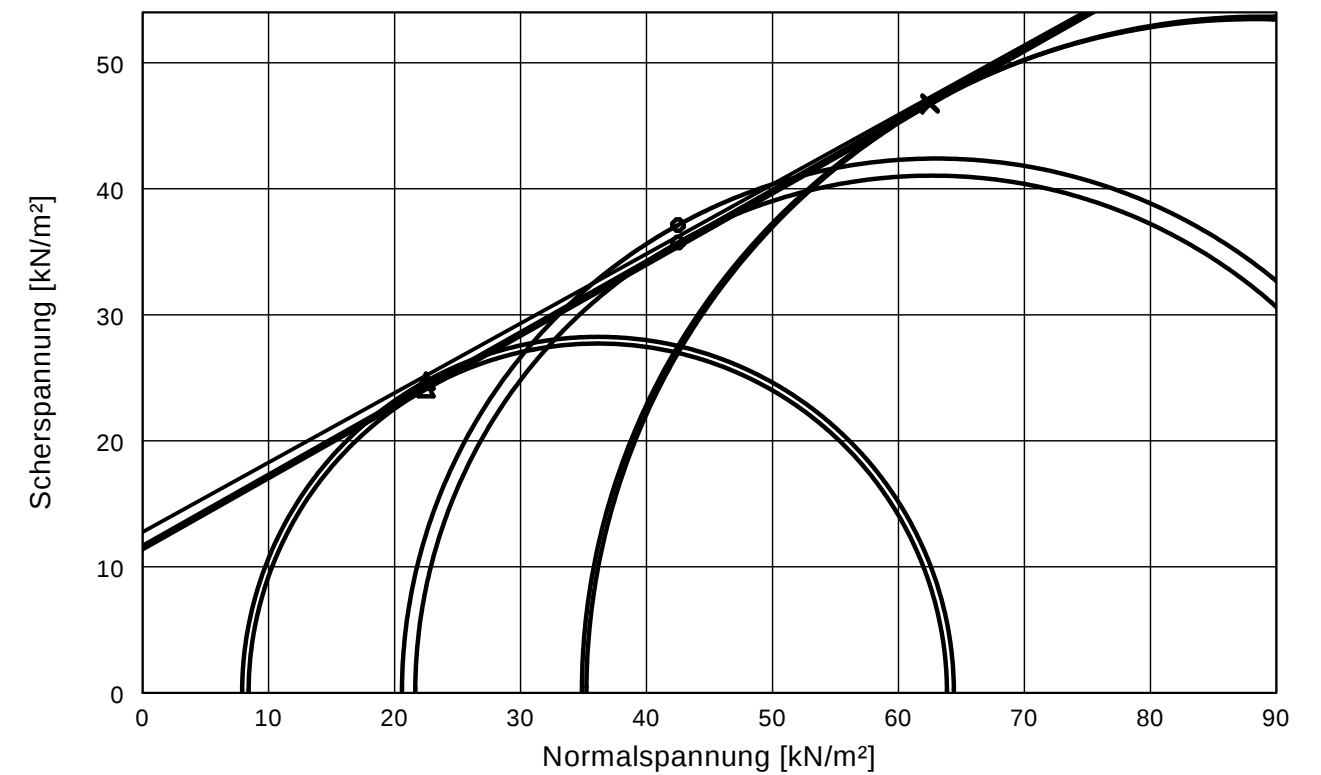
Anlage: 3.2.4

Scherversuch nach DIN 18137
Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G

Datum: 01.10.2019

Prüfungsnummer: 45105
Entnahmestelle: Bohrung B 5
Tiefe: 9.00 - 9.30 m
Versuchsdurchführung: nass
Probe entnommen am: 07/2019



Versuch-Nr.	1▲	2●	3✕
Normalspannung [kN/m ²]	22.5	42.5	62.5
Scherspannung [kN/m ²](B/G)	24.7 / 24.1	37.1 / 35.7	46.8 / 46.7
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0.06	0.06	0.06
Probenfläche [cm ²]	100.0	100.0	100.0
w (vorher/nachher) [%]	8.8/8.3	8.9/7.4	8.8/6.9
Einbaudichte, trocken [g/cm ³]	1.887	1.887	1.887

Reibungswinkel (B/G) = 28.9 / 29.5 Grad
Kohäsion (B/G) = 12.8 / 11.5 kN/m²
Korrelation r (B/G) = 0.998 / 1.000

Kompressionsversuch

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen

Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G

Datum: 01.10.2019

Prüfungsnummer: 45105

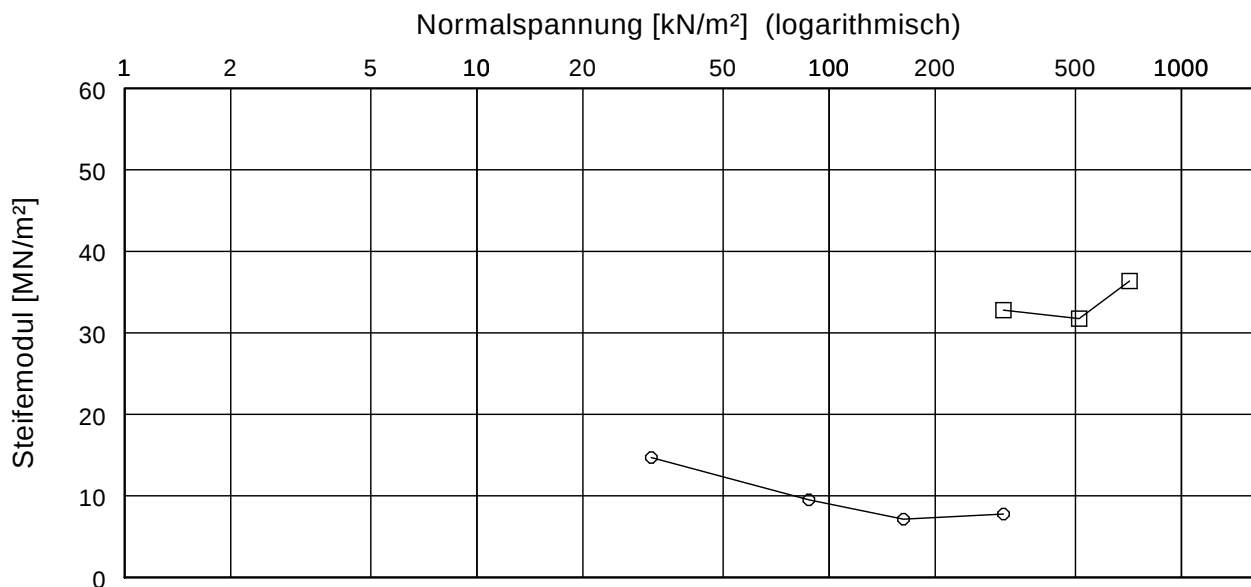
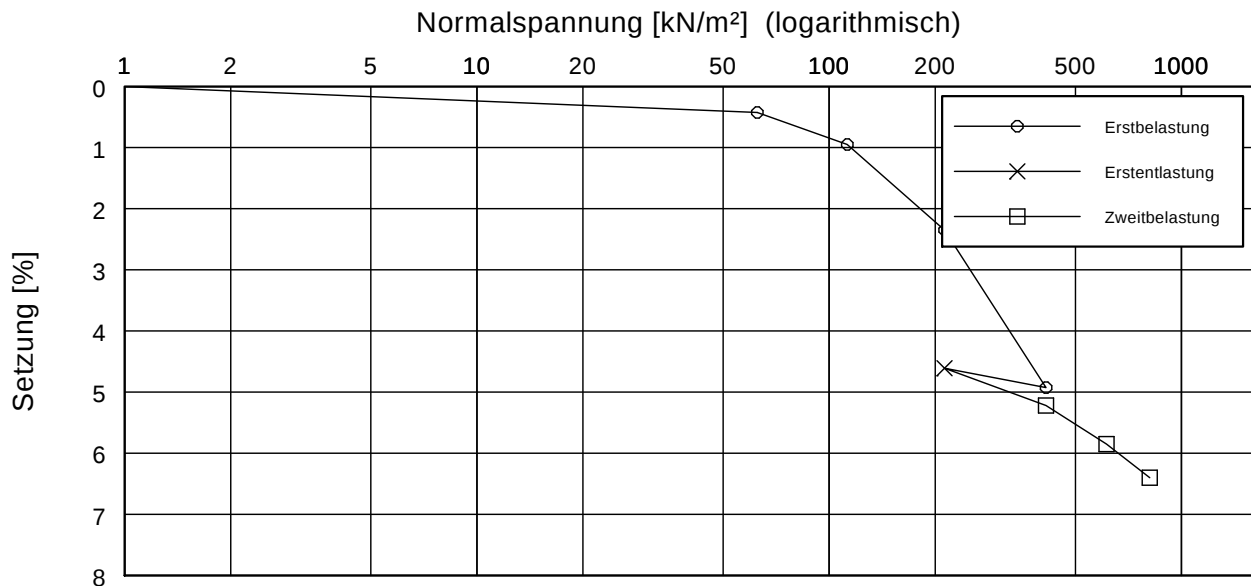
Entnahmestelle: Bohrung B 5

Tiefe: 9.00 - 9.30 m

Bodenart: Geschiebemergel

Art der Entnahme: ungestört

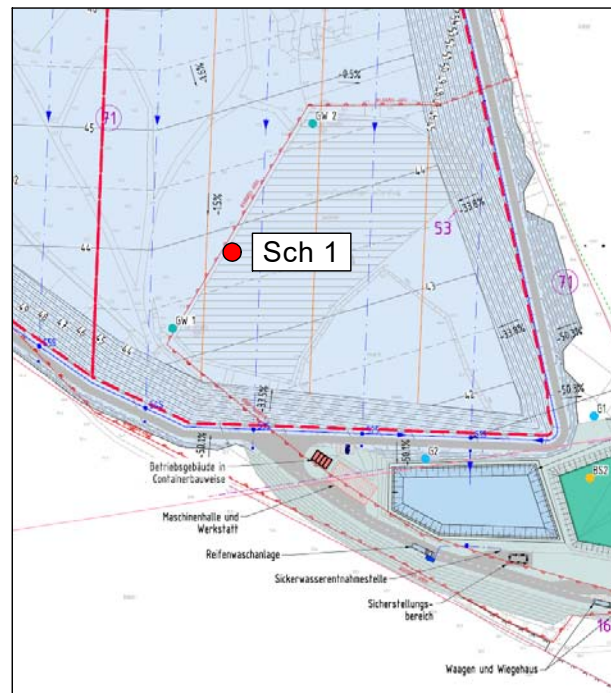
Probe entnommen am: 07/2019



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	62.5	112.5	212.5	412.5	212.5	412.5	612.5	812.5
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.085	0.190	0.470	0.985	0.922	1.044	1.170	1.280
Steifemodule [MN/m ²]		14.7	9.5	7.1	7.8	-	32.8	31.7	36.4

Einbauhöhe [mm] = 20.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 8.8/7.9
Probenfläche [cm ²] = 36.0	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 1.887

Lage



Fotodokumentation



GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 4.1

Baggerschurf 1

Maßstab d. H. 1 : 25

mNHN

42.0

41.0

40.0

39.0

38.0

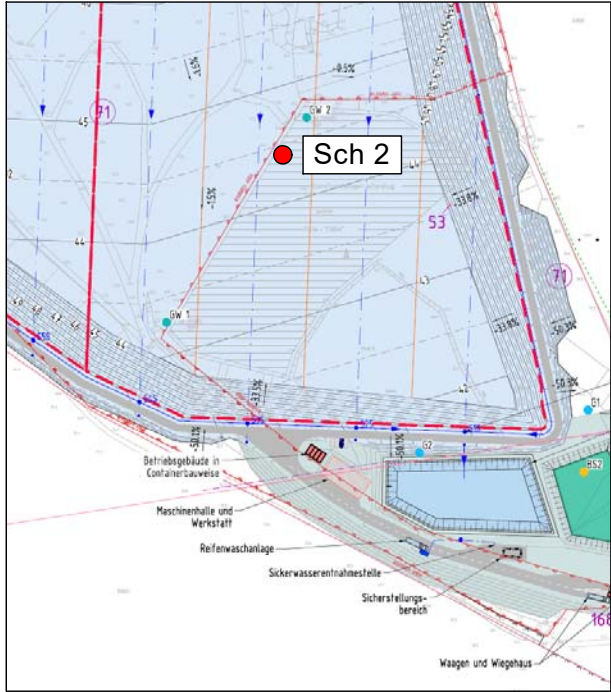
Sch 1

41.10 mNHN



Auffüllung
graubraun, (Sand, schwach
schluffig, kiesig, steinig,
geringe Ziegel- und Betonreste,
sehr wenige Folienrückstände)

