Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH

GGU mbH • In den Ungleichen 3 • 39171 Osterweddingen

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

MATTHÄI Rohstoff GmbH & Co. KG
Am Schieferberg

01561 Lampertswalde

Baugrunderkundung
Feldmesstechnik
Prüflabore für Boden
Prüflabor für Kunststoff
Inspektionsstelle

Braunschweig
Magdeburg
Öhringen
Schwerin

Errichtung einer DK I-Deponie
am Standort Kiessandtagebau Duben
Geotechnische Beratung
Fassung 12 / 2017 01.12.2017

Bericht: 4569 / 17

Verteiler: MATTHÄI Rohstoff GmbH & Co. KG 1-fach

Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin 1-fach

Bearbeiter: Dipl.-Ing. B. Kröber-Goldschmidt

Ausfertigung:

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

Inhalt

1 Einleitung 5

2 Unterlagen 6

3 Bauvorhaben 7

4 Auswertung vorhandener Unterlagen 9
4.1 Geologische Verhältnisse 9
4.2 Hydrogeologische Verhältnisse 9

5 Untersuchungen 10
5.1 Erkundung 10
5.2 Untergrund 11
5.3 Grundwasser 14
5.4 Homogenbereiche 16
5.5 Bodenkennwerte 17

6 Hydrogeologische Bewertung 19
6.1 Grundwasserfließrichtung 19
6.2 Fließgeschwindigkeit 19
6.3 Prognose von Bemessungswasserständen 20

7 Grundbautechnische Berechnungen, Setzungen 23
7.1 Allgemeines 23
7.2 Bodenkennwerte 23
7.3 Auflasten 24
7.4 Ergebnisse 26

8 Grundbautechnische Berechnungen, Tragsicherheit 28
8.1 Allgemeines 28
8.2 Geometrie 29
8.3 Einwirkungen 29
8.4 Scherparameter mineralischer Baustoffe 31
8.5 Reibungsparameter Boden / Geokunststoffe 34
8.6 Zusammenstellung Scher-/Reibungsparameter 36
8.7 Definition der Modelle 37
8.8 Ergebnisse 37
8.9 Bewertung 38

Abbildungen

Abbildung 1: Geplanter Aufbau der Abdichtungen 8
Abbildung 2: Körnungsband quartäre Sande (Schicht 1) 12

Tabellen

Tabelle 1: Korngrößenverteilungen quartäre Sande (Schicht 1) 11
Tabelle 2: Wasserdurchlässigkeiten quartäre Sande (Schicht 1) 12
Tabelle 3: Laborergebnisse quartäre Sande (Schicht 1) 13
Tabelle 4: Grundwasserstände während der Baugrunderkundung 14
Tabelle 5: Grundwasserstände, Stichtagsmessung 01.06.2017 15
Tabelle 6: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08, Lösen und Laden 16
Tabelle 7: Stammdaten MP 4048 6086 20
Tabelle 8: Grundwasserstände am Stichtag 01.06.2017 20
Tabelle 9: Bemessungswasserstände 21
Tabelle 10: Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen 24
Tabelle 11: Ablagerungshöhen und Auflasten 25
Tabelle 12: Charakteristische Kennwerte, Tragsicherheitsnachweis 36
Tabelle 13: Nachweis der Gleitsicherheit, Ergebnisse 37

Anlagen

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2	Bodenprofile
Anlage 3	Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen
Anlage 4	Grundwassergleichenplan
Anlage 5	Ergebnisse der Setzungsberechnungen
Anlage 6	Ergebnisse der Tragsicherheitsnachweise
Anlage 7	Homogenbereiche

1 Einleitung

Die MATTHÄI Rohstoff GmbH & Co. KG, Lampertswalde (nachfolgend Auftraggeber) betreibt am Standort Duben 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 einer Dränmatte

Die GGU mbH wurde vom Auftraggeber mit den erforderlichen Leistungen beauftragt. Hierzu wurden im März sowie im Juni 2017 Baugrunderkundungen und nachfolgend bodenmechanische Laboruntersuchungen ausgeführt. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse mitgeteilt und bewertet.

2 Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden folgende Unterlagen hinzugezogen:

[1] Ergebnisse der Lagerstättenerkundung; Juni 1997

[2] Hydrogeologisches Gutachten für eine geplante Deponie im ehemaligen Kiessandtagebau Duben; G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, Freiberg; Oktober 2015

[3] Errichtung einer DK I Deponie am Standort Kiessandtagebau Duben; Konzeptstudie; Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin, Mai 2016

[4] Errichtung einer DK I Deponie am Standort Kiessandtagebau Duben; Auszüge aus der Vorplanung; Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin, Dezember 2016

3 Bauvorhaben

Die Planungen sehen die Errichtung einer DK I-Deponie auf einer Fläche von etwa 5,4 ha vor. Diese Fläche kann in 2 Bauabschnitten errichtet werden. Die gesamte Fläche erhält nach [3] 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
- geologische/technische Barriere, Dicke = 100 cm
- Umprofilierung, Dicke nach Erfordernis

Im Bereich der Böschungen wird die Abdichtung abweichend wie folgt aufgebaut:

- Frostschutzschicht, Dicke = 45 cm
- 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 [3] wie folgt aufgebaut:

- Rekultivierungsschicht, Dicke = 100 cm
- Kunststoffdränelement, Dicke 2 cm
- Kunststoffdichtungsbahn, Dicke = 2,5 mm
- Ausgleichsschicht, Dicke = 30 cm

Der geplante Aufbau ist nachfolgend dargestellt:

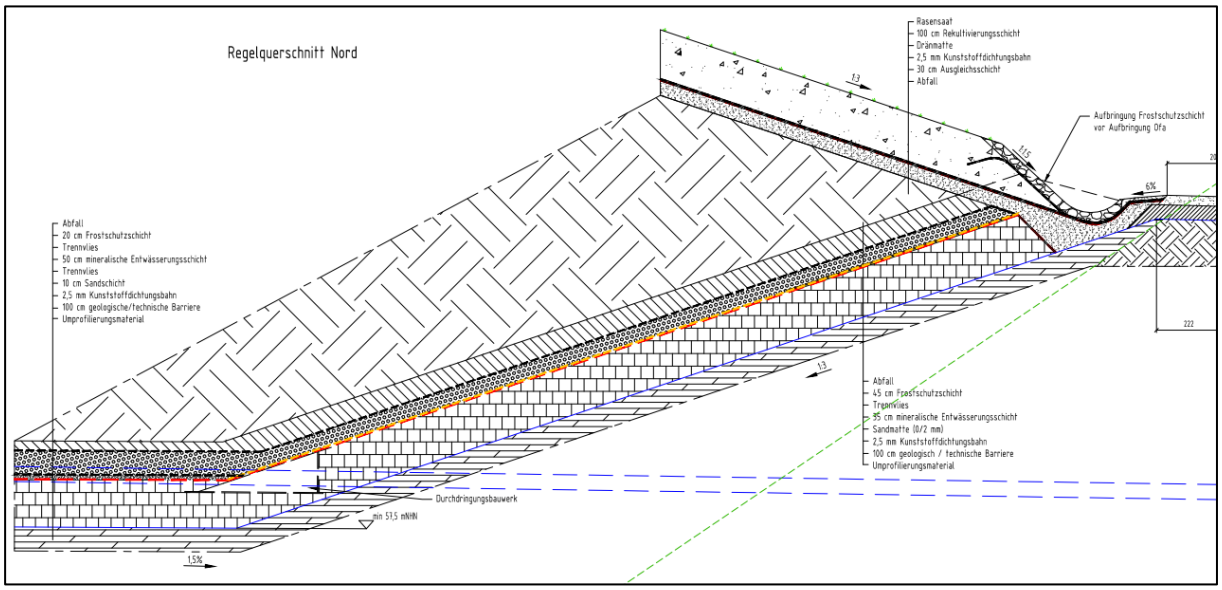


Abbildung 1: Geplanter Aufbau der Abdichtungen [1]

Nach den aktuellen Planungen weist die Unterkante geologische Barriere im Tiefpunkt damit eine Höhe von 57,90 mNHN auf. In diesem Tiefpunkt erfolgt die Fassung des in der mineralischen Entwässerungsschicht anfallendem Dränwassers in Schächten. Aus diesen wird das Sickerwasser mittels Druckleitung in ein westlich angrenzendes Sickerwasserspeicherbecken geleitet.

Nach den vorliegenden Vermessungsunterlagen liegt die Geländeoberkante des Urgeländes im Umfeld des Kiessandtagebaues zwischen 65,50 und 68,10 mNHN. Die derzeitige Abbausohle liegt zwischen 56,50 und 58,80 mNHN. Am Nordostrand des Tagebaues liegt die Sohle höher zwischen 56,85 und 59,80 mNHN.

Der Kiessandtagebau wird derzeit nicht dauerhaft betrieben.

[1] Anmerkung: Schnitt enthält noch die ursprüngliche Neigung der OFA von 1:3.

4 Auswertung vorhandener Unterlagen

4.1 Geologische Verhältnisse

Nach [1] und [2] liegt der Standort im Randbereich der Dubener Hochfläche über der Dubener Rinne. Diese stellt eine pleistozäne Erosionsrinne dar, welche nördlich der Braunkohlenlagerstätte Radden von Südwest nach Nordost streicht.

Die Erosionsrinne ist in der Saale-I und Saale-II-Eiszeit mit quartären Sanden und Kiesen verfüllt worden. Lokal sind geringmächtige feinkörnige Ablagerungen zwischengeschaltet. Die Basis dieser quartären Ablagerungen liegt am Standort etwa bei 0 mNHN oder tiefer. Altbohrungen weisen die Basis zwischen 0 und -156 mNHN aus.

Maßgeblich für die geplante Baumaßnahme sind die im Bereich der Geländeoberkante anstehenden Sande und Kiese. Die Unterkante dieser Sande und Kiese liegt nach Altbohrungen aus dem Umfeld des Kiessandtagebaues zwischen 49 und 44 mNHN. Nachfolgend werden Geschiebemergel, verschiedene Tonhorizonte sowie Tertiärtone erwartet.

4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Nach [1] und [2] werden die hydrogeologischen Verhältnisse am Standort maßgeblich von der Rinnenfüllung aus Sanden und Kiesen bestimmt. Innerhalb dieser Rinnenfüllung sind mehrere pleistozäne Grundwasserleiter ausgebildet, welche großflächig miteinander verbunden sind.

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.

Der Standort liegt am Rand des Absenktrichters der ehemaligen Wasserhaltung der früheren Braunkohletagebaue. Nach [2] sind am Standort wieder vorbergbauliche stationäre Grundwasserverhältnisse gegeben, d.h. es liegt kein Einfluss aus der bergbaulichen Grundwasserhaltung mehr vor.

5 Untersuchungen

5.1 Erkundung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 09. und 10.03.2017 sowie am 01.06.2017 insgesamt elf Kleinrammbohrungen (BS 50 nach DIN EN ISO 22475-1) bis maximal 6,00 m uGOK abgeteuft. Diese Kleinrammbohrungen BS 3 bis BS 8 wurden im Bereich der Sohle des Kiessandtagebaues hergestellt. Hier wurden zusätzlich zwei Handschürfe angelegt, aus welchen bei 0,50 m uGOK ungestörte Proben entnommen wurden.

Im Bereich der geplanten Schächte S 1 und S 2 wurden zwei Rammkernbohrungen bis 12,00 m uGOK ausgeführt, welche nachfolgend zur 2-Zoll Grundwassermessstelle (GWMS) ausgebaut wurden. Die am 01.06.2017 im östlichen Tagebaubereich hergestellte Kleinrammbohrung BS 11 wurde zur 5/4-Zoll GWMS ausgebaut.

Im Bereich des geplanten Versickerungsbeckens wurden die Kleinrammbohrungen BS 1 und BS 2 niedergebracht.

Die erkundeten Bodenschichten wurden vor Ort angesprochen und Proben für bodenmechanische sowie bodenchemische Untersuchungen entnommen. Die Ansatzpunkte wurden der Lage und Höhe nach eingemessen. Als Höhenbezugspunkt wurden Höhenangaben aus den vorliegenden Planunterlagen genutzt.

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 durch die Kleinrammbohrungen BS 1 und BS 2 sowie die Rammkernbohrung RKB 1 und RKB 2 erkundet. Die Untergrundverhältnisse im Bereich der Sohle des Tagebaus wurde durch die Kleinrammbohrungen BS 3 bis BS 8 aufgeschlossen.

In den Kleinrammbohrungen BS 7 sowie BS 8 wurden oberflächennah

Auffüllungen (Schicht 0)
aus kiesigen Sanden
mit geringen anthropogenen Beimengungen
in Form von Ziegelresten und Schotter

erkundet, welche braun bis graubraun, lokal auch gelbbraun gefärbt sind. Diese wurden in einer nur geringen Mächtigkeit von maximal 0,70 m nachgewiesen. Die Auffüllungen wurden zur Sicherung der Befahrbarkeit der Sohle des Tagebaues eingebaut.