Lage

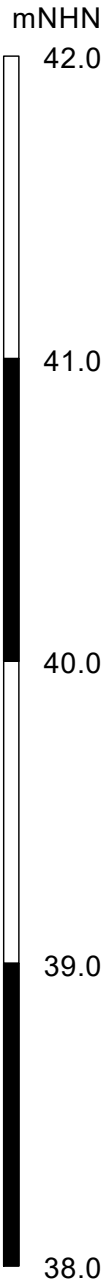


Fotodokumentation



GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 4.2

Baggerschurf 2
Maßstab d. H. 1 : 25

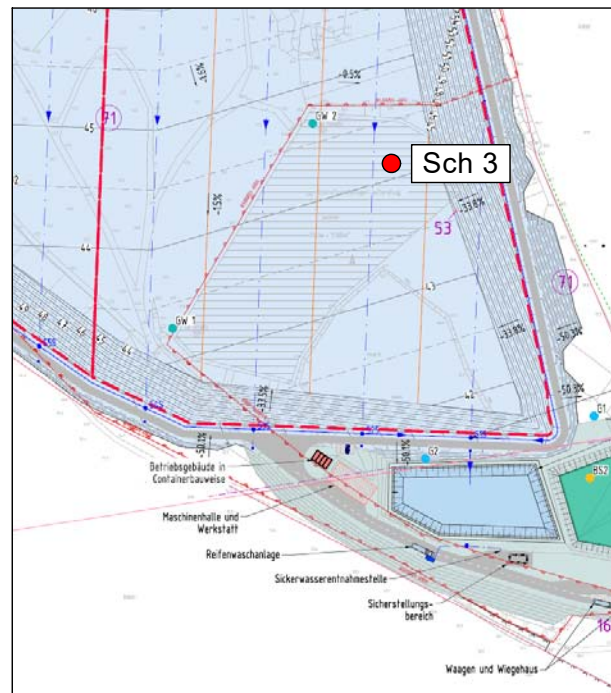


Sch 2
41.50 mNHN



Auffüllung
graubraun, (Sand, schwach
schluffig, kiesig, steinig,
geringe Ziegel- und Betonreste,
Betonbalken, wenige Folienreste)

Lage



Fotodokumentation



GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Holzhausen Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5004 / 19
		Anlage Nr. 4.3

Baggerschurf 3

Maßstab d. H. 1 : 25

mNHN

42.0

41.0

40.0

39.0

38.0

Sch 3

41.40 mNHN

A

2.20

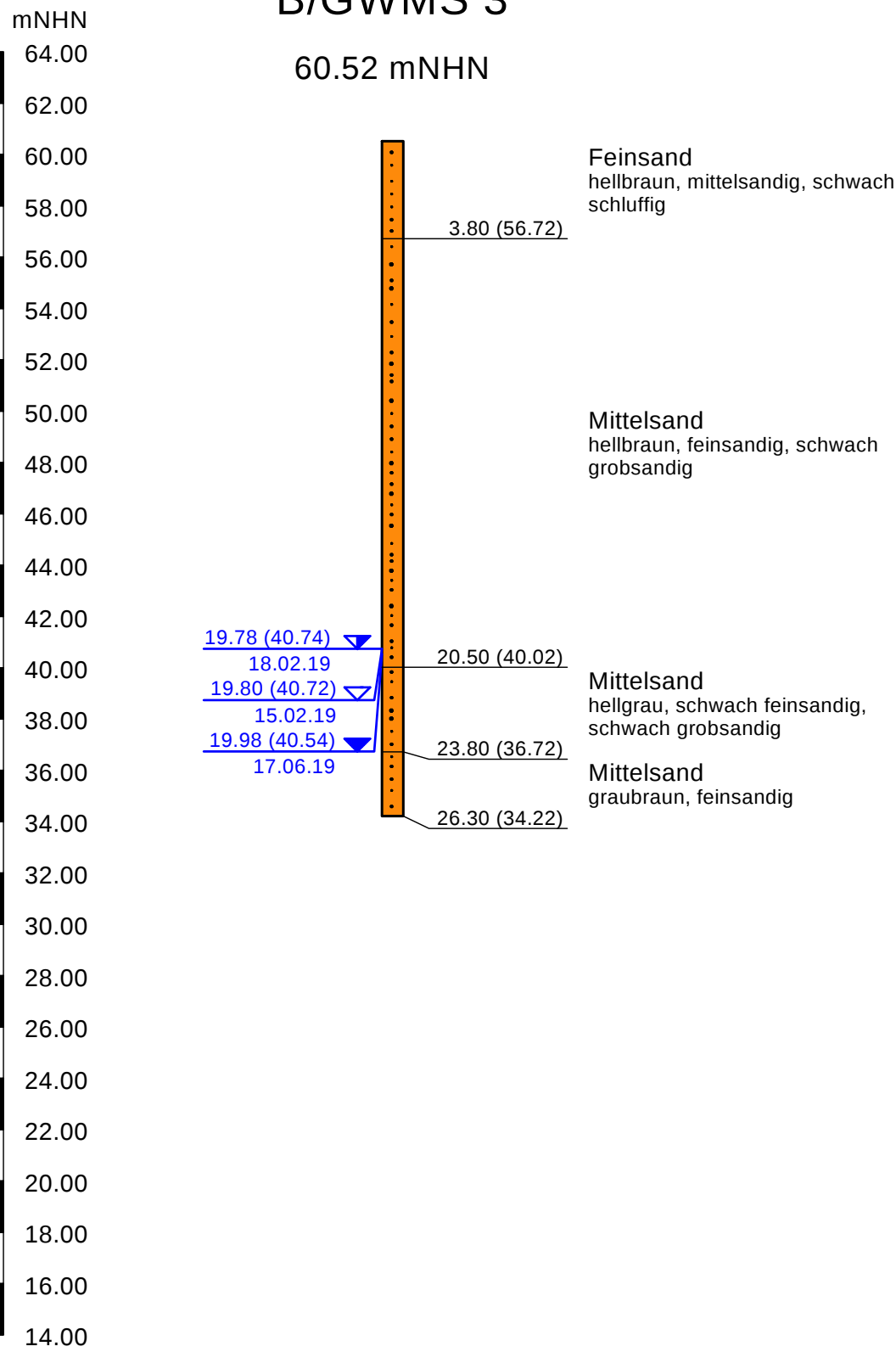
Auffüllung
graubraun, (Sand, schwach
schluffig, kiesig, steinig,
geringe Ziegel- und Betonreste,
wenige Folienreste)

Schnitt 1 - 1'
B = Trockendrehbohrung
CPT = Cone Penetration Test (Drucksondierung)
Maßstab der Höhe 1 : 300

in den Schnitt projiziert

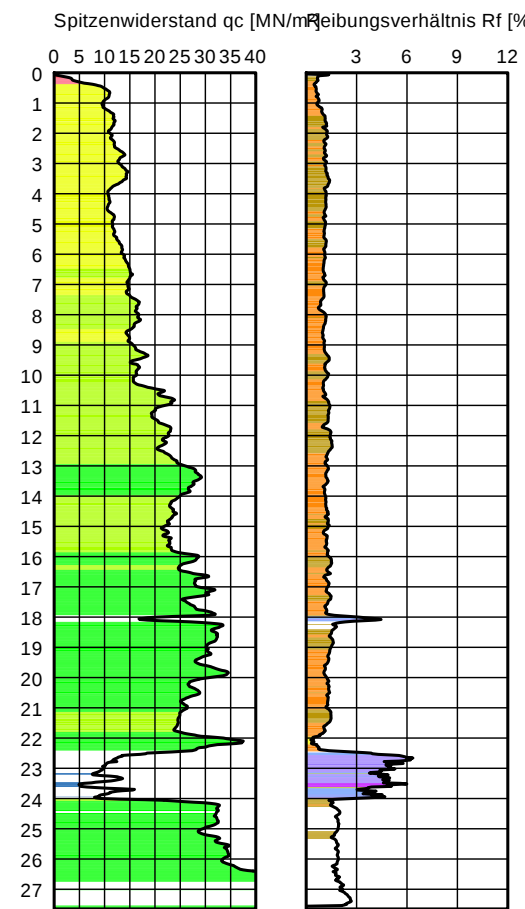
B/GWMS 3

60.52 mNHN



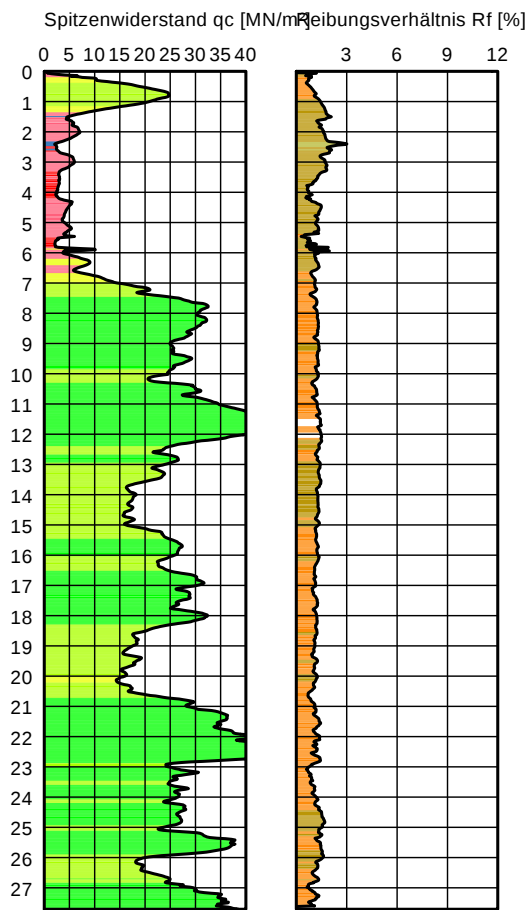
CPT 5

41.52 mNHN



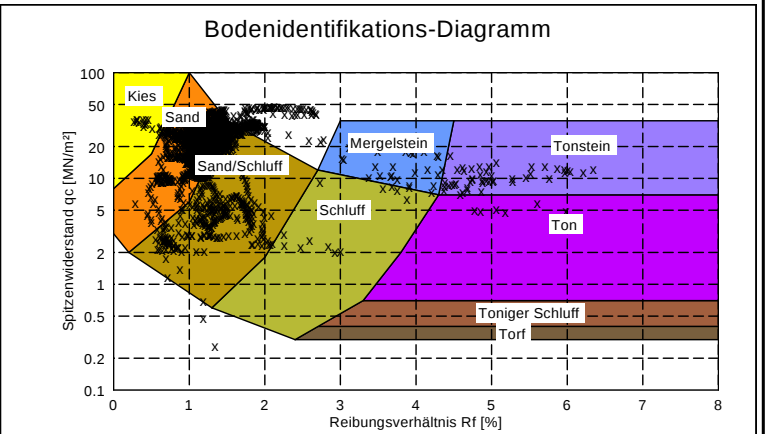
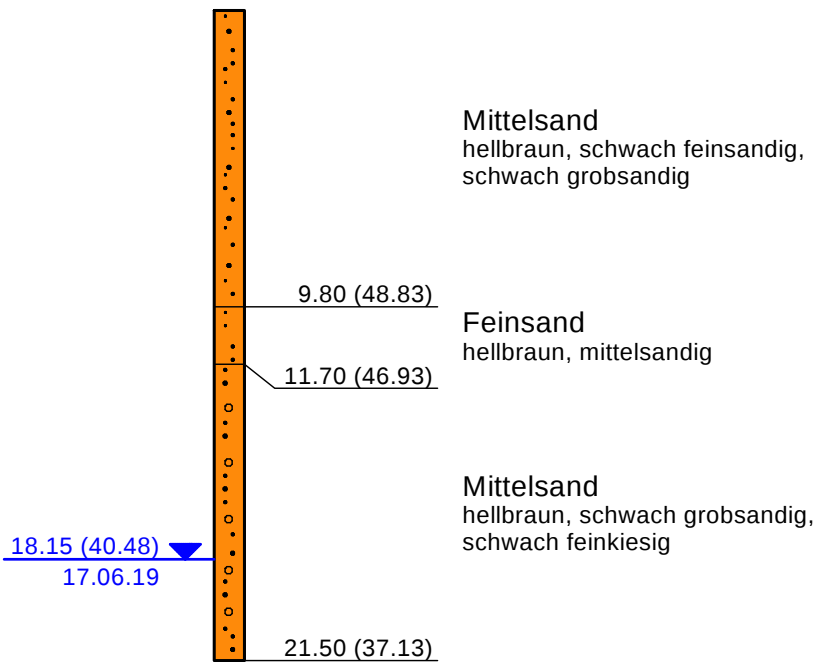
CPT 3

42.23 mNHN



B/GWMS 6

58.63 mNHN

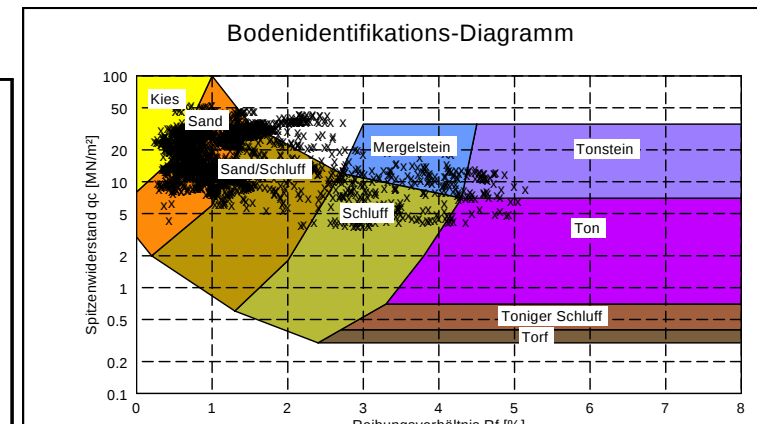


steif - halbfest

Bericht Nr.	5004 / 19
Anlage Nr.	5.2

Maßstab 1 : 250

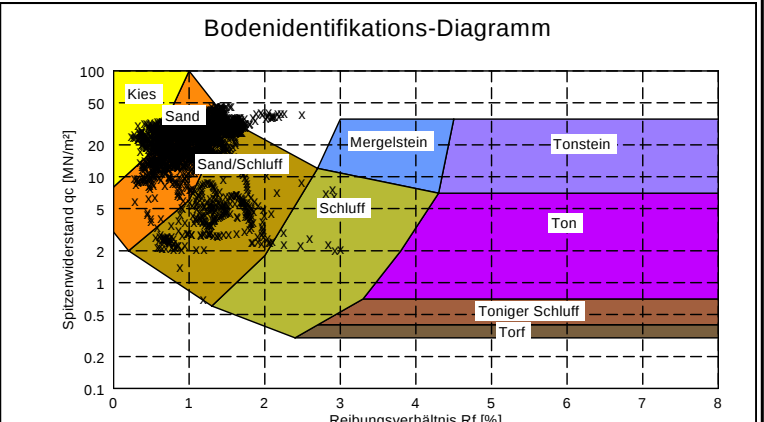
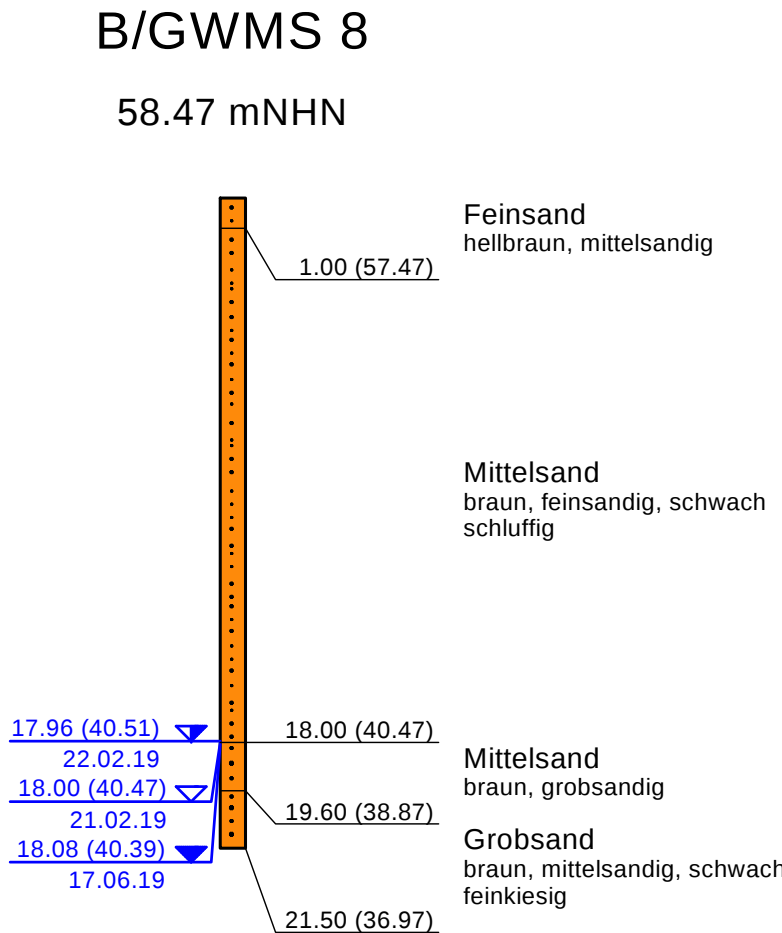
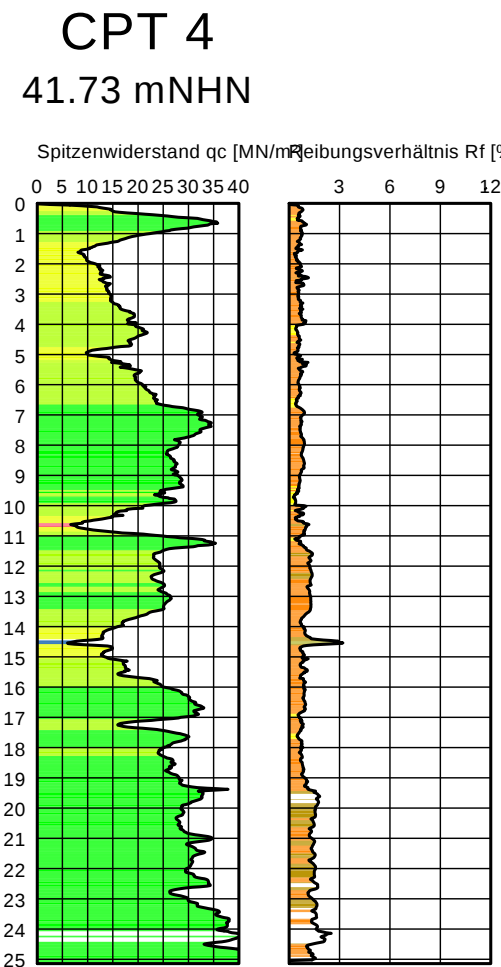
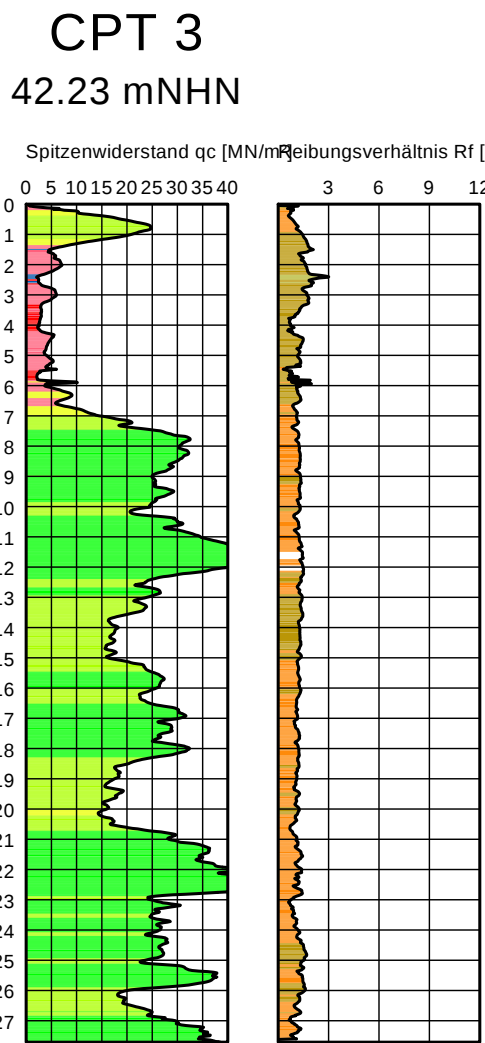
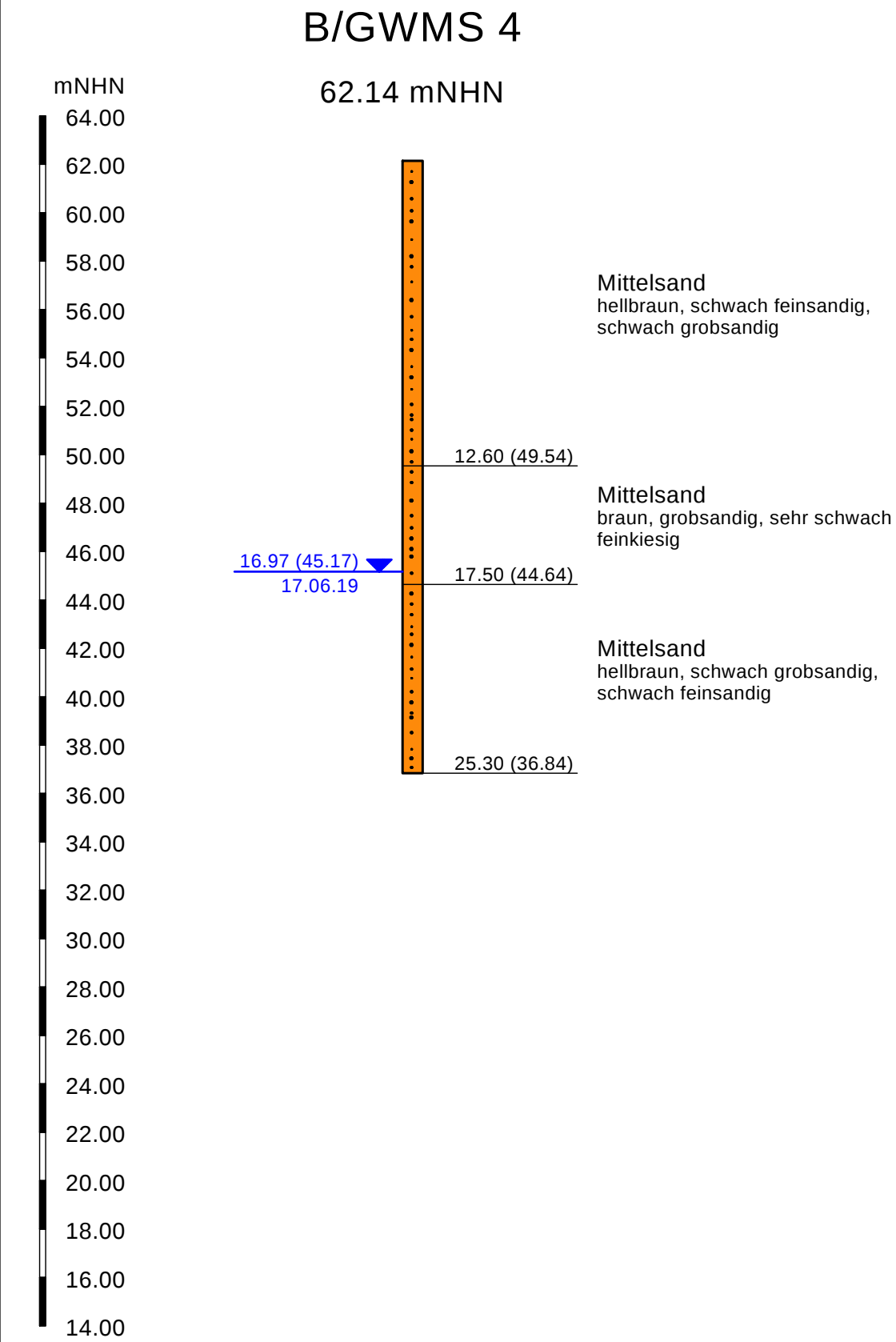
in den Schnitt projiziert