Nachfolgend stehen fast ausschließlich die erwarteten

quartären Sande (Schicht 1)
meist als regellose Gemische aus Fein-, Mittel- und Grobsanden
lokal mit geringen kiesigen Beimengungen

an, welche gelbbraun bis hellbraun, im tieferen Untergrund auch hellgrau gefärbt sind. Laboruntersuchungen zur Bestimmung der Korngrößenverteilung ergaben folgendes:

Tabelle 1: Korngrößenverteilungen quartäre Sande (Schicht 1)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Verhältnis T+U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
BS 1	2,70 – 3,00	5,9/93,9/0,2	fS, ms, u‘	csi'msaFSa	SU
BS 2	0,50 – 1,00	2,5/75,7/21,8	S, fg‘, mg‘	mgr'fgr'Sa	SE
BS 2	1,00 – 3,00	4,5/88,5/7,0	S, fg‘	fgr'Sa	SE
BS 3	1,50 – 6,00	1,6/96,0/2,4	mS, gs, fs‘	fgr'mgr'csiSa	SE
BS 4	0,00 – 4,50	8,1/87,2/4,7	mS, fs, gs, u‘	fgr'mgr'cl'msaSi	SU
BS 4	4,50 – 6,00	1,5/89,4/9,1	gS, ms*, fg‘	csi'fgrmgrSa	SE
BS 5	0,30 – 4,50	1,6/98,0/0,4	mS, fs, gs‘	csi'fgrmgrSa	SE
BS 5	4,50 – 5,00	2,1/95,6/2,3	mS, fs, gs‘	csi'fgrmgrSa	SE

Auf-schluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Verhältnis T+U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
BS 6	0,00 – 5,00	2,7/96,4/0,9	mS, fs, gs‘	csa'fsaMSa	SE
BS 7	0,50 – 4,50	1,0/98,7/0,3	mS, fs, gs‘	csa'fsaMSa	SE
BS 7	4,50 – 5,00	1,0/98,6/0,4	mS, gs, fs‘	fsa'csaMSa	SE
BS 8	0,50 – 0,70	8,6/50,3/41,2	S, G, u‘	csi'fgrmgrSa	GU
BS 8	1,50 – 4,70	1,9/98,0/0,1	mS, fs*	fsa*MSa	SE

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

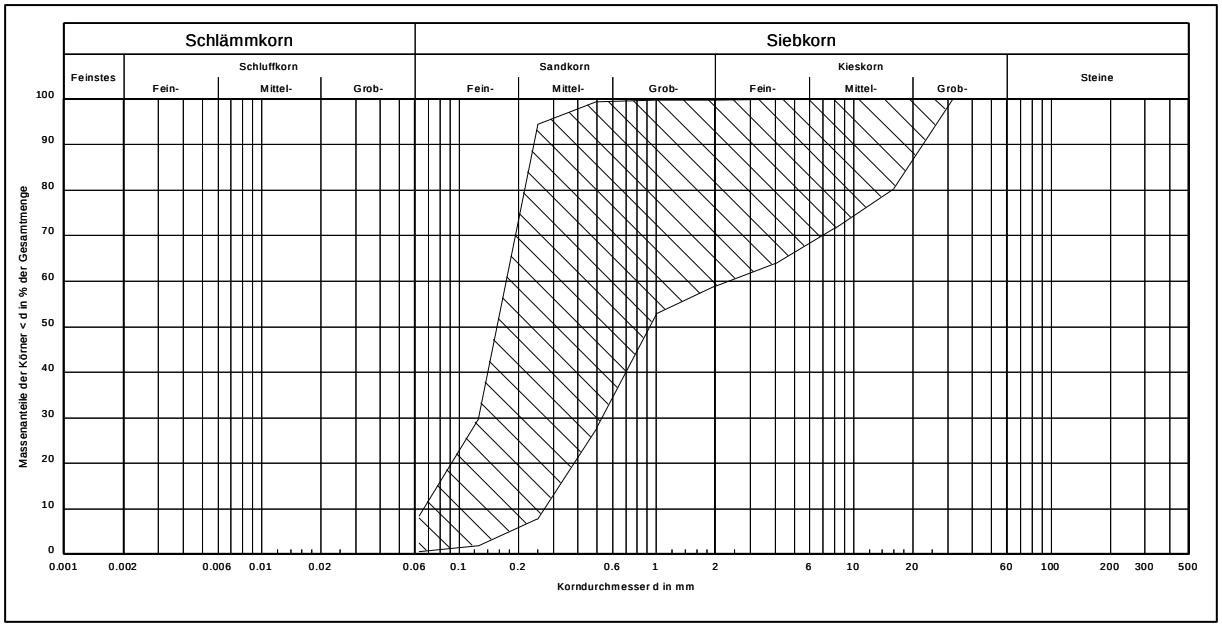


Abbildung 2: Körnungsband quartäre Sande (Schicht 1)

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

Tabelle 2: Wasserdurchlässigkeiten quartäre Sande (Schicht 1)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Bodenart [DIN 4022]	Wasserdurchlässigkeit k_f [m/s]
BS 1	2,70 – 3,00	fS, ms, u‘	$5{,}8*10^{-5}$
BS 2	0,50 – 1,00	S, fg‘, mg‘	$2{,}3*10^{-4}$
BS 2	1,00 – 3,00	S, fg‘	$1{,}9*10^{-4}$

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Bodenart [DIN 4022]	Wasserdurchlässigkeit k_f [m/s]
BS 3	1,50 – 6,00	mS, gs, fs‘	$3{,}8*10^{-4}$
BS 4	0,00 – 4,50	mS, fs, gs, u‘	$6{,}7*10^{-5}$
BS 4	4,50 – 6,00	gS, ms*, fg‘	$8{,}6*10^{-4}$
BS 5	0,30 – 4,50	mS, fs, gs‘	$2{,}6*10^{-4}$
BS 5	4,50 – 5,00	mS, fs, gs‘	$2{,}2*10^{-4}$
BS 6	0,00 – 5,00	mS, fs, gs‘	$2{,}0*10^{-4}$
BS 7	0,50 – 4,50	mS, fs, gs‘	$2{,}4*10^{-4}$
BS 7	4,50 – 5,00	mS, gs, fs‘	$5{,}8*10^{-4}$
BS 8	0,50 – 0,70	S, G, u‘	$6{,}6*10^{-5}$
BS 8	1,50 – 4,70	mS, fs*	$2{,}0*10^{-4}$

Damit ergeben sich Wasserdurchlässigkeiten von $k_f = 8{,}6*10^{-4}$ bis $5{,}8*10^{-5}$ m/s bei einem Mittelwert von $k_f = 2{,}6*10^{-4}$ m/s. Diese Wasserdurchlässigkeiten entsprechend 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 3: Laborergebnisse quartäre Sande (Schicht 1)

Parameter	Einheit	Schurf 4	Schurf 5
Zylinder		Zylinder 1	Zylinder 2
Feuchtdichte	g/cm³	1,978	1,761
Wassergehalt	%	9,5	9,4
Trockendichte	g/cm³	1,807	1,610
Reibungswinkel	°	38,5	38,0
Steifemoduli	MN/m²	22,8 bis 107,6	16,3 bis 103,9

Abweichend von Regelaufbau des Untergrundes wurden in der Rammkernbohrung RKB 10 zwischen 3,40 und 4,60 m uGOK

Schluffe (Schicht 2)

mit feinsandigen Beimengungen

in weicher Konsistenz

erkundet, welche hellbraun gefärbt sind. Laboruntersuchungen wurden an diesen Ablagerungen nicht durchgeführt.

5.3 Grundwasser

Grundwasser wurde im Rahmen der Baugrunderkundungen wie folgt angetroffen:

Tabelle 4: Grundwasserstände während der Baugrunderkundung

Aufschluss	Grundwasseranschnitt		Ruhewasserstand	
	m uGOK	mNHN	m uGOK	mNHN
BS 3	1,60	54,87	1,50	54,97
BS 4	2,50	54,68	2,30	54,88
BS 5	3,00	54,75	2,60	55,15
BS 6	3,20	54,85	2,60	55,45
BS 7	4,50	55,26	4,15	55,61
BS 8	4,90	54,55	4,05	55,40
RKB 9	9,00	54,96	8,75	55,21
RKB 10	9,70	54,98	9,70	54,98
BS 11	4,95	54,32	4,82	54,45

Es wird darauf verwiesen, dass die Messungen von Grundwasserständen in unverrohrten Kleinrammbohrungen aufgrund der fehlenden Stützung der Bohrlochwandung nicht zuverlässig sind. Für die hydrogeologischen Betrachtungen (siehe Abschnitt 6) werden daher ausschließlich die Messungen der Grundwasserstände in den fachgerecht ausgebauten GWMS verwendet.

Ergänzend wurde am 01.06.2017 in den nachfolgend aufgeführten GWMS eine Stichtagsmessung der Wasserstände in vorhandenen GWMS ausgeführt. Stammdaten zu den vorhandenen GMWS sind in [2] aufgeführt. Die Lage der GWMS ist in der Anlage 4.1 dargestellt. Folgende Ergebnisse wurden erhalten:

Tabelle 5: Grundwasserstände, Stichtagsmessung 01.06.2017

Aufschluss	Grundwasserstand 01.06.2017	
	m uPOK	mNHN
RKB 9	9,38	55,34
RKB 10	10,12	55,36
BS 11	5,15	54,45
4148 6068	9,55	54,96
P 1-99	10,66	55,54
P 2	11,46	55,20
BBr	10,65	54,35
000274	5,71	54,96
060007	20,15	56,09

5.4 Homogenbereiche

Gemäß DIN 18300:2015-08 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. Felsklassen gemäß DIN 18300:2012-09 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 18300:2015-08 eingeteilt werden:

Tabelle 6: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08, Lösen und Laden

Schicht	Benennung	Homogenbereich	Beschreibung
Schicht 0	Auffüllungen	HB I	leicht lösbar
Schicht 1	quartäre Sande		
Schicht 2	Schluffe	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 7 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 0	**Auffüllungen**	
Bodengruppe nach DIN 18 196	[S/G]	(Sande/Kiese, aufgefüllt)
Bodenklasse nach DIN 18 300:2012-09		
nur informativ	3	(leicht lösbar)
Bodenart nach ATV A 127	G1/2	
Frostempfindlichkeit	F1/2	(nicht bis gering frostempfindlich)
Wichte	γ_k	= 18,0/10,0 kN/m³
Reibungswinkel	φ_k'	= 35,0°
Kohäsion	c_k'	= 0,0 kN/m²
Kohäsion, undräniert	c_U	= 0,0 kN/m²
Steifemodul	Es	= 30,0 bis 50,0 MN/m²
Durchlässigkeit	k_f	≈ 10^{-4} bis 10^{-5} m/s

Schicht 1	**quartäre Sande**	
Bodengruppe nach DIN 18 196	SE, SU	(enggestufte, schluffige Sande)
Bodenklasse nach DIN 18 300:2012-09		
nur informativ	3	(leicht lösbar)
Bodenart nach ATV A 127	G1/2	
Frostempfindlichkeit	F1/2	(nicht bis gering frostempfindlich)
Wichte	γ_k	= 18,0/10,0 kN/m³
Reibungswinkel	φ_k'	= 35,0°
Kohäsion	c_k'	= 0,0 kN/m²
Kohäsion, undräniert	c_U	= 0,0 kN/m²
Steifemodul	Es	= 20,0 bis 100,0 MN/m²
Durchlässigkeit	k_f	≈ 10^{-4} bis 10^{-5} m/s

Schicht 2	**Schluffe**	
Bodengruppe nach DIN 18 196	UL/TL	(leicht plastische Schluffe/Tone)
Bodenklasse nach DIN 18 300:2012-09		
nur informativ	4	(mittelschwer lösbar)
Bodengruppe nach ATV A 127	G4	
Frostempfindlichkeit	F3	(stark frostempfindlich)
Wichte	γ_k	= 21,0/11,0 kN/m³
Reibungswinkel	φ_k'	= 27,5°
Kohäsion	c_k'	= 2,0 bis 5,0 kN/m²
Kohäsion, undräniert	c_U	= 20,0 bis 40,0 kN/m²
Steifemodul	cal E_s	= 2,0 bis 5,0 MN/m²
Durchlässigkeit	k	= 10^{-7} bis 10^{-8} m/s

6 Hydrogeologische Bewertung

6.1 Grundwasserfließrichtung

Ausschließlich auf der Grundlage der in Tabelle 5 aufgeführten Stichtagsmessung wurde ein Grundwassergleichenplan konstruiert. Die Lage der hierzu verwendeten GWMS ist in der Anlage 4.1 dargestellt.

Der sich ergebende Grundwassergleichenplan liegt in der Anlage 4.2 bei. Es ergibt sich eine Grundwasserfließrichtung von Südwest nach Nordost etwa parallel zur Bundesstraße B 87. 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 1-59 und 4148 6068 etwa wie folgt:

$$I = \frac{\Delta h}{\mathrm{L}} = \frac{1{,}76m}{1250m} = 0{,}0014$$

Dieser entspricht dem Erwartungsbereich. Die Wasserdurchlässigkeit im ersten Grundwasserleiter wurde aus den Laboruntersuchungen zu k_f = 8,6*10^{-4} bis 5,8*10^{-5} m/s bei einem Mittelwert von k_f = 3*10^{-4} m/s abgeleitet. Damit ergibt sich eine theoretische Fließgeschwindigkeit von

$$v = k * I = 3 * 10^{-4} * 1{,}4 * 10^{-3} = 4{,}2 * 10^{-7} ms^{-1}$$

6.3 Prognose von Bemessungswasserständen

In [2] sind Prognosen zu Bemessungswasserständen auf der Grundlage von Analogiebetrachtungen zur GWMS MP 4148 6086 im Bereich der Ortslage Duben enthalten. Auf der Grundlage dieser Analogiebetrachtungen wurde in [2] für den Standort der geplanten Deponie Duben ein Bemessungswasserstand $GW_{MAX} \approx 55{,}80$ mNHN prognostiziert.