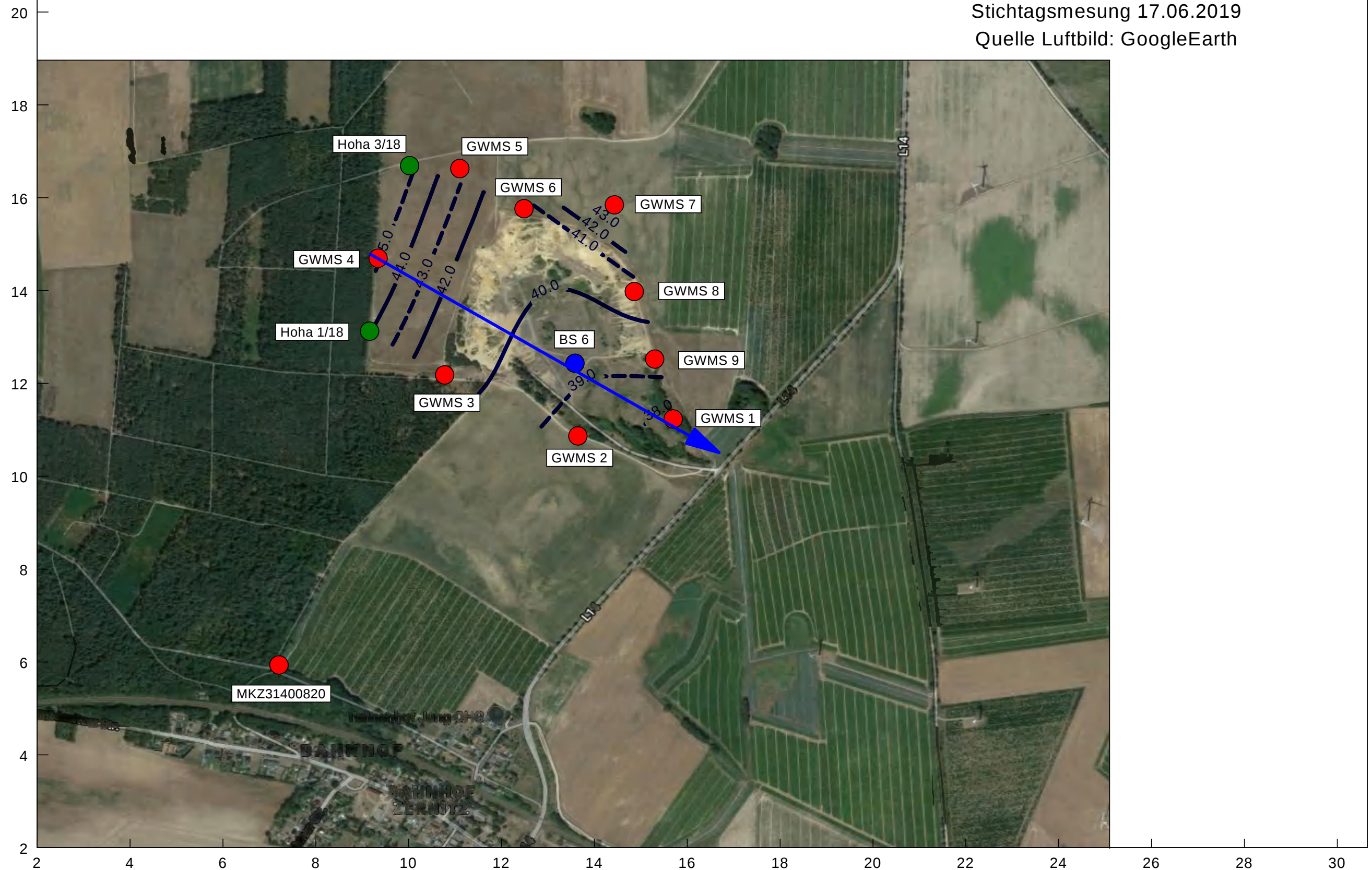
Konsistenzen:

Schnitt 3 - 3'
B = Trockendrehbohrung
CPT = Cone Penetration Test (Drucksondierung)
Maßstab 1 : 250

in den Schnitt projiziert



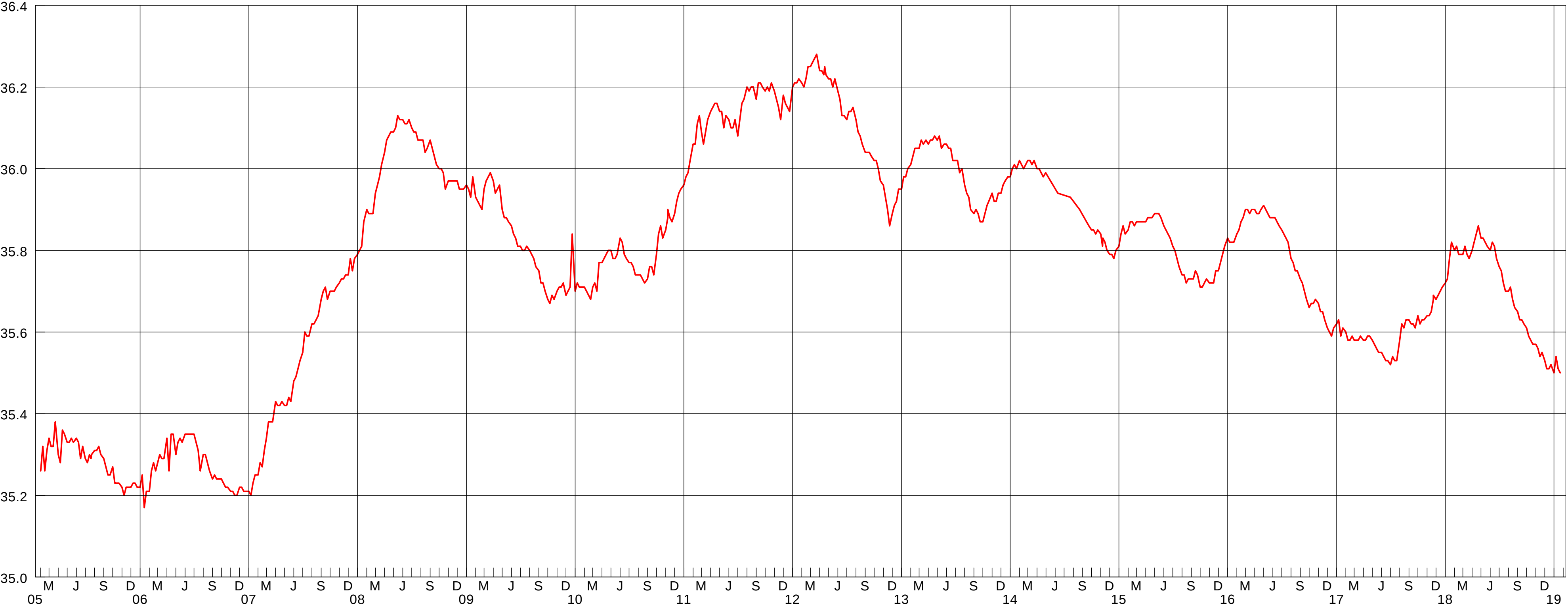
Grundwassergleichenplan
Lage der verwendeten GWMS
Stichtagsmessung 17.06.2019
Quelle Luftbild: GoogleEarth



Ganglinie GWMS LfU MKZ31400820

Beobachtungszeitraum 2005 bis 2019

Wasserstand [mNHN]



Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU

In den Ungleichen 3

39171 Osterweddingen

Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau

Holzhausen

Geotechnischer Bericht

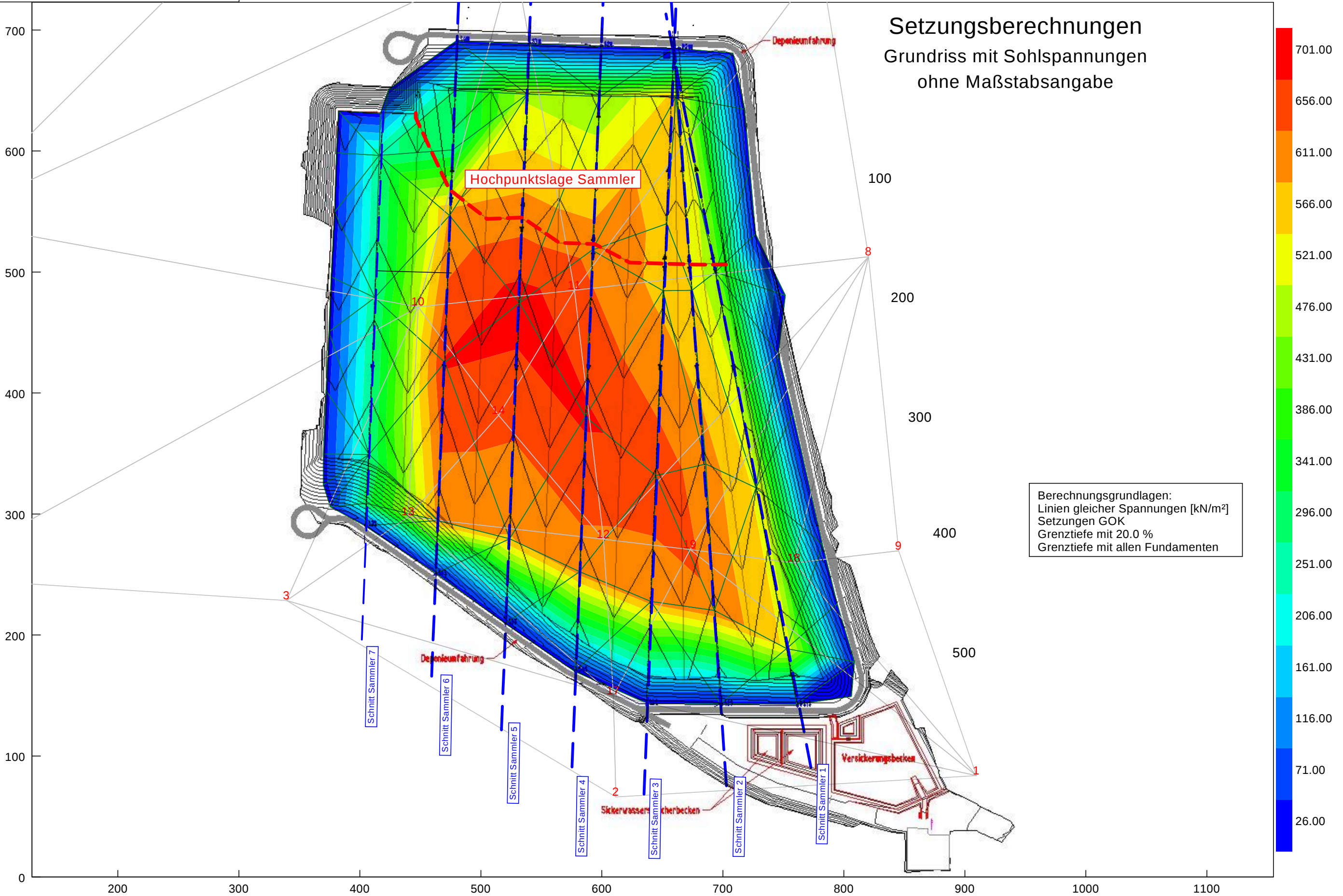
Bericht Nr.5004.2 / 19

Anlage Nr.7.1

Setzungsberechnungen

Grundriss mit Sohlspannungen

ohne Maßstabsangabe



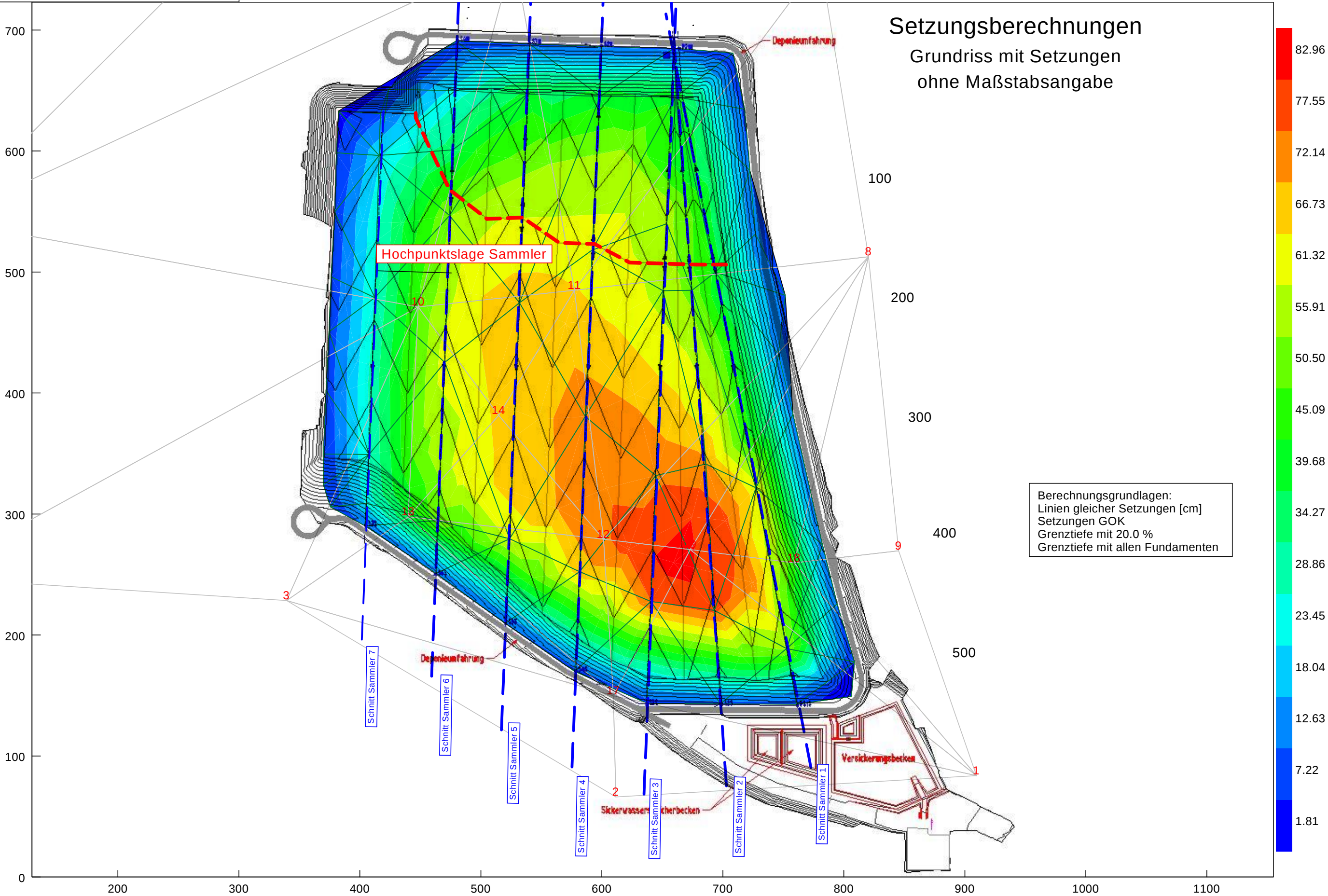
Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr.	5004.2 / 19
Anlage Nr.	7.2

Setzungsberechnungen
Grundriss mit Setzungen
ohne Maßstabsangabe



Berechnungsgrundlagen:
Linien gleicher Setzungen [cm]
Setzungen GOK
Grenztiefe mit 20.0 %
Grenztiefe mit allen Fundamenten

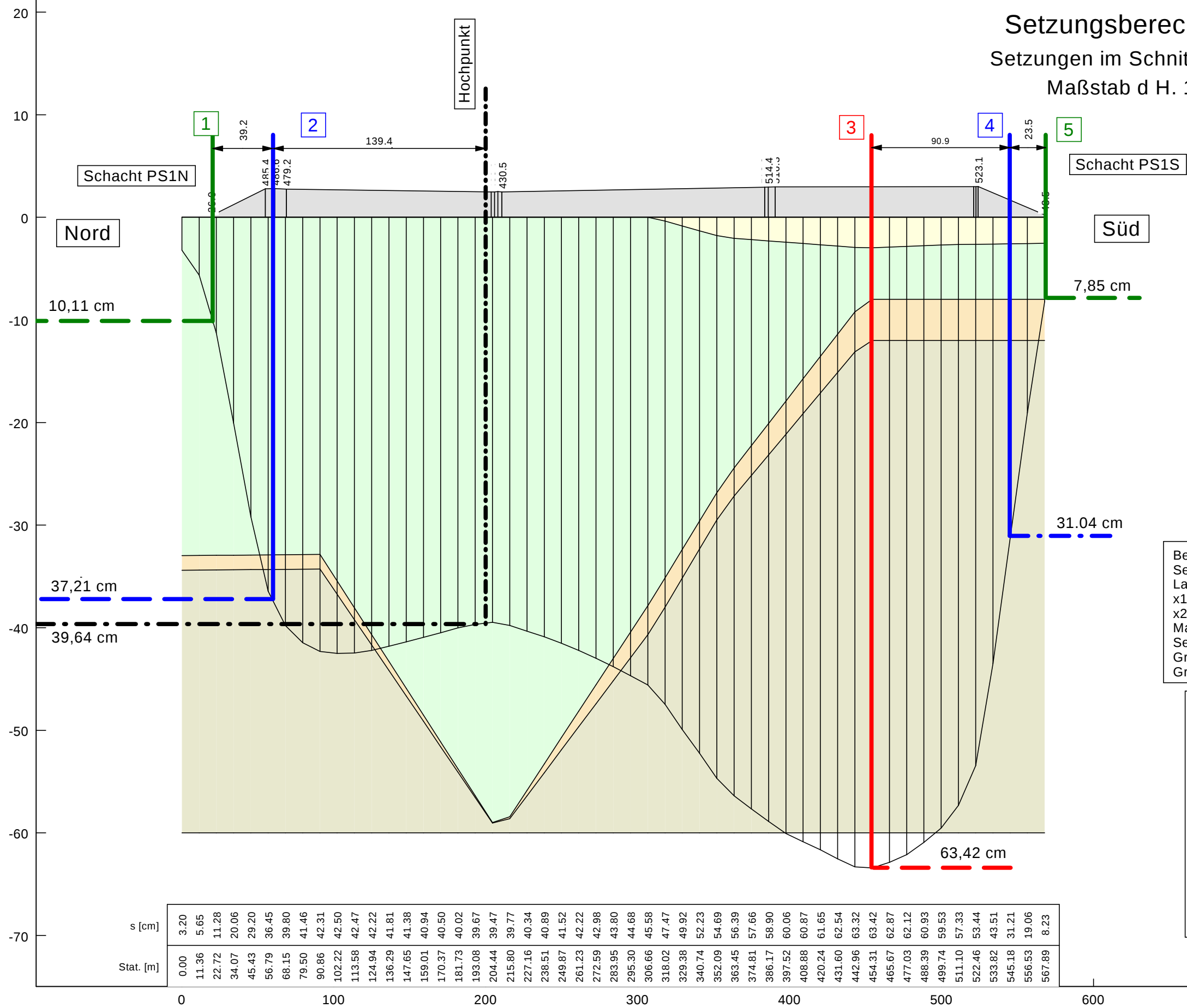
Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

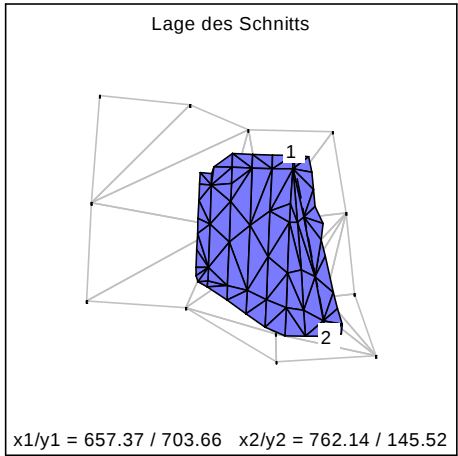
Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr.	5004 / 19
Anlage Nr.	7.3

Setzungsberechnungen
Setzungen im Schnitt Sammler 1
Maßstab d H. 1 : 400



Berechnungsgrundlagen:
Setzungsmulde [cm]
Lage des Schnitts im Grundriss:
x1/y1 = 657.37 / 703.66
x2/y2 = 762.14 / 145.52
Maßstabsfaktor Setzungsmulde = 1.000
Setzungen GOK
Grenztiefe mit 20.0 %
Grenztiefe mit allen Fundamenten



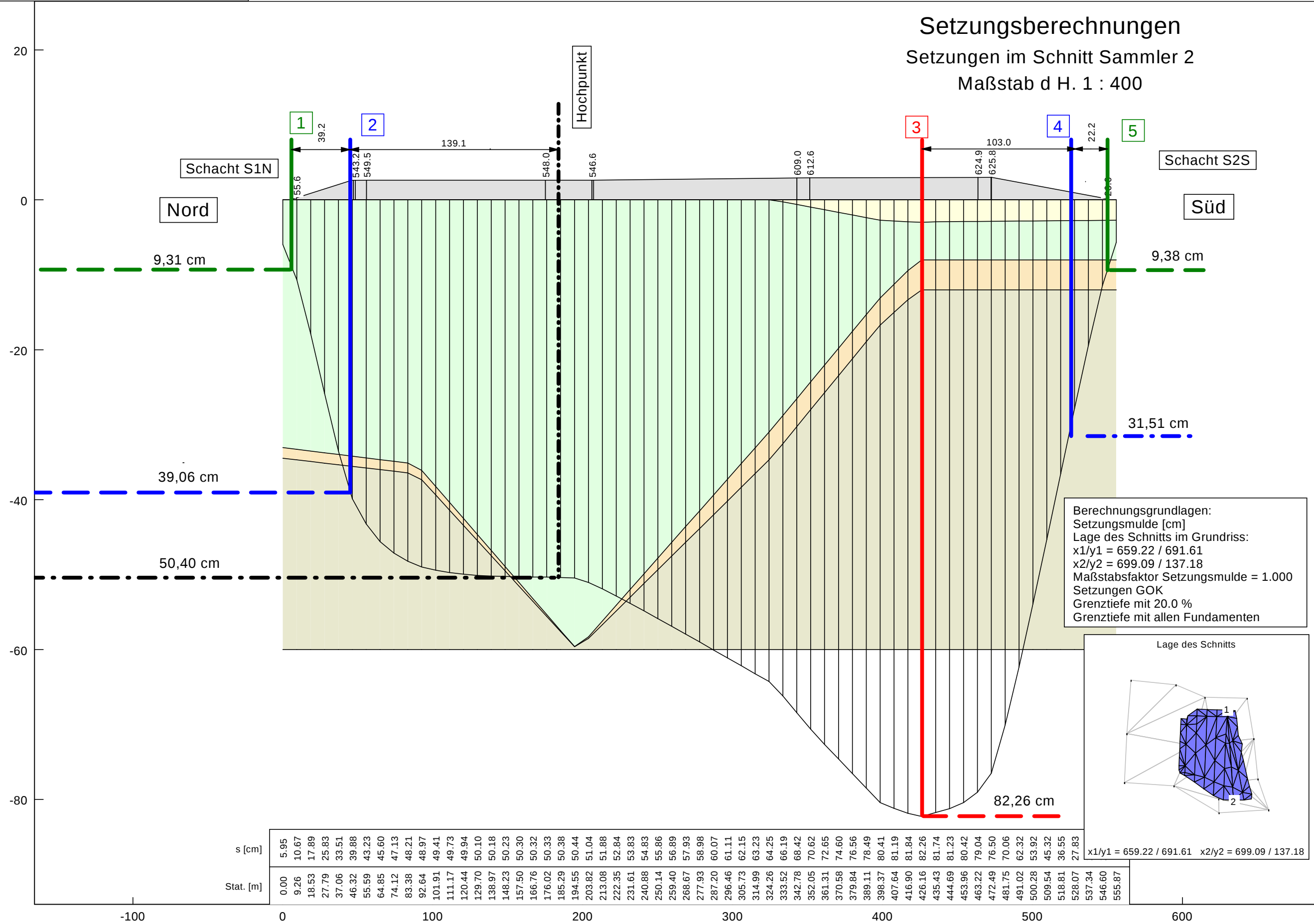
Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr.	5004 / 19
Anlage Nr.	7.4