Grundlage der Prognose waren im Wesentlichen die Stammdaten der MP 4148 6086. Diese liegen wie folgt vor:

Tabelle 7: Stammdaten MP 4048 6086

Parameter	Einheit	Wert
Rohroberkante	mNHN bzw. mNN	64,51
Geländeoberkante	mNHN bzw. mNN	63,80
HW	mNHN bzw. mNN	55,73
MW	mNHN bzw. mNN	54,96
NW	mNHN bzw. mNN	54,58
Stand 01.06.2017	mNHN bzw. mNN	54,96

Eine am 18.05.2017 durchgeführte Stichtagsmessung der Grundwasserstände in der MP 4048 6086 sowie den GWMS RKB 9 und RKB 10 ergab folgendes:

Tabelle 8: Grundwasserstände am Stichtag 01.06.2017

Aufschluss	Grundwasserstand 01.06.2017	
	m uPOK	mNHN
RKB 9	9,40	55,34
RKB 10	10,15	55,36
BS 11	5,15	54,45
4148 6068	9,55	54,96

Der Grundwasserstand in der MP 4048 6086 am 01.06.2017 entspricht damit dem bisherigen Mittelwasser MW. Die Differenz zwischen MH und HW ergibt sich zu 0,77 m. Diese Differenz kann den in den GWMS RKB 9 und RKB 10 gemessenen aktuellen Grundwasserständen zugeschlagen werden. Damit ergeben sich für die GWMS RKB 9 und RKB 10 sowie BS 11 folgende Bemessungswasserstände HGW:

Tabelle 9: Bemessungswasserstände

Messstelle	Stand 01.06.2017	Δ zu HW	HGW
GWMS RKB 9	55,34	0,77	56,11
GWMS RKB 10	55,36	0,77	56,13
GWMS BS 11	54,45	0,77	55,22

Dementsprechend werden für den Standort Bemessungswasserstände

HGW = 56,13 mNHN im Westbereich und
HGW = 55,22 mNHN im Ostbereich

vorgeschlagen.

Zur Bemessung von Versickerungsanlagen wird der bemessungswasserstand MHGW – Mittlerer Höchster Grundwasserstand benötigt. Dieser ergibt sich als Mittelwert aus den Jahreshöchstständen in einem entsprechenden Betrachtungszeitraum. Eine gesicherte Auswertung der Ganglinie der GWMS 4148 6086 ist aufgrund zahlreicher Datenlücken nicht möglich. Erfahrungsgemäß kann der in vergleichbaren hydrogeologischen Verhältnissen (nicht abgedeckter Grundwasserleiter, Grundwasserneubildung durch Niederschlag, kein Einfluss eines Vorfluters) eine Differenz zwischen HGW und MHGW von 0,20 bis 0,40 m angesetzt werden. Dementsprechend werden für den Standort Bemessungswasserstände

MHGW = 56,13 mNHN – 0,20 m = 55,93 mNHN im Westbereich und
MHGW = 55,22 mNHN – 0,20 m = 55,02 im Ostbereich

vorgeschlagen.

6.4 Vorschlag Grundwassermonitoring

Während des Betriebes der geplanten Deponie und während der Nachsorge ist ein Grundwassermonitoring zur Überwachung der Güte des Grundwassers erforderlich. Hierzu sind dauerhafte Grundwassermessstellen zu errichten. Folgende Anordnung wird vorgeschlagen:

- 1 Grundwassermessstelle im Anstrom der geplanten Deponie:
  Vorschlag:
  GWMS An 01, Anordnung an der Westseite
- 2 Grundwassermessstellen im Abstrom der geplanten Deponie
  Vorschlag:
  GWMS Ab 01, Anordnung an der Nordseite und
  GWMS Ab 02, Anordnung an der Ostseite

Eine mögliche Lage der GWMS ist im Lageplan (siehe Anlage 1) dargestellt. Diese ist durch den Planer zu überprüfen.

7 Grundbautechnische Berechnungen, Setzungen

7.1 Allgemeines

Zur Abschätzungen 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: quartäre Sande
- Schicht 3: feinkörnige Ablagerungen

Durch die Baugrunderkundungen (siehe Abschnitt 5.1) wurde der Baugrund bei maximal 50,50 mNHN aufgeschlossen. Die nach [2] im Umfeld des Standortes zwischen 49 und 44 mNHN zu vorhandene Unterkante der Sande wurde nicht aufgeschlossen. Diese werden in den nachfolgenden Berechnungen ab einer mittleren Tiefe von 46,50 m NHN angesetzt.

7.2 Bodenkennwerte

Für diese Baugrundschichtung 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.[2]
- Schicht 1: Schichtgrenze entsprechend [2]
  Bodenkennwerte entsprechend der eigenen Untersuchungen
- Schicht 3: Schichtgrenze tiefer 0 mNHN
  Bodenkennwerte entsprechend eigener Erfahrungen

[2] Annahme: Bauteil wird aus anstehenden Kiessand erstellt.

Im Ergebnis der Auswertung der genannten Unterlagen wurden für die Schichten 1 bis 4 folgende Bodenkennwerte festgelegt:

Tabelle 10: Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen

Schicht	Wichten		Steifemodul
	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	E_S [MN/m²]
Deponat	18	10	--
Schicht 0 – Umprofilierung	18	10	80
Schicht 1 – quartäre Sande	18	10	80
Schicht 3 – feinkörnige Ablagerungen	20	10	30

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 ergebende Auflasten ermittelt werden konnten. Hierbei wurde gemäß Tabelle 10 eine Wichte von18 kN/m³ angesetzt. Die ermittelten Auflasten wurden sodann als Einwirkungen in das Untergrundmodell übernommen. Das somit erstellte Modell ist in der Anlage 5.1 dargestellt.

7.3 Auflasten

Der Untergrund wird durch die Auflasten aus der Basisabdichtung, dem Deponat sowie der Oberflächenabdichtung belastet. Zur Ermittlung der maßgebenden Auflasten wurden die vorliegenden Planunterlagen ausgewertet. Demnach erhalten die zwei in Längsrichtung angeordneten Sickerwassersammler jeweils einen etwa mittig in der Deponie liegenden Hochpunkt und ein Gefälle nach außen. Da die Oberkante der Rekultivierungsschicht im Längsschnitt bei 77,30 mNHN angeordnet ist, ergeben sich in den Hochpunkten der Sammler geringere Auflasten als in den Tiefpunkten.

Die aus den Planunterlagen ermittelten Ablagerungshöhen und die daraus resultierenden Auflasten sind nachfolgend zusammengestellt:

Tabelle 11: Ablagerungshöhen und Auflasten

Station	GOK	Δ zur UK Basis	Δ zur OK Reku	UK Basis	OK Reku	Auflast [m]	Auflast [kN/m²]
0+000	66,64	0,0	0,0	66,7	66,7	0,0	0,0
0+025	66,13	-1,4	0,0	64,7	64,7	0,0	0,0
0+050	59,44	-1,0	18,1	58,5	76,6	18,1	326,0
0+075	59,37	-0,9	18,8	58,5	77,3	18,8	337,7
0+100	59,12	-0,2	18,3	58,9	77,3	18,3	329,8
0+125	58,49	0,9	17,9	59,4	77,3	17,9	321,8
0+150	58,24	1,6	17,4	59,8	77,3	17,4	313,9
0+175	58,02	2,2	17,0	60,3	77,3	17,0	306,0
0+200	58,06	2,2	17,1	60,2	77,3	17,1	306,9
0+225	58,23	1,7	17,4	59,9	77,3	17,4	312,5
0+250	60,94	-1,3	17,7	59,6	77,3	17,7	317,9
0+275	59,58	-0,3	18,0	59,3	77,3	18,0	323,5
0+300	59,06	-0,1	18,3	59,0	77,3	18,3	329,0
0+325	57,93	0,8	18,6	58,7	77,3	18,6	334,4
0+350	56,69	1,7	18,9	58,4	77,3	18,9	340,0
0+375	56,08	2,0	19,2	58,1	77,3	19,2	345,4
0+400	62,71	-2,5	9,0	60,2	69,2	9,0	161,8
0+425	64,75	0,0	0,0	64,8	64,8	0,0	0,0

7.4 Ergebnisse

Mit diesem Model wurden Setzungsberechnungen aufgestellt (siehe Anlage 5.1). In der Anlage 5.2 sind die berechneten Setzungen graphisch in Form von Linien gleicher Setzungen aufgetragen. Es ergeben sich folgendes:

- maximale Setzungen: $s_{MAX} \approx 20{,}5$ cm
- minimale Setzung: $s_{MIN} \approx 0$ cm

Die Setzungen verlaufen in der Fläche relativ gleichmäßig. Die maximalen Setzungen treten erwartungsgemäß unter den höchsten Auflasten auf. Bereiche mit größeren Setzungsdifferenzen sind nicht vorhanden. Damit kann von einem gleichmäßigen Setzungsverhalten ausgegangen werden, welches im Wesentlichen durch die Auflasten durch das abgelagerte Deponiegut beeinflusst wird.

In den Anlage 5.3 und Anlage 5.4 sind Schnittführungen in Längs- und in Querrichtung dargestellt. Auch diese zeigen erwartungsgemäß die maximalen Setzungen im Bereich der höchsten Auflasten, welche in den Tiefpunkten der Sammler vorhanden sind.

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.

<u>Gefälle in Längsrichtung</u>

Der Längsschnitt A-A verläuft parallel zu den Sickerwassersammlern. Nach den Ergebnissen der Setzungsberechnungen (siehe Anlage 5.3) werden im Tiefpunkt der Sammler Setzungen von $s \approx 20{,}5$ cm und im Hochpunkt der Sammler etwas geringere Setzungen von $s \approx 17$ cm erwartet. Dementsprechend ist es ausreichend, die Sickerwassersammler und damit die Basisabdichtung mit dem Mindestgefälle von 1 % zu errichten. Bei Änderungen der Geometrie (insbesondere der Oberkante der Rekultivierungsschicht) ist ergänzend zu prüfen.

Gefälle in Querrichtung

Der Querschnitt B – B verläuft senkrecht zu den Sickerwassersammlern in den Tiefpunkten TP 1und TP 2. Zwischen den Tiefpunkten TP 1 / TP 2 und dem Hochpunkt HP muss nach dem Abklingen der Setzungen ein Mindestgefälle von 3 % vorhanden sein. Bei einem Abstand zwischen den Tiefpunkten TP 1 / TP 2 und HP von jeweils L ≈ 30 m ergibt sich eine erforderliche Höhendifferenz zwischen den Tiefpunkten TP 1 / TP 2 und dem Hochpunkt HP von $\Delta h = 30\ m * 0{,}03 = 0{,}90\ m$.

Rechnerisch ergeben sich nach Anlage 5.4 Setzungen zwischen den Tiefpunkten TP 1 / TP 2 und dem Hochpunkt HP von $\Delta s = 19{,}2\ cm – 14{,}9\ cm = 4{,}3\ cm$. Dementsprechend wird eine Höhendifferenz zwischen den Tiefpunkten TP 1 / TP 2 und dem Hochpunkt HP von $\Delta h \geq 0{,}90\ m + 4{,}3\ cm \geq 94{,}3\ cm$ erforderlich. Dies entspricht bei einem Abstand zwischen den betrachteten Punkten von 30 m einer Querneigung von ≥ 3,2 %.

8 Grundbautechnische Berechnungen, Tragsicherheit

8.1 Allgemeines

Im vorliegenden Fall sind die Tragsicherheit einer unter 1:3 geneigten Böschung einer Basisabdichtung sowie einer unter 1:2,5 geneigten Böschung einer Oberflächenabdichtung nachzuweisen.

Die Basisabdichtung wird auf den im Kiessandtagebau anstehenden quartären Sanden oder auf der aus diesen Kiessanden 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 6.0 (Stand 20.02.2012) durchgeführt.

Bei Berechnungen nach dem Teilsicherheitskonzept werden zunächst Einwirkungen E und 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.

8.2 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 zu 1:3 und für die Oberflächenabdichtung zu 1:2,5.

8.3 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

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 Dränmatte, welches nicht mehr als planmäßiger Zustand betrachtet wird. Dieser Zustand wird dementsprechend der Bemessungssituation BS-T zugeordnet.

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 Dränmatte gefasst und drucklos abgeleitet. Im Bereich der Schichtgrenze Unterboden / Dränmatte können somit Strömungskräfte auftreten. Die Größe dieser Einwirkungen ist abhängig vom möglichen Aufstau von Sickerwasser in der Dränmatte.

Zur Ermittlung einer möglichen Einstauhöhe der Dränmatte wurden Aufstauberechnungen gemäß GDA E 2-20 durchgeführt. Es wurde das Verfahren nach LESAFFRE verwendet. Folgende Rahmenbedingungen wurden für den Bereich der Böschungen mit 1:2,5 berücksichtigt:

- Böschungsneigung 1:2,5
- Böschungslänge 30 m
- Wasserdurchlässigkeit Entwässerungsschicht $\geq 5*10^{-2}$ m/s
- Dränspende 30 mm/d

Für die betrachtete Böschung mit 1:2,5 wurde ein möglicher Einstau von ≈ 0,5 cm festgestellt. In den weiteren Betrachtungen wird auf der sicheren Seite liegend ein Volleinstau der Dränmatte von ≤ 2 cm angenommen. Demnach kann sich im Bereich der Böschungen mit 1:2,5 ein Wasserstand bei 2 cm über der Kunststoffdichtungsbahn einstellen.

8.4 Scherparameter mineralischer Baustoffe

Basisabdichtung, Bauteil Frostschutzschicht

Das Bauteil Frostschutzschicht dient als Schutz der Basisabdichtungen. 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 φ'_k ≥ 32,5°
- Kohäsion c'_k = 0 kN/m²
- Wichte γ_k = 17,0 kN/m³

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 φ'_k ≥ 32,5°
- Kohäsion c'_k = 0 kN/m²
- Wichte γ_k = 18,0 kN/m³

Basisabdichtung, Bauteil geologische Barriere

Das Bauteil geologische 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 φ'_k ≥ 27,5°
- Kohäsion c'_k = 5,0 kN/m²
- Wichte γ_k = 20,0 kN/m³

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 oder bereits verfüllte Deponierersatzbaustoffe verwendet werden. Diese werden kontrolliert verdichtet eingebaut.

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

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 30,0°
- Kohäsion c'_k = 0,0 kN/m²
- Wichte γ_k = 18,0 kN/m³

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 Wurzelkohäsion angesetzt werden kann.

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

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 27,0°
- Kohäsion c'_k ≥ 2,0 kN/m²
- Wichte γ_k = 16,0 kN/m³

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 φ'_k ≥ 30,0°
- Kohäsion c'_k ≥ 0 kN/m²
- Wichte γ_k = 20,0 kN/m³

Oberflächenabdichtung, Bauteil Ausgleichsschicht

Das Bauteil Ausgleichsschicht dient als Auflager für die Kunststoffdichtungsbahn, sodass die sich aus 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 φ'_k ≥ 30,0°
- Kohäsion c'_k = 0,0 kN/m²
- Wichte γ_k = 18,0 kN/m³

8.5 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:

<u>Basisabdichtung, Fuge Frostschutzschicht / Trennvlies</u>
Für die Fuge Frostschutzschicht / Trennvlies werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 32,5° * 0,85 = 27,6°
- Adhäsion a'_k = 0 kN/m²

<u>Basisabdichtung, Fuge Trennvlies / mineralische Entwässerungsschicht</u>
Für die Fuge Trennvlies / mineralische Entwässerungsschicht werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 32,5° * 0,85 = 27,6°
- Adhäsion a'_k = 0 kN/m²

<u>Basisabdichtung, Fuge mineralische Entwässerungsschicht / Sandmatte</u>
Für die Fuge mineralische Entwässerungsschicht / Sandmatte werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 32,5° * 0,85 = 27,6°
- Adhäsion a'_k = 0 kN/m²

<u>Basisabdichtung, Fuge Sandmatte / Kunststoffdichtungsbahn</u>
Für die Fuge Sandmatte / Kunststoffdichtungsbahn werden auf der Grundlage von Erfahrungswerten für eine raue Kunststoffdichtungsbahn folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 30,0°
- Adhäsion a'_k ≥ 1,0 kN/m²

Basisabdichtung, Fuge KDB / geologische Barriere

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

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 25,0°
- Adhäsion a'_k = 2,0 kN/m²

Oberflächenabdichtung, Fuge Unterboden / Dränmatte

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

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 30,0° * 0,90 = 27,0°
- Adhäsion a'_k = 0 kN/m²

Oberflächenabdichtung, Fuge Dränmatte / Kunststoffdichtungsbahn

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

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 30,0°
- Adhäsion a'_k ≥ 1,0 kN/m²

Oberflächenabdichtung, Fuge Kunststoffdichtungsbahn / Ausgleichsschicht

Für die Fuge Kunststoffdichtungsbahn / Ausgleichschicht werden somit folgende Reibungsparameter in die Berechnungen eingeführt:

- Reibungswinkel φ'_k ≥ 30,0° * 0,90 = 27,0°
- Adhäsion a'_k = 0 kN/m²

8.6 Zusammenstellung Scher-/Reibungsparameter

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

Tabelle 12: Charakteristische Kennwerte, Tragsicherheitsnachweis

Schicht	Wichten		Scher-/Reibungsparameter	
	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ'_K [°]	c'_k [kN/m²]
Basisabdichtung				
Frostschutzschicht	17,0	9,0	32,5	0,0
Fuge Frostschutzschicht / 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	30,0	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 / Dränmatte	--	--	27,0	0,0
Fuge Dränmatte / Kunststoffdichtungsbahn	--	--	30,0	1,0
Fuge Kunststoffdichtungsbahn / Ausgleichschicht	--	--	27,0	0,0
Ausgleichschicht	18,0	10,0	30,0	0,0

8.7 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 Dränmatte

8.8 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnungen der Gleitsicherheit liegen in der Anlage 5 bei. Folgende Ausnutzungsgrade wurden erhalten:

Tabelle 13: Nachweis der Gleitsicherheit, Ergebnisse

Modell	ungünstigste Gleitfuge	Ausnutzungsgrad	Anlage
Basisabdichtung, 1:3			
1-1	Fuge Frostschutzschicht / Trennvlies	0,80	6.1
1-2	Fuge Entwässerungsschicht / Sandmatte	0,97	6.2
Oberflächenabdichtung DK I, 1:2,5			
2-1	Fuge Unterboden / Dränmatte	0,98	6.3
2-2	Fuge Dränmatte / Kunststoffdichtungsbahn	0,91	6.4

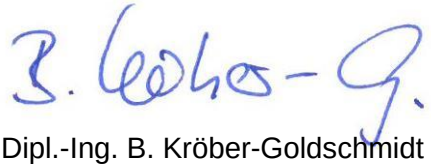
8.9 Bewertung

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

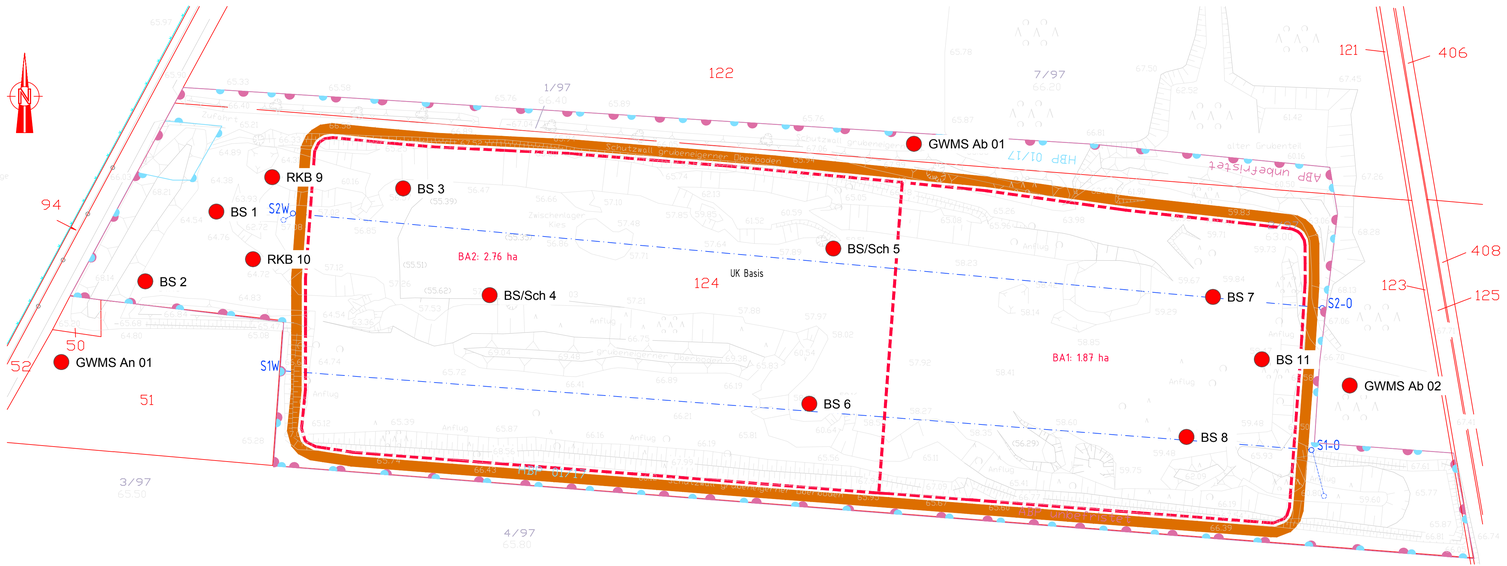
- Die Basisabdichtung ist mit der geplanten Geometrie und den in Abschnitt 8.6 zusammengefassten Scher- und Reibungsparametern im Endzustand (Bemessungssituation BS-P, vollständiger Einstau der Entwässerungsschicht als Bemessungssituation BS-T) ausreichend standsicher.
- Ohne Aufstau in der Entwässerungsschicht 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 1:2,5) und den in Abschnitt 8.6 zusammengefassten Scher- und Reibungsparametern im Endzustand (Bemessungssituation BS-P, vollständiger Einstau der Dränmatte als Bemessungssituation BS-T) ausreichend standsicher.
- Die Modelle für die Böschungsneigung 1:2,5 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
- RKB = Rammkernbohrung
- Sch = Handschurf
- GWMS An/Ab = Grundwassermessstellen Güteüberwachung

Auftraggeber	Matthäi Rohstoff GmbH & Co. KG Am Schieferberg OT Großnitz 01561 Lampertswalde Tel./Fax: 035343 / 786 - 0/-29
Auftragnehmer	GGU mbH In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0 Fax: 039 205 / 45 38 - 11

Lagebezug:	-			Höhenbezug:	NHN
Landkreis:	Dahme-Spreewald			Stadt:	Duben
Gemarkung:	diverse			Flurstück:	diverse

	Datum	Name	Unterschrift
Gez.	05/2017	Kühne	
Bearb.	05/2017	Kühne	
Gepr.	07/2017	Kröber	

Deponie Kiessandtagebau
Duben (Luckau)

Lageplan mit Baugrundaufschlüssen

Projekt-Nr.:	4569/ 2017	Plan-Nr.:	1	Blattgröße:	Maßstab (m):	Blatt:	1
Anlage :	1	Ers. f.:	-	297 x 846	1 : 1.000	1	Blat.

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.1

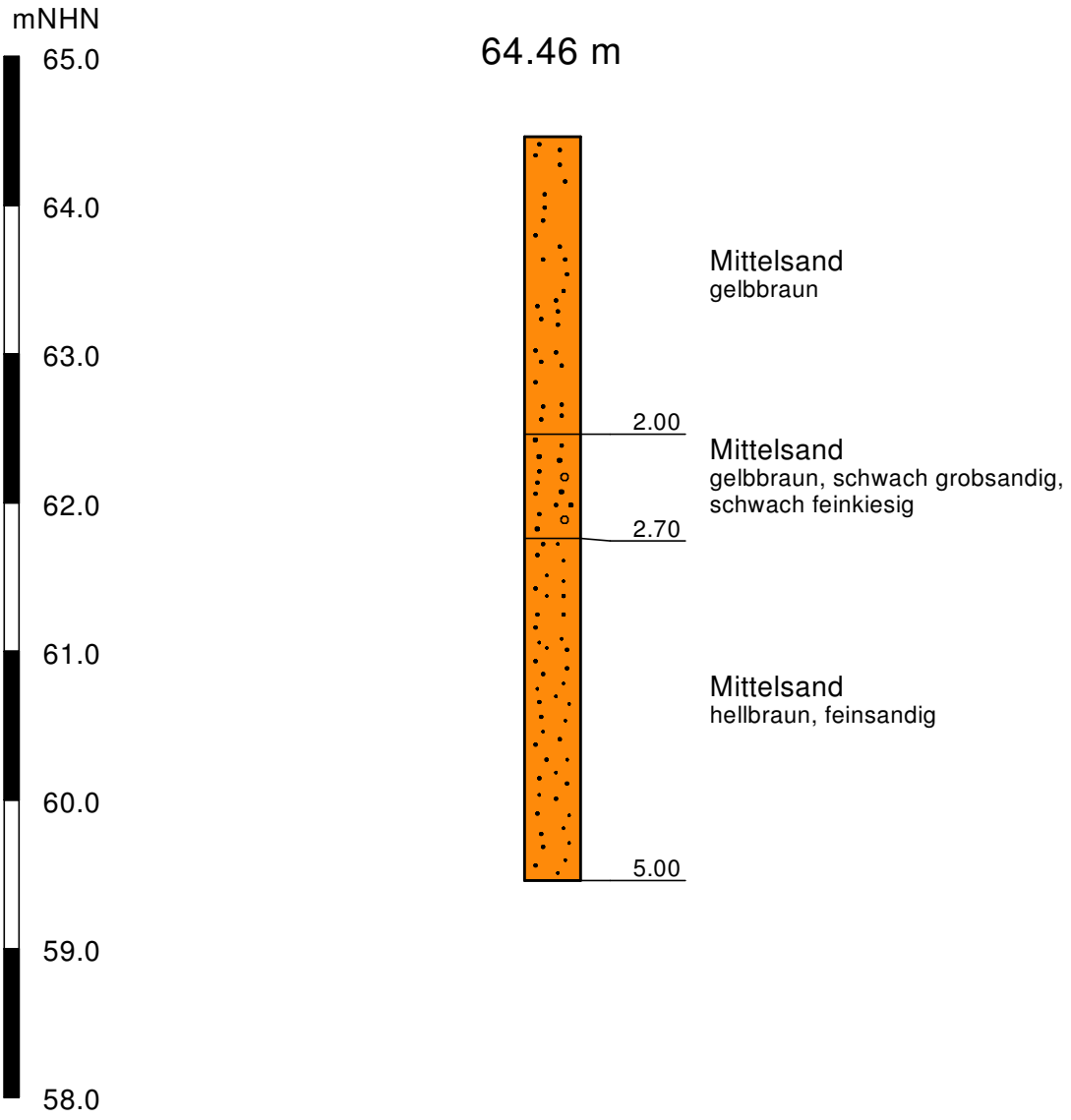
Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