Setzungsberechnungen
Setzungen im Schnitt Sammler 2
Maßstab d H. 1 : 400



Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

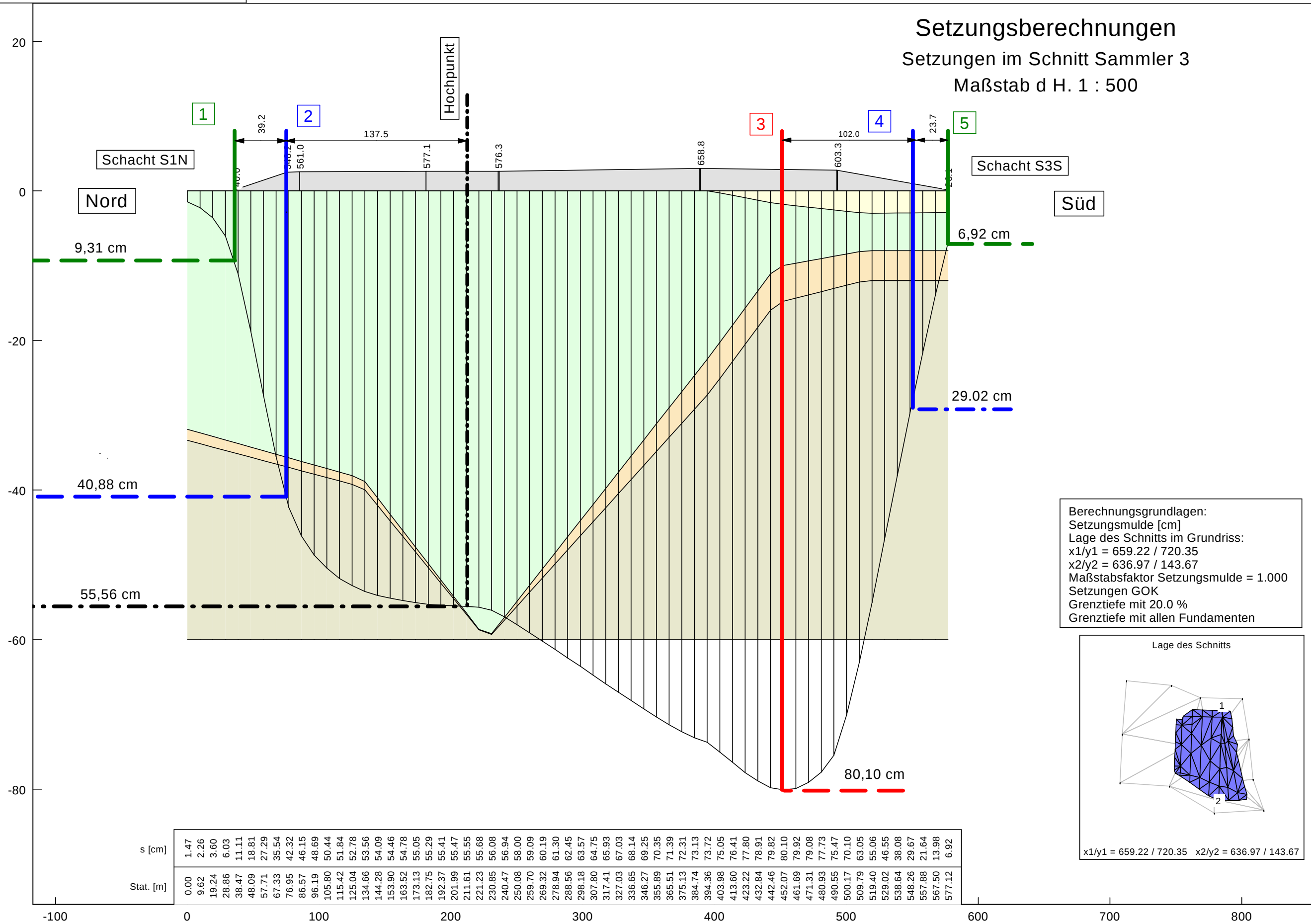
Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr.	5004 / 19
Anlage Nr.	7.5

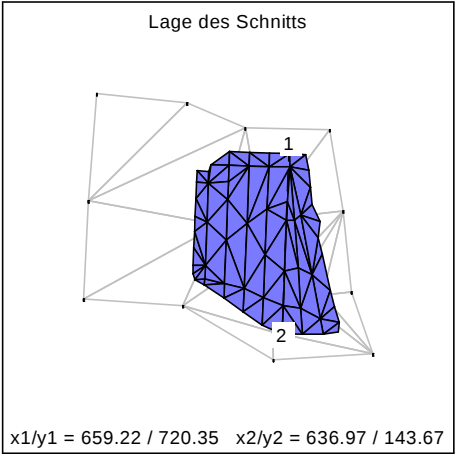
Setzungsberechnungen

Setzungen im Schnitt Sammler 3

Maßstab d H. 1 : 500



Berechnungsgrundlagen:
Setzungsmulde [cm]
Lage des Schnitts im Grundriss:
x1/y1 = 659.22 / 720.35
x2/y2 = 636.97 / 143.67
Maßstabsfaktor Setzungsmulde = 1.000
Setzungen GOK
Grenztiefe mit 20.0 %
Grenztiefe mit allen Fundamenten



Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

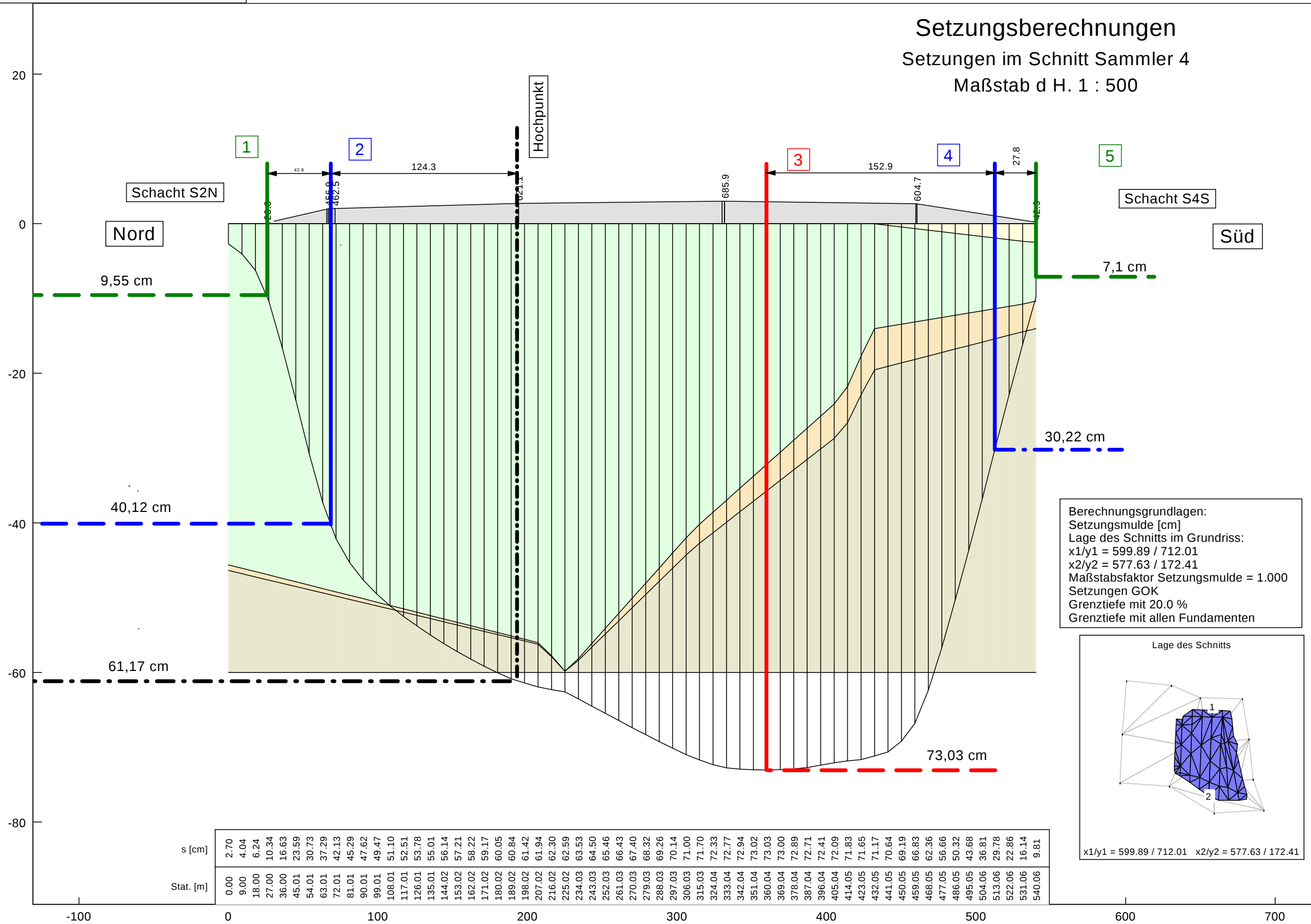
Bericht Nr. 5004 / 19

Anlage Nr. 7.6

Setzungsberechnungen

Setzungen im Schnitt Sammler 4

Maßstab d H. 1 : 500



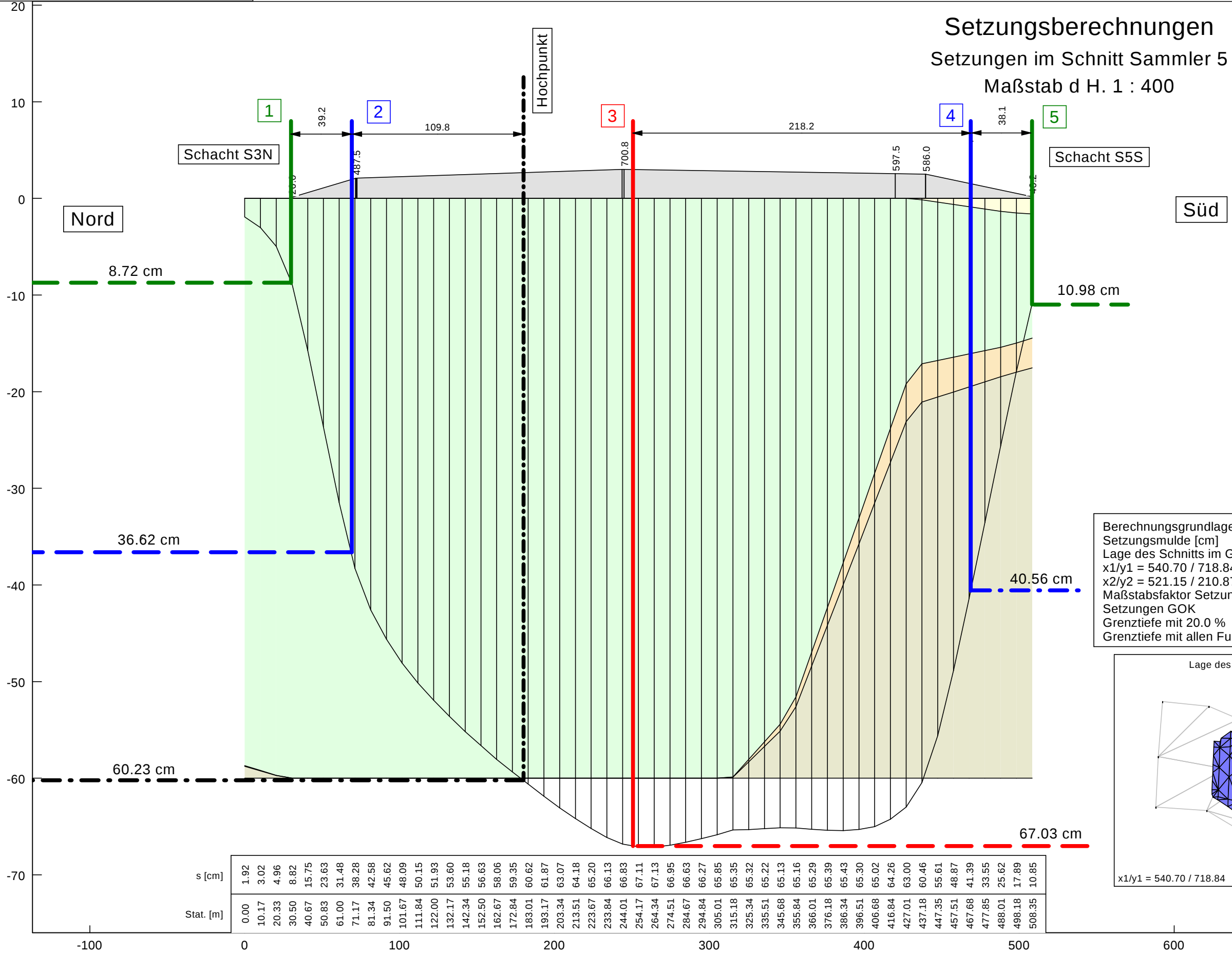
Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