BS 1

64.46 m



GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.2

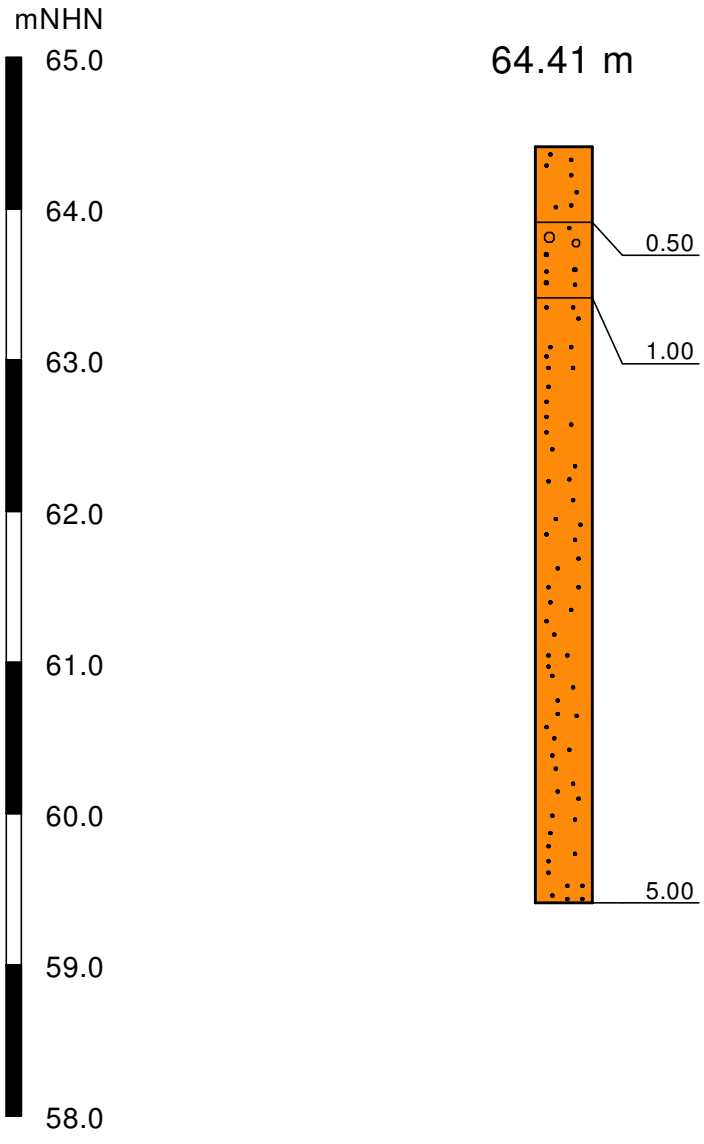
Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

BS 2

64.41 m



Mittelsand
gelbbraun, sehr schwach grobsandig, sehr schwach feinkiesig

Mittelsand
gelbbraun, schwach grobsandig, feinkiesig bis mittelkiesig

Mittelsand
gelbbraun

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.3

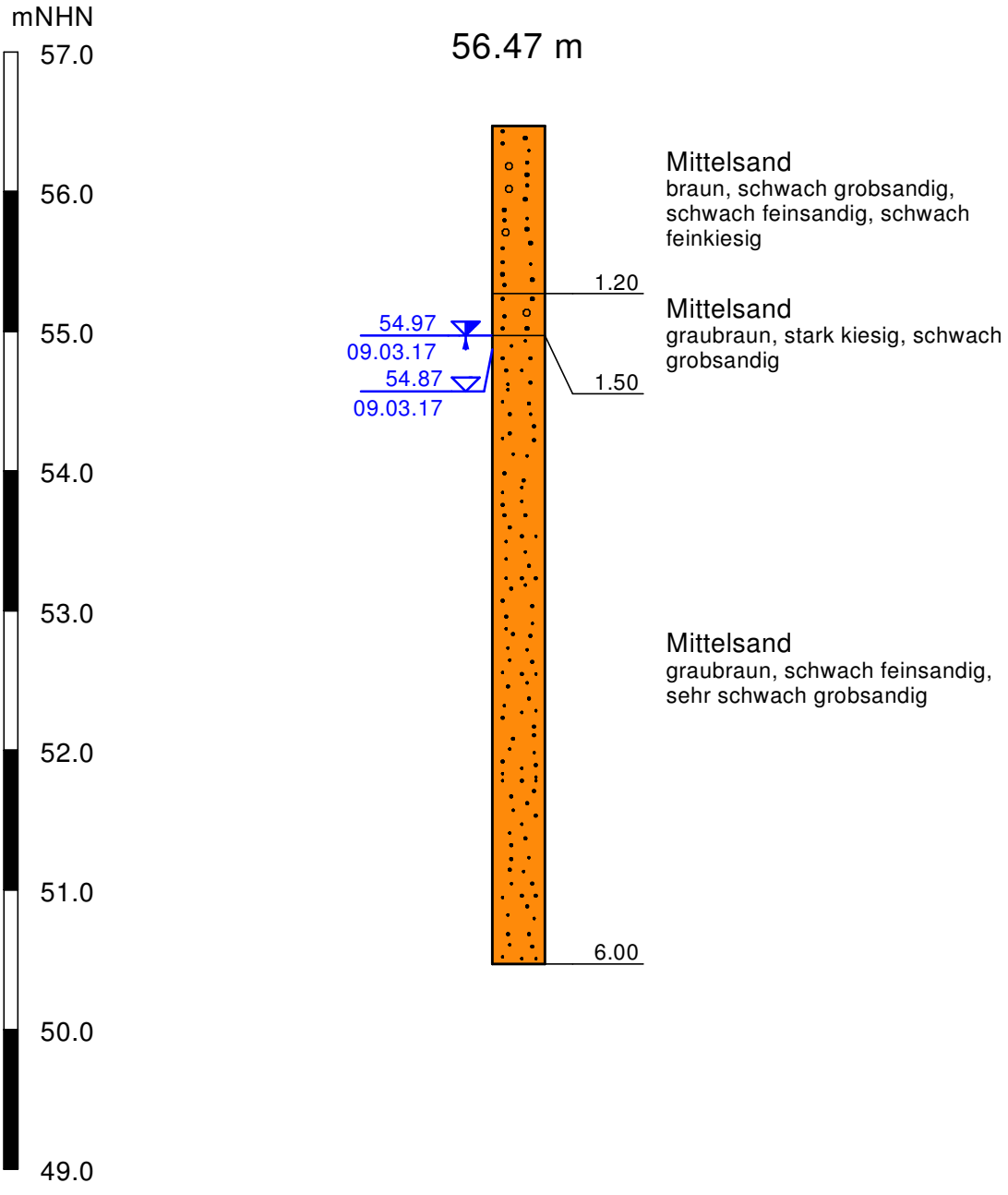
Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

BS 3

56.47 m

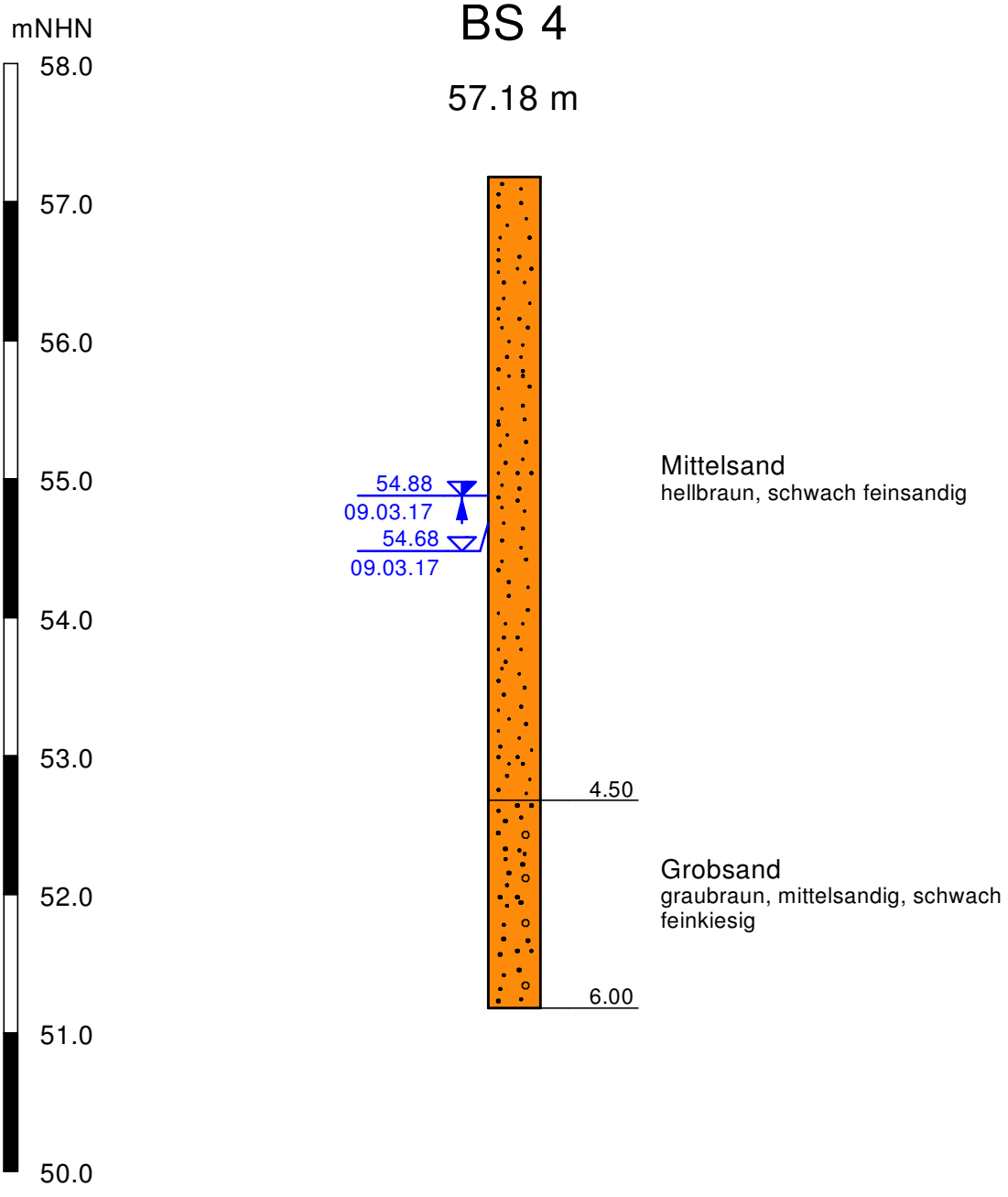


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.4

Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

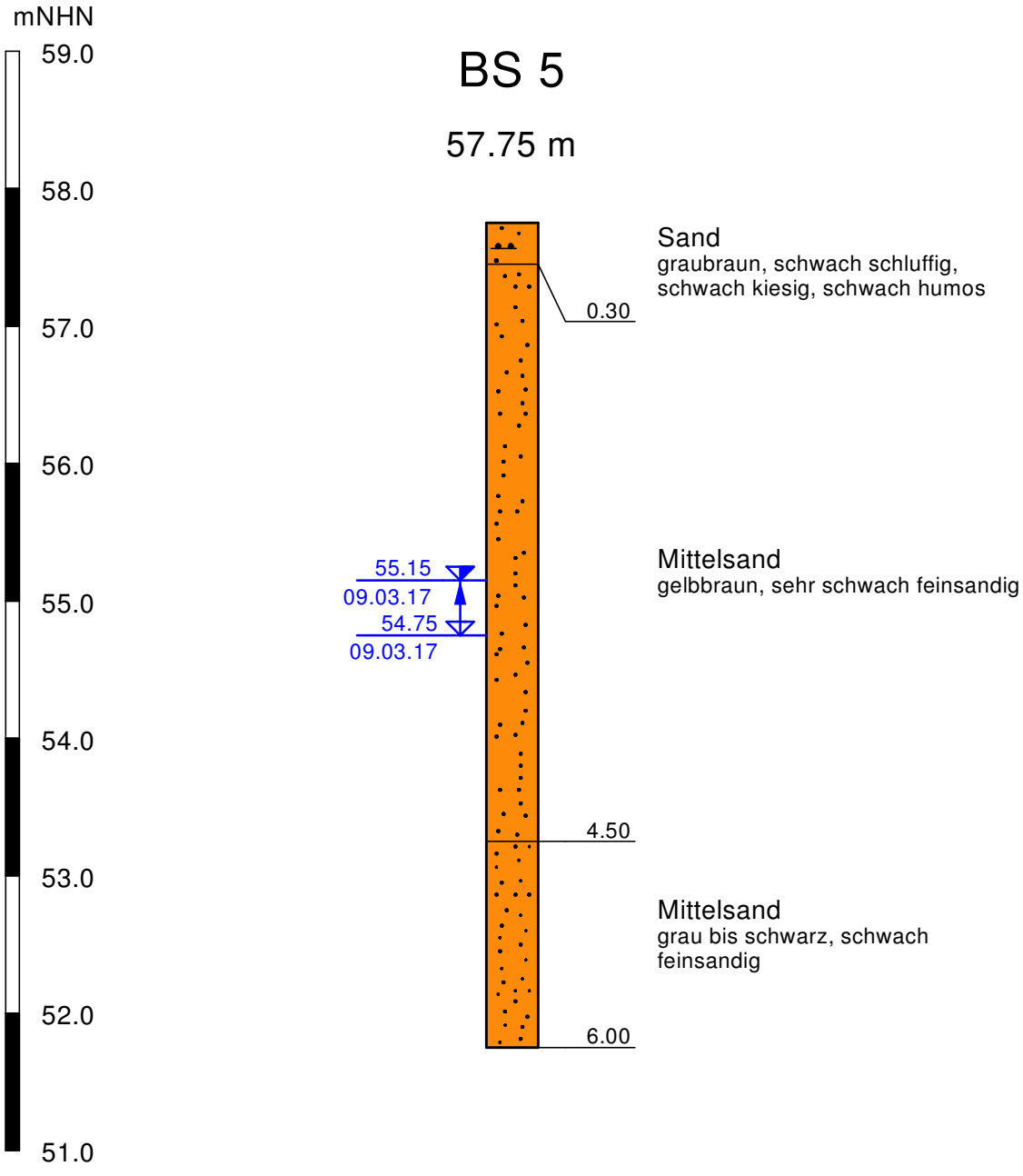


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.5

Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

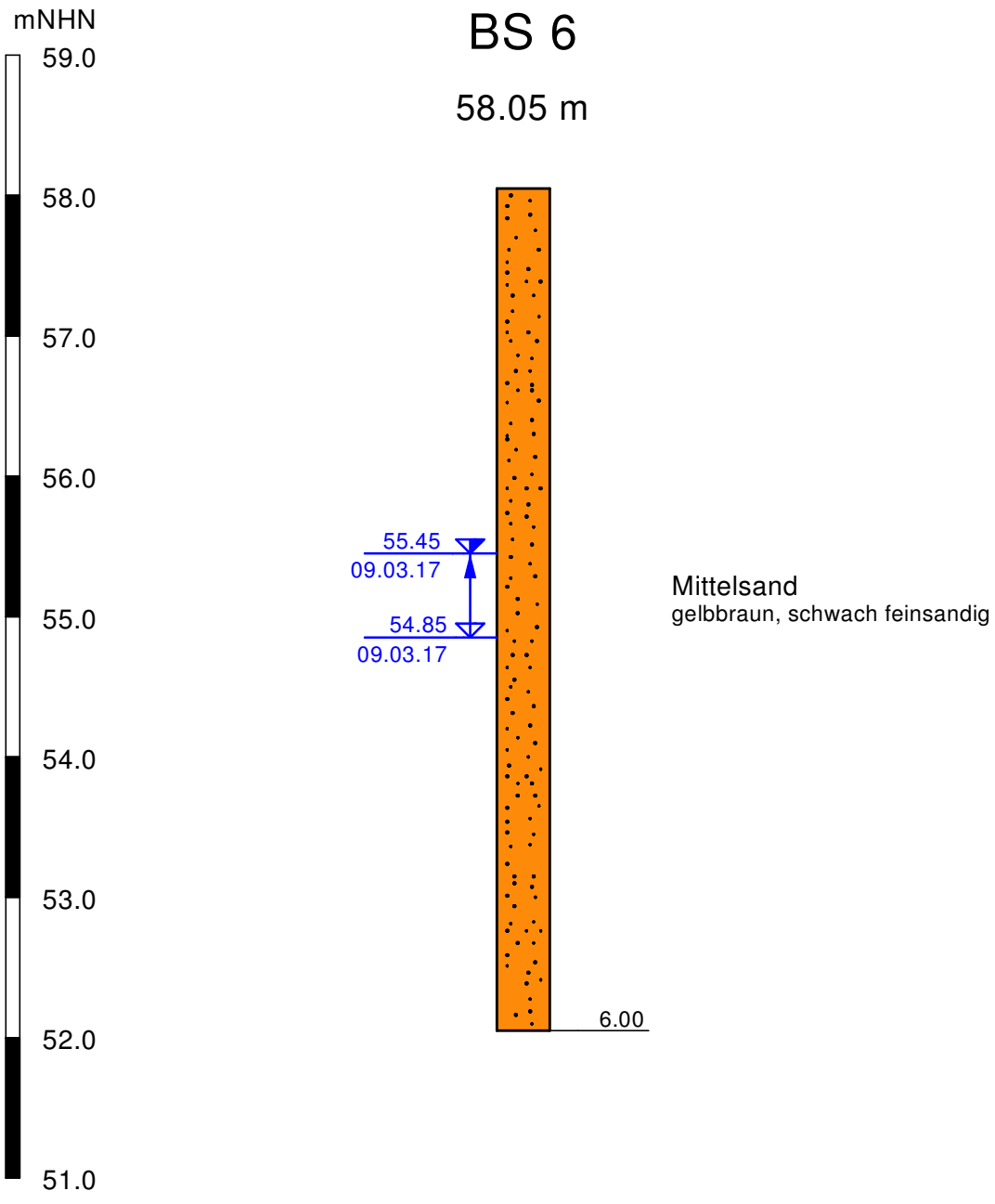


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.6

Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

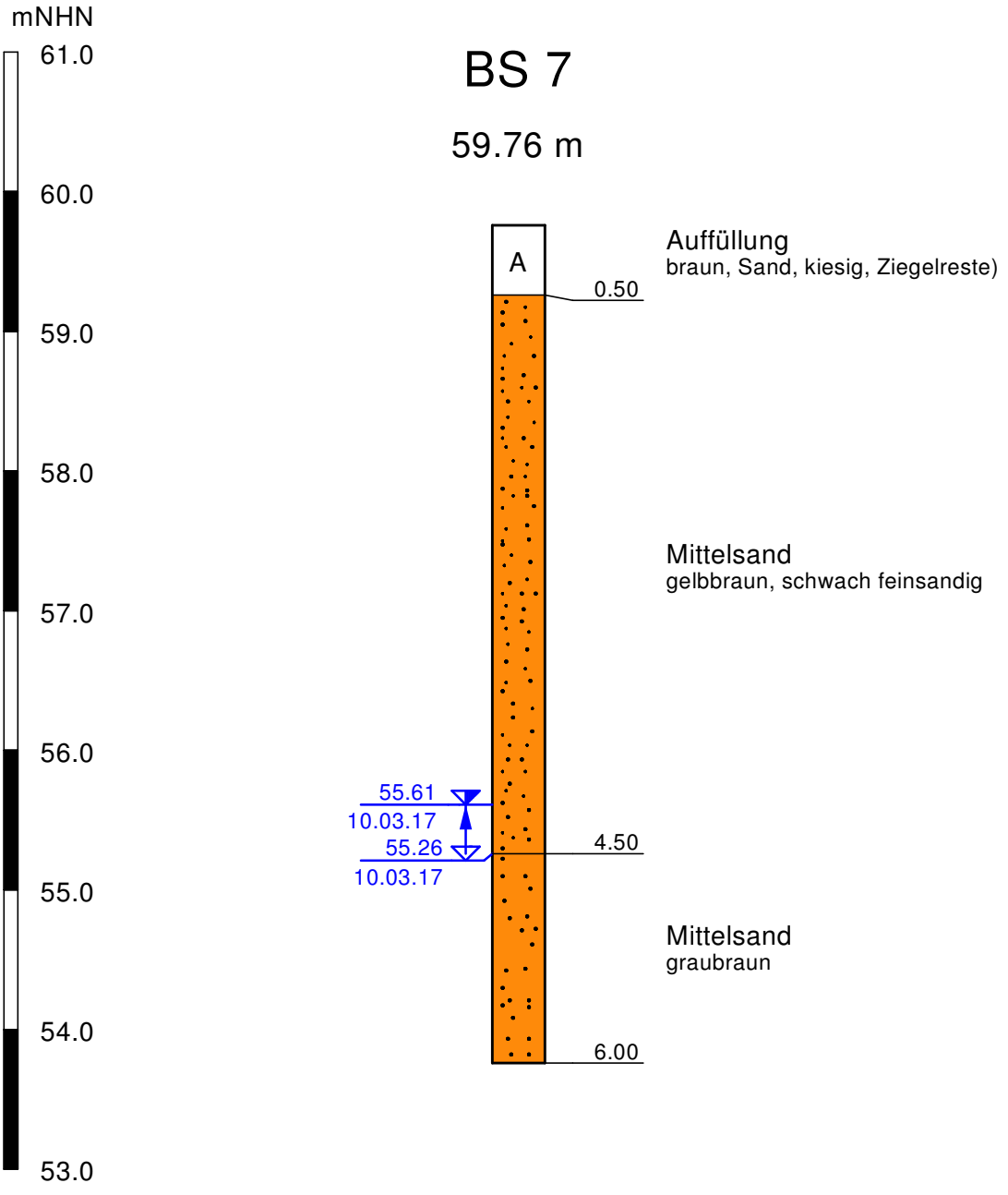


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.7

Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

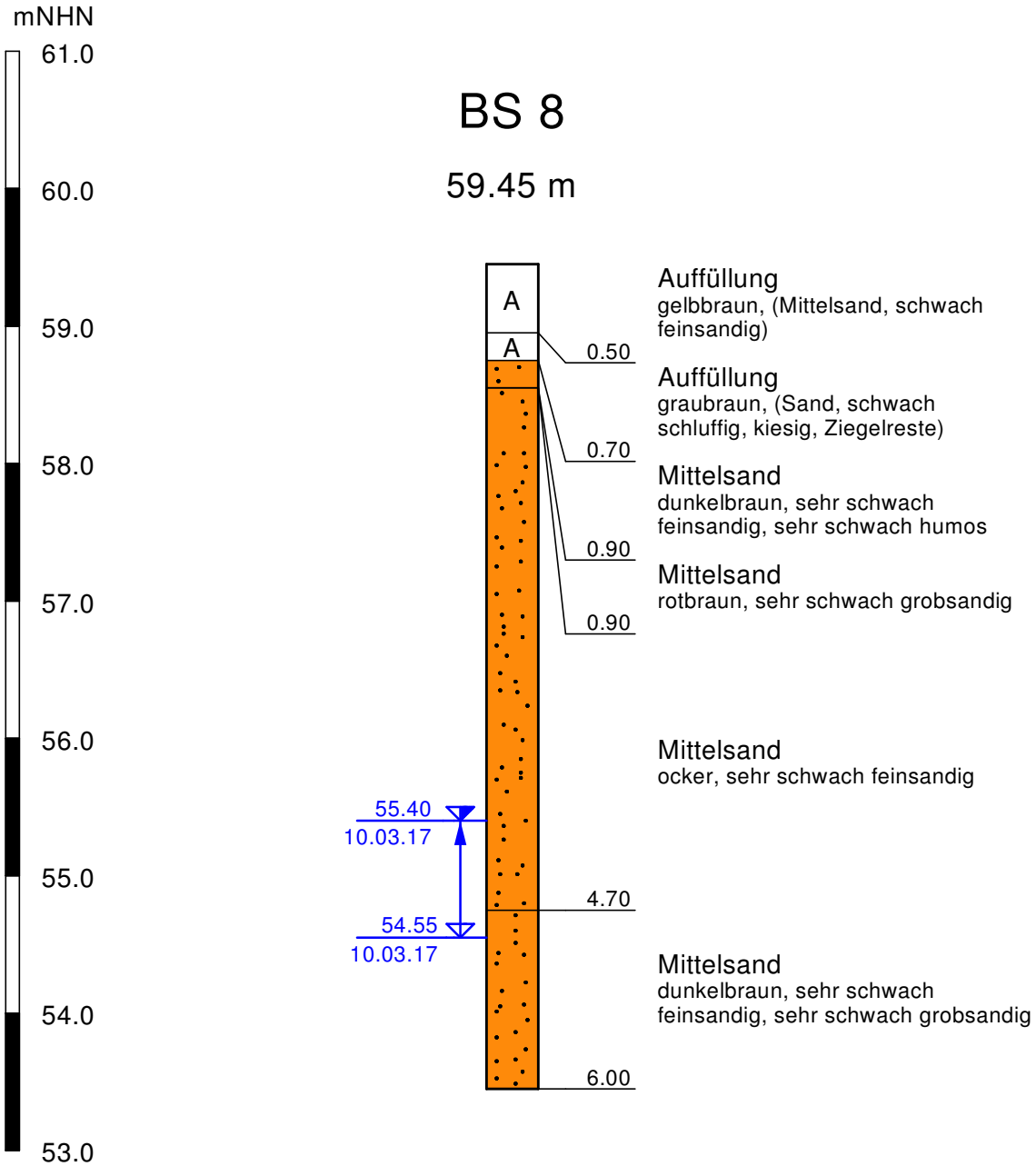


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.8