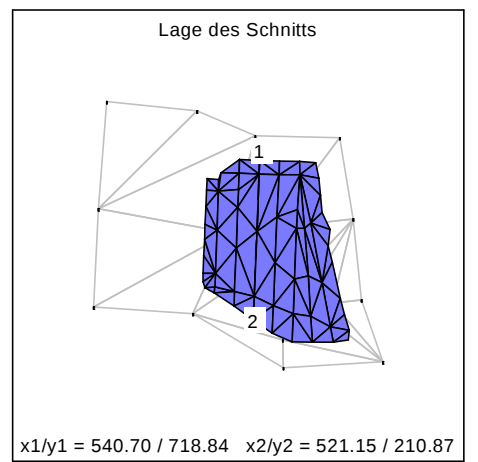
Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr.	5004 / 19
Anlage Nr.	7.7

Setzungsberechnungen
Setzungen im Schnitt Sammler 5
Maßstab d H. 1 : 400



Berechnungsgrundlagen:
Setzungsmulde [cm]
Lage des Schnitts im Grundriss:
x1/y1 = 540.70 / 718.84
x2/y2 = 521.15 / 210.87
Maßstabsfaktor Setzungsmulde = 1.000
Setzungen GOK
Grenztiefe mit 20.0 %
Grenztiefe mit allen Fundamenten



Schicht	g [kN/m³]	E _s [MN/m²]	n [-]	Bezeichnung
	19.00	10.00	0.000	Auffüllungen
	18.00	60.00	0.000	Sand
	20.00	20.00	0.000	Mergel
	18.00	60.00	0.000	Sand

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Deponie im Kiessandtagebau
Holzhausen
Geotechnischer Bericht

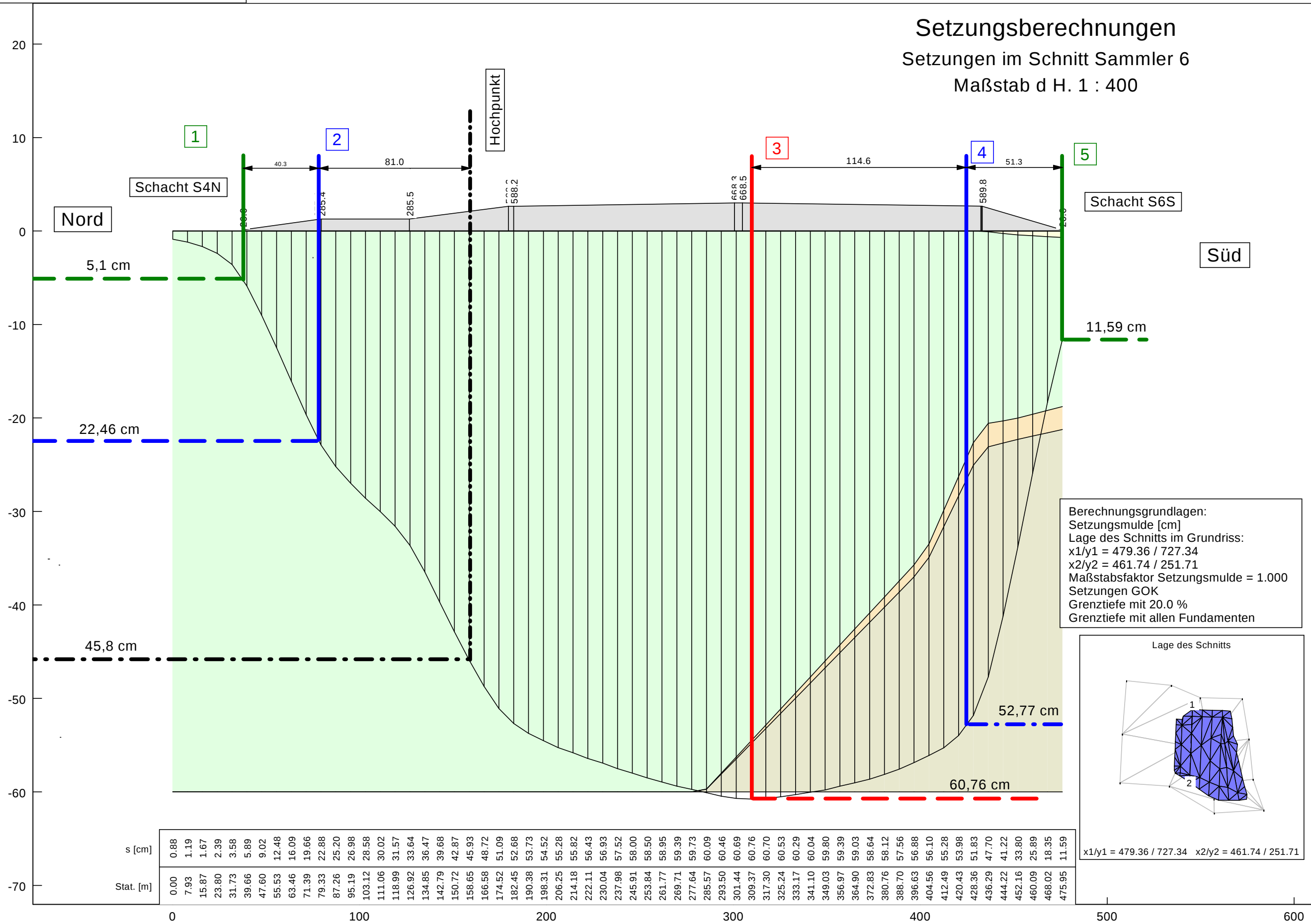
Bericht Nr. 5004 / 19

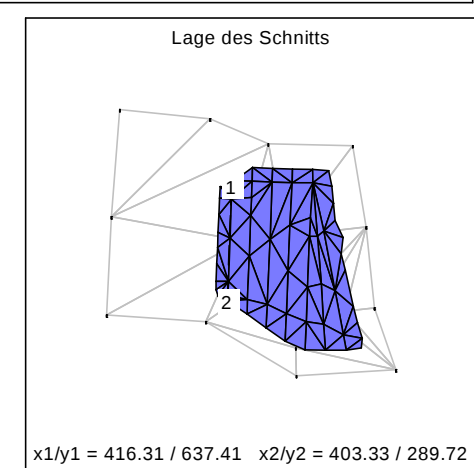
Anlage Nr. 7.8

Setzungsberechnungen

Setzungen im Schnitt Sammler 6

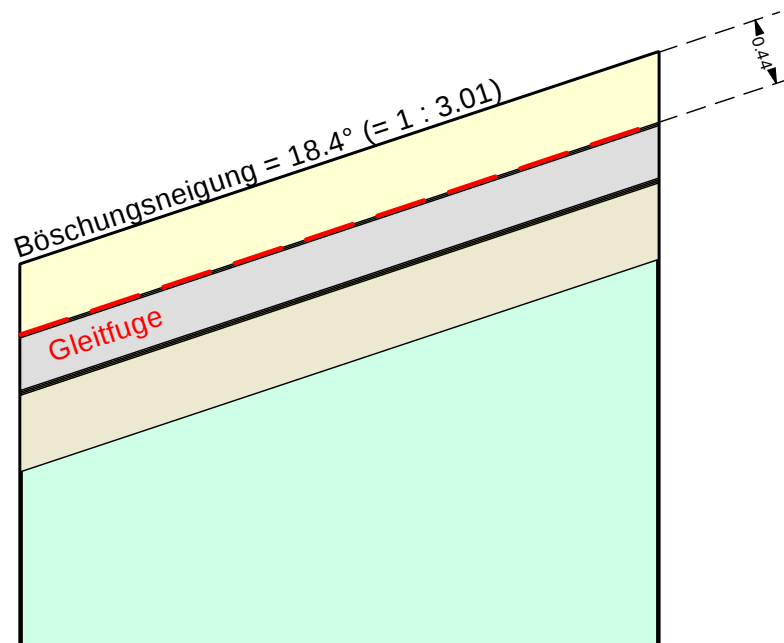
Maßstab d H. 1 : 400





Gleitsicherheitsnachweis Basisabdichtung, Modell (1-1)
kein Aufstau in der Entwässerungsschicht
Bemessungssituation BS-P
Nachweis der ungünstigsten Gleitfuge: Fuge FSS / TV

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ³]	Bezeichnung
	17.0	9.0	35.0	0.0	FSS
	11.0	1.0	27.6	0.0	FSS / TV
	11.0	1.0	27.6	0.0	TV / ES
	18.0	10.0	32.5	0.0	ES
	11.0	1.0	27.6	0.0	ES / SM
	11.0	1.0	30.0	1.0	SM / KDB
	11.0	1.0	25.0	2.0	KDB / GB
	20.0	10.0	27.5	5.0	GB
	18.0	10.0	33.0	0.0	AS

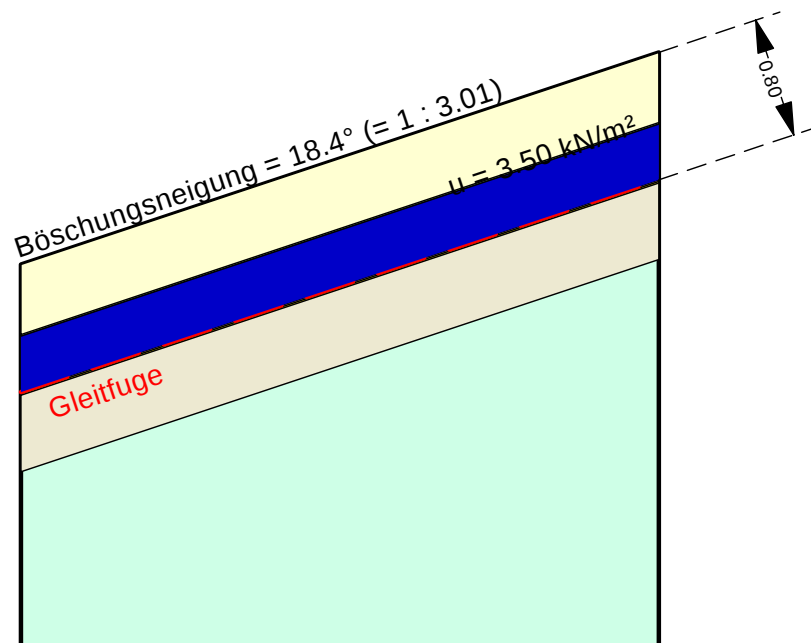


Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.25
Reibungswinkel = 27.6 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.440 m
Grundwasserstand = 5.000 m

Ergebnisse:
u = Porenwasserdruck = 0.0 kN/m²
g = Eigengewicht = 7.48 kN/m²
 μ (GDA) = 0.795

Gleitsicherheitsnachweis Basisabdichtung, Modell (1-1)
vollständiger Aufstau in der Entwässerungsschicht
Bemessungssituation BS-T
Nachweis der ungünstigsten Gleitfuge: Fuge ES / SM

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ³]	Bezeichnung
	17.0	9.0	35.0	0.0	FSS (d = 0.44)
	11.0	1.0	27.6	0.0	FSS / TV (d = 0.01)
	11.0	1.0	27.6	0.0	TV / ES (d = 0.01)
	18.0	10.0	32.5	0.0	ES (d = 0.33)
	11.0	1.0	27.6	0.0	ES / SM (d = 0.01)
	11.0	1.0	30.0	1.0	SM / KDB
	11.0	1.0	25.0	2.0	KDB / GB
	20.0	10.0	27.5	5.0	GB
	18.0	10.0	33.0	0.0	AS



Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.15
Reibungswinkel = 27.6 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.800 m
Grundwasserstand = 0.450 m

Ergebnisse:
 u = Porenwasserdruck = 3.5 kN/m²
 g = Eigengewicht = 14.41 kN/m²
 μ (GDA) = 0.966

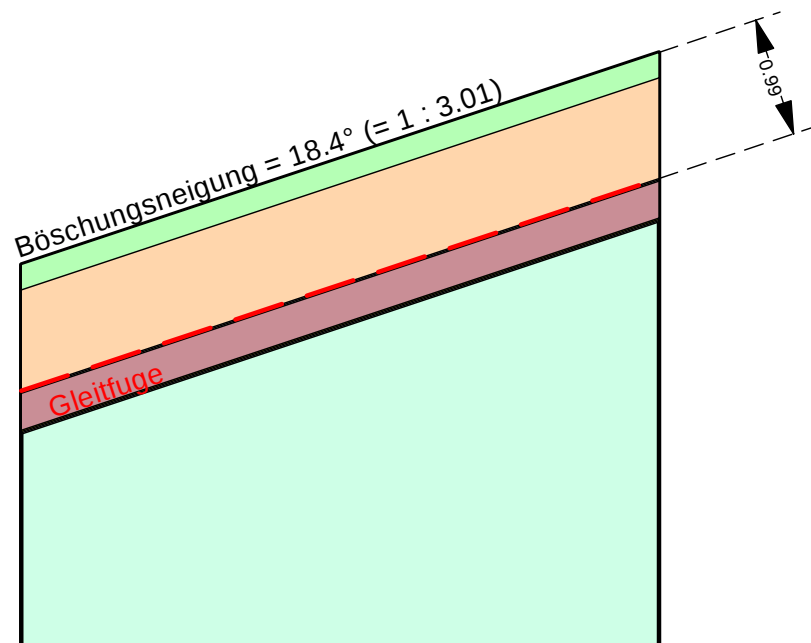
Gleitsicherheitsnachweis Oberflächenabdichtung, Modell (2-1)

Kein Einstau der Entwässerungsschicht

Bemessungssituation BS-P

Nachweis der ungünstigsten Gleitfuge: Fuge Unterboden / Trennvlies

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ³]	Bezeichnung
	16.0	6.0	27.0	2.0	OB (d = 0.20)
	20.0	10.0	30.0	0.0	UB (d = 0.79)
	11.0	1.0	27.0	0.0	Fuge UB / TV (d = 0.00)
	11.0	1.0	27.6	0.0	Fuge TV / ES
	18.0	10.0	32.5	0.0	EW
	11.0	1.0	27.6	0.0	Fuge ES / SV
	11.0	1.0	30.0	1.0	Fuge SV / KDB
	11.0	1.0	27.0	0.0	Fuge KDB / AS
	18.0	10.0	30.0	0.0	AS

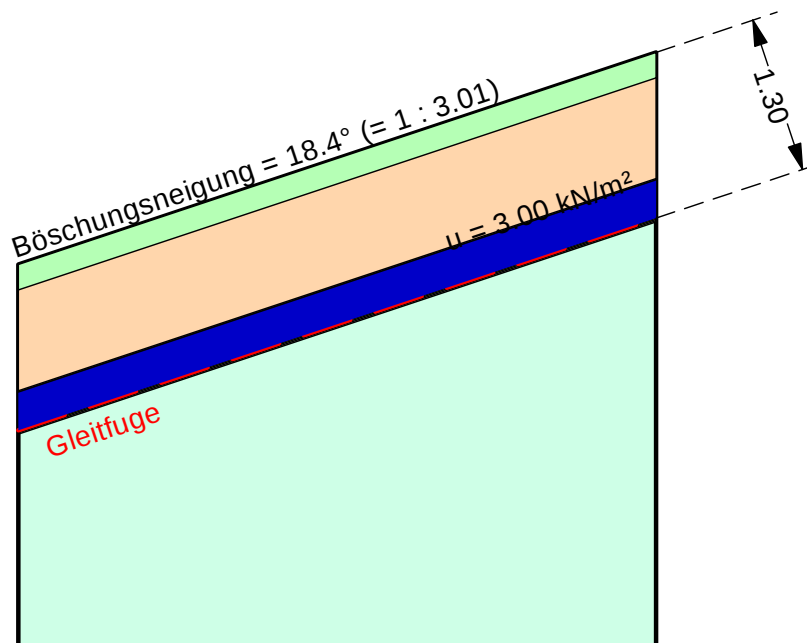


Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.25
Reibungswinkel = 27.0 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.990 m
Grundwasserstand = 2.000 m

Ergebnisse:
u = Porenwasserdruck = 0.0 kN/m²
g = Eigengewicht = 19.00 kN/m²
 μ (GDA) = 0.816

Gleitsicherheitsnachweis Oberflächenabdichtung, Modell (2-2)
Volleinstau der Entwässerungsschicht
Bemessungssituation BS-P
Nachweis der ungünstigsten Gleitfuge: Fuge ES / Schutzvlies

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ³]	Bezeichnung
	16.0	6.0	27.0	2.0	OB (d = 0.20)
	20.0	10.0	30.0	0.0	UB (d = 0.79)
	11.0	1.0	27.0	0.0	Fuge UB / TV (d = 0.01)
	11.0	1.0	27.6	0.0	Fuge TV / ES (d = 0.01)
	18.0	10.0	32.5	0.0	EW
	11.0	1.0	27.6	0.0	Fuge ES / SV
	11.0	1.0	30.0	1.0	Fuge SV / KDB
	11.0	1.0	27.0	0.0	Fuge KDB / AS
	18.0	10.0	30.0	0.0	AS



Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.25
Reibungswinkel = 27.6 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 1.300 m
Grundwasserstand = 1.000 m

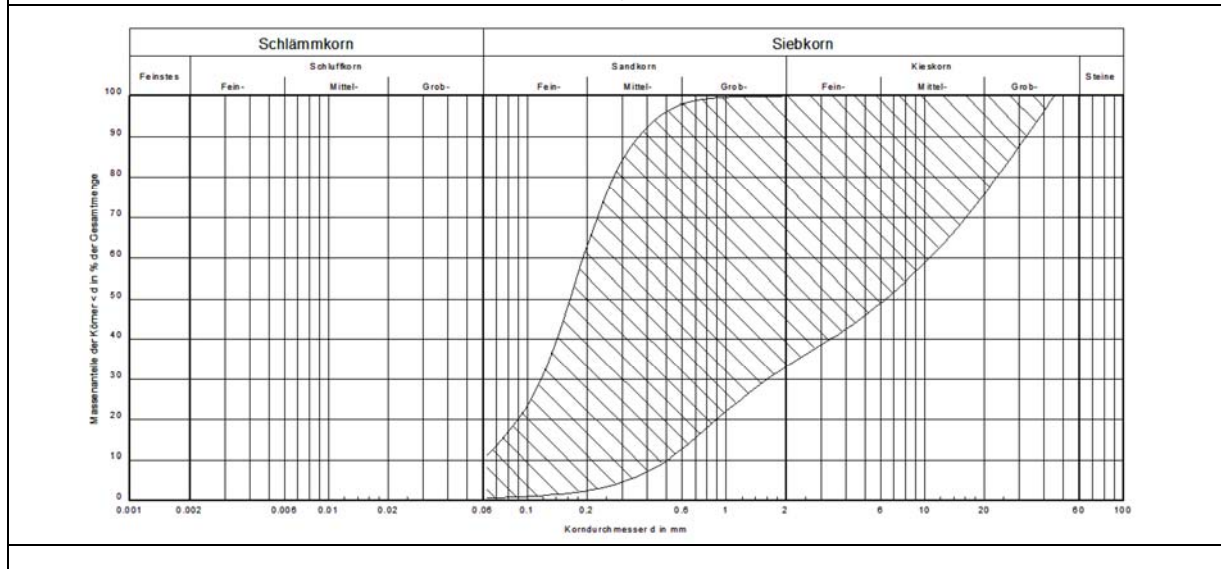
Ergebnisse:
 u = Porenwasserdruck = 3.0 kN/m²
 g = Eigengewicht = 25.02 kN/m²
 μ (GDA) = 0.904

Homogenbereiche nach DIN 18300

Homogenbereich HB I: Sande und Auffüllungen

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	L	E
ortsübliche Bezeichnung			Sande		
Korngrößenverteilung	DIN 18123		siehe Körnungsband		
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke	DIN EN ISO 14688-1				
Steine 63 bis 200 mm		[%]	bis 15,0		x
Blöcke 200 bis 630 mm		[%]	0	x	
große Blöcke > 630 mm		[%]	0	x	
Dichte, feucht	DIN 18125-2	[g/cm³]	1,7 bis 1,9	x	x
Kohäsion	DIN 18137	[kN/m²]	nicht erforderlich	x	x
undräßierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2	[kN/m²]	nicht erforderlich		
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[%]	5,0 bis 15,0		x
Plastizitätszahl	DIN 18122-1	[%]	nicht erforderlich		x
Konsistenzzahl	DIN 18122-1	[-]	nicht erforderlich		x
Lagerungsdichte	DIN 18126	[-]	0,30 bis 0,45	x	
Glühverlust	DIN 18128	[%]	< 1		x
Bodengruppe	DIN 18196		SE, SU, GE, GI [SU], [SU*]	x	
Abrasivität	ohne		gering bis mittel		x
L = Auf der Grundlage von Laborwerten bzw. Feldversuchen abgeschätzter Schwankungsbereich.					
E = Auf der Grundlage von Erfahrungswerten abgeschätzter Schwankungsbereich.					

Körnungsband



Homogenbereiche nach DIN 18300

Homogenbereich HB II: Geschiebemergel

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	L	E
ortsübliche Bezeichnung			Geschiebemergel		
Korngrößenverteilung	DIN 18123		nicht bestimmt		
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke	DIN EN ISO 14688-1				
Steine 63 bis 200 mm		[%]	bis 15,0	x	
Blöcke 200 bis 630 mm		[%]	vereinzelt möglich		x
große Blöcke > 630 mm		[%]	vereinzelt möglich		x
Dichte, feucht	DIN 18125-2	[g/cm³]	1,90 bis 2,1	x	
Kohäsion	DIN 18137	[kN/m²]	3,0 bis 10,0	x	
undräßierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2	[kN/m²]	30,0 bis 80,0		x
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[%]	5,0 bis 25,0	x	
Plastizitätszahl	DIN 18122-1	[%]	< 15,0	x	
Konsistenzzahl	DIN 18122-1	[-]	0,5 bis 1,25	x	
Lagerungsdichte	DIN 18126	[-]	nicht erforderlich	x	
Glühverlust	DIN 18128	[%]	< 3		x
Bodengruppe	DIN 18196		UL, TL, ST*	x	
Abrasivität	ohne		gering bis mittel		x
L = Auf der Grundlage von Laborwerten bzw. Feldversuchen abgeschätzter Schwankungsbereich.					
E = Auf der Grundlage von Erfahrungswerten abgeschätzter Schwankungsbereich.					

Körnungsband