Bodenprofil

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

Maßstab d. H. 1 : 50

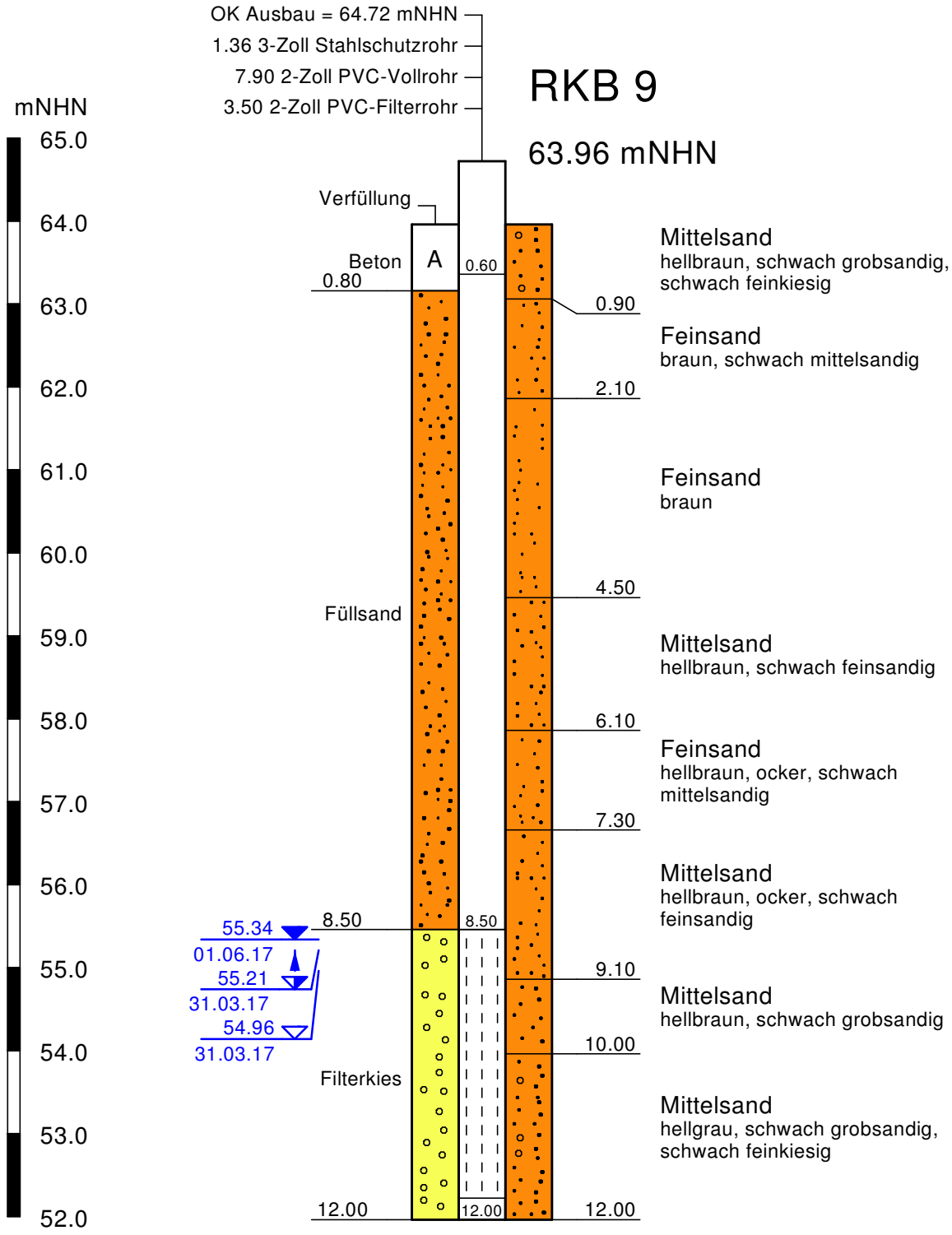


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.9

Bodenprofil

RKB = Rammkernbohrung DN 100

Maßstab d. H. 1 : 50

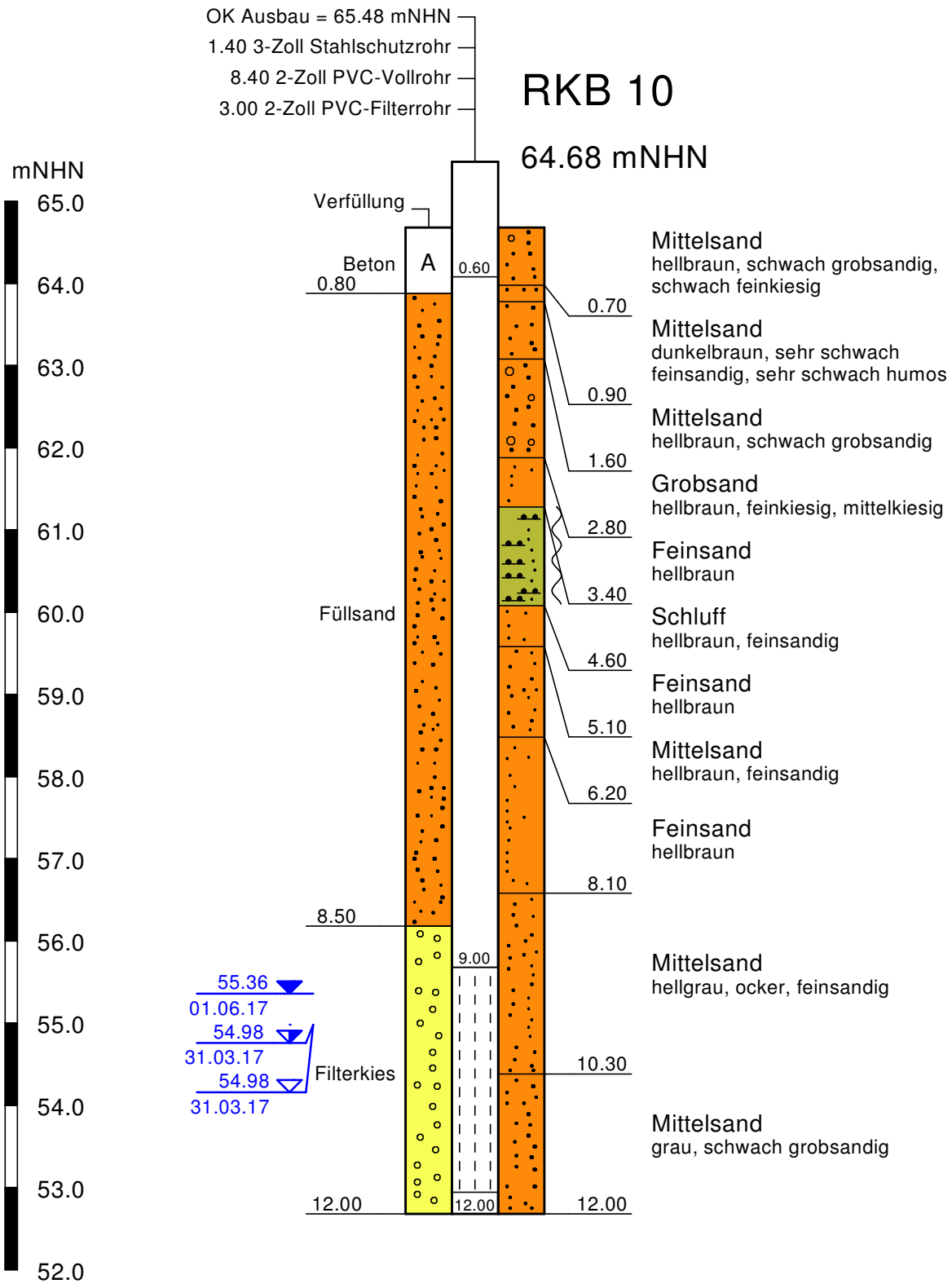


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.10

Bodenprofil

RKB = Rammkernbohrung DN 100

Maßstab d. H. 1 : 50

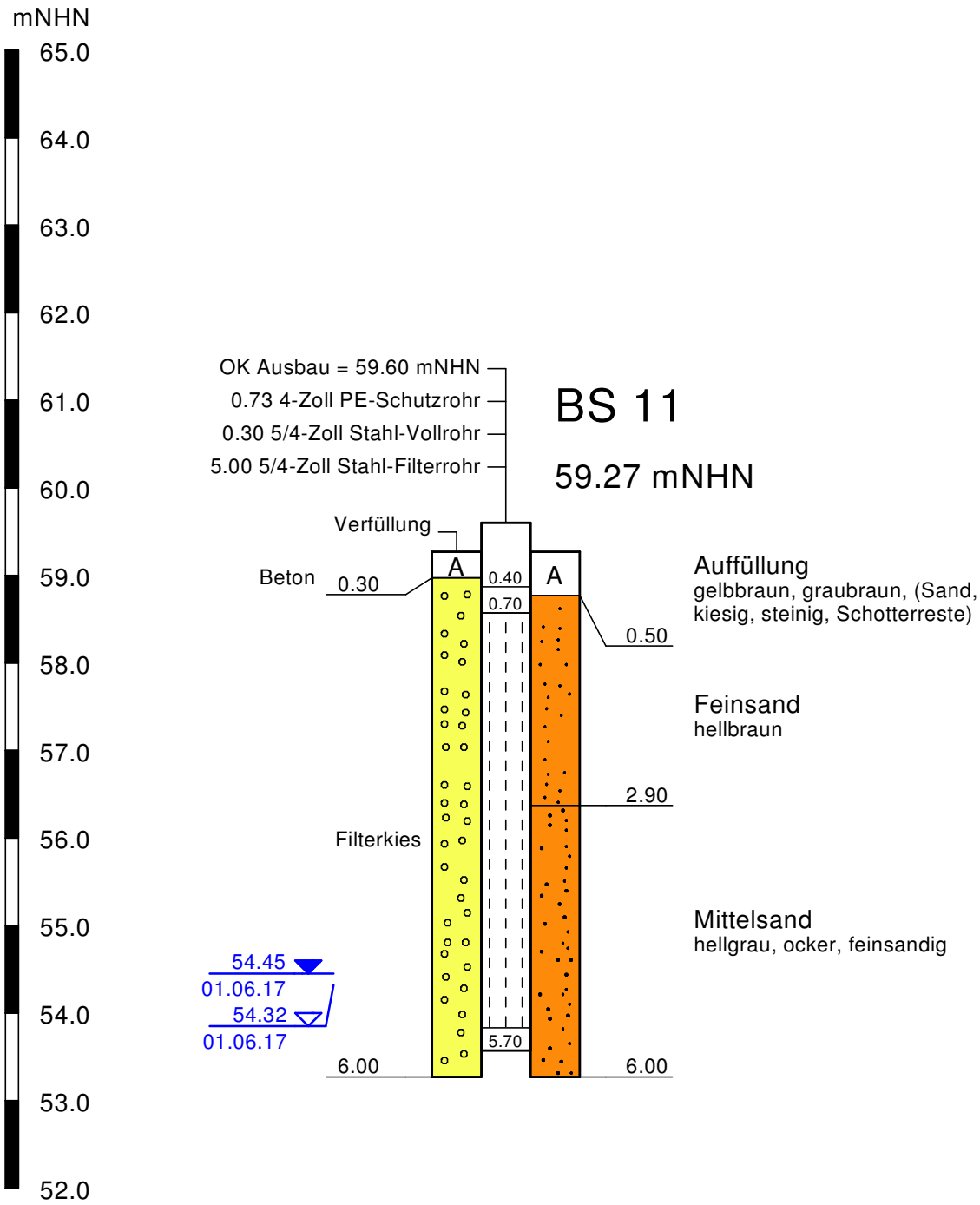


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 2.11

Bodenprofil

RKB = Rammkernbohrung DN 100

Maßstab d. H. 1 : 50

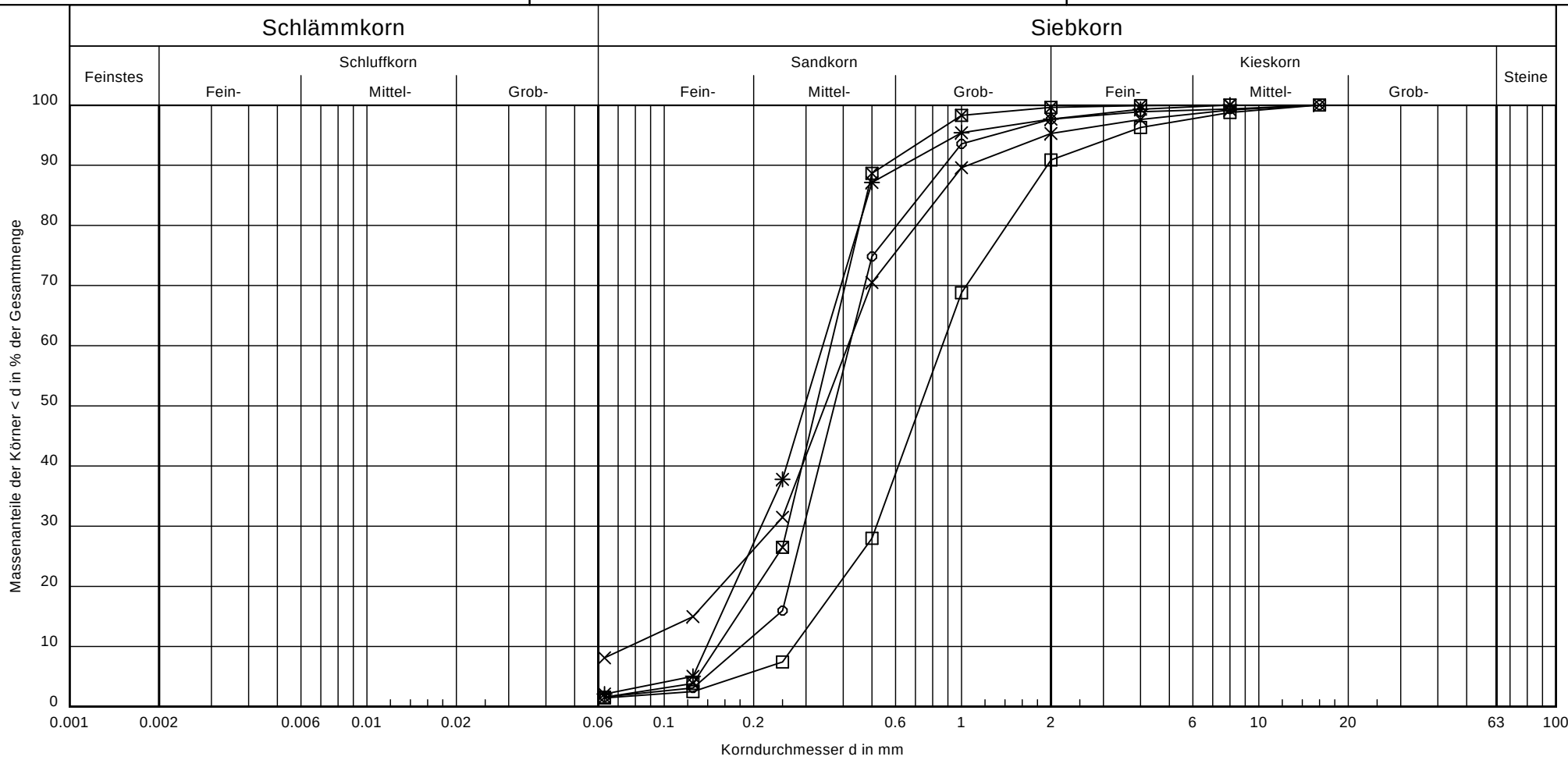


GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0
Bearbeiter: BK-G / RS Datum: 21.03.2017

Körnungslinie

Deponie im Kiestagebau
Duben (Luckau)
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 38301, 38304, 38298, 38305, 38302
Probe entnommen am: 09.03. und 10.03.2017
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:					
Entnahmenstelle:	BS 3	BS 4	BS 4	BS 5	BS 5
Tiefe:	1.50 - 6.00 m	0.00 - 4.50 m	4.50 - 6.00 m	0.30 - 4.50 m	4.50 - 5.00 m
Bodenart (DIN):	mS, gs, fs'	mS, fs, gs, u'	gS, ms, fg'	mS, fs, gs'	mS, fs, gs'
Bodenart (neu):	fgr'mgr'csiSa	fgr'mgr'cl'msaSi	csi'fgrmgrSa	csi'fgrmgrSa	csi'fgrmgrSa
U/Cc	2.3/1.1	5.5/1.8	3.2/1.1	2.4/1.2	2.5/0.9
T/U/S/G [%]:	- /1.6/96.0/2.4	- /8.1/87.2/4.7	- /1.5/89.4/9.1	- /1.6/98.0/0.4	- /2.1/95.6/2.3
Durchlässigkeit [m/s]:	$3.8 \cdot 10^{-4}$	$6.7 \cdot 10^{-5}$	$8.6 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$
Bodengruppe:	SE	SU	SE	SE	SE

Bemerkungen:

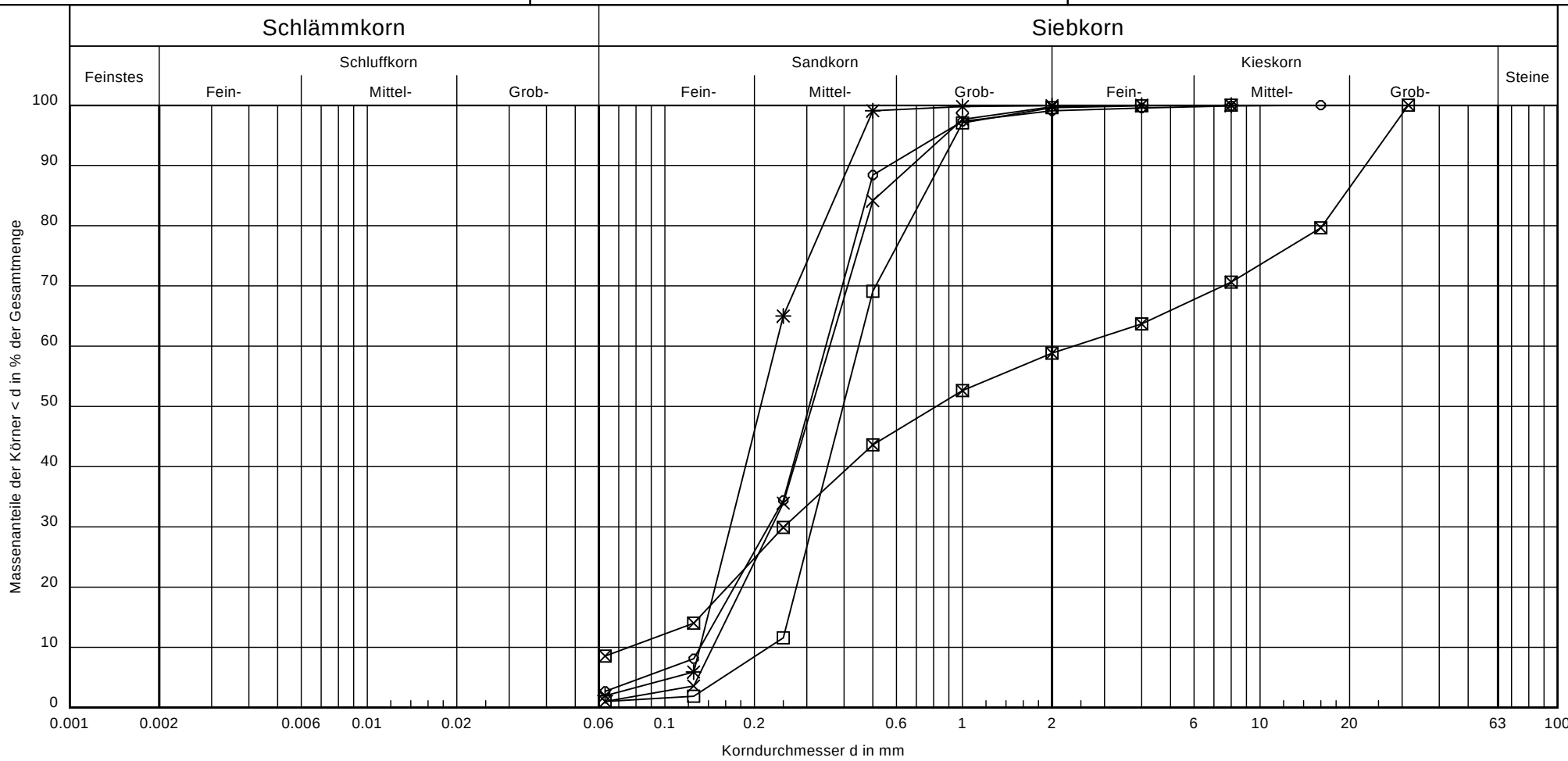
Bericht: 4569 / 17
Anlage: 3.1

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0
Bearbeiter: BK-G / RS Datum: 21.03.2017

Körnungslinie

Deponie im Kiestagebau
Duben (Luckau)
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 38300, 38299, 38303, 38307, 38306
Probe entnommen am: 09.03. und 10.03.2017
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:					
Entnahmenstelle:	BS 6	BS 7	BS 7	BS 8	BS 8
Tiefe:	0.00 - 5.00 m	0.50 - 4.50 m	4.50 - 5.00 m	0.50 - 0.70 m	1.50 - 4.70 m
Bodenart (DIN):	mS, fs, gs'	mS, fs, gs'	mS, gs, fs'	S, G, u'	mS, fs
Bodenart (neu):	csa'fsaMSa	csa'fsaMSa	fsa'csaMSa	csi'fgrmgrSa	fsa*MSa
U/Cc	2.6/1.1	2.5/1.0	2.0/1.0	31.3/0.4	1.8/0.9
T/U/S/G [%]:	- /2.7/96.4/0.9	- /1.0/98.7/0.3	- /1.0/98.6/0.4	- /8.6/50.3/41.2	- /2.0/98.0/0.1
Durchlässigkeit [m/s]:	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$	$5.8 \cdot 10^{-4}$	$6.6 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^{-4}$
Bodengruppe:	SE	SE	SE	GU	SE

Bemerkungen:

Bericht: 4569 / 17
Anlage: 3.2

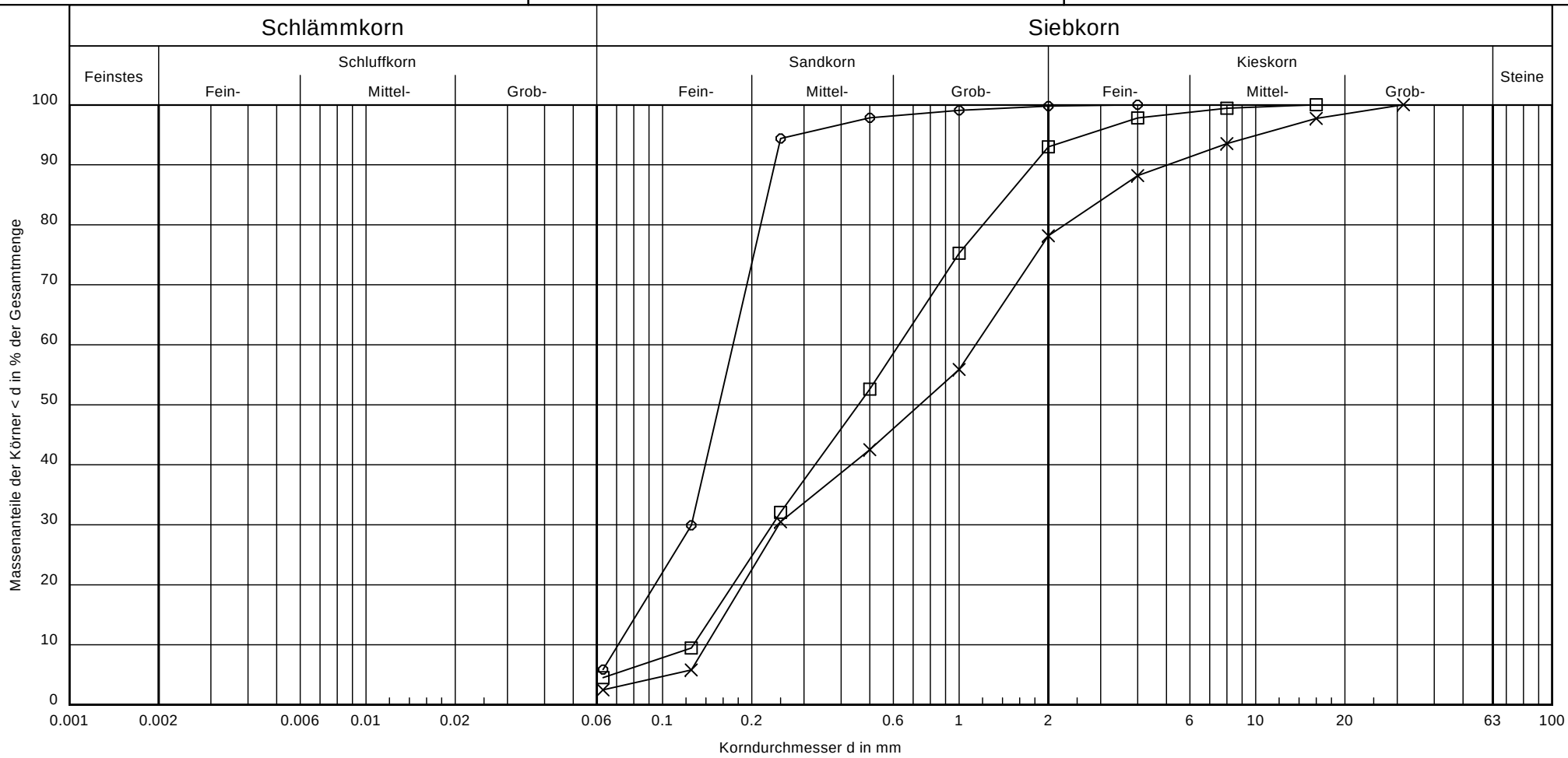
GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: BK-G / RS Datum: 21.03.2017

Körnungslinie

Deponie im Kiestagebau
Duben (Luckau)
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 38293 bis 38295
Probe entnommen am: 09.03. und 10.03.2017
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□
Entnahmenstelle:	BS 1	BS 2	BS 2
Tiefe:	2.70 - 3.00 m	0.50 - 1.00 m	1.00 - 3.00 m
Bodenart (DIN):	fS, ms, u'	S, fg', mg'	S, fg'
Bodenart (neu):	fgr'mgr'csiSa	fgr'mgr'cl'msaSi	csi'fgrmgrSa
U/Cc	2.4/1.3	8.1/0.4	4.9/0.7
T/U/S/G [%]:	- /5.9/93.9/0.2	- /2.5/75.7/21.8	- /4.5/88.5/7.0
Durchlässigkeit [m/s]:	$5.8 \cdot 10^{-5}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$1.9 \cdot 10^{-4}$
Bodengruppe:	SU	SI	SE

Bemerkungen:

Bericht: 4569 / 17
Anlage: 3.3

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

Bericht: 4569 / 17

Anlage: 3.4

Dichtebestimmung nach DIN 18 125

Deponie im Kiestagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G/RS Datum: 21.03.2017

Prüfungsnummer: 38296 und 38297

Art der Entnahme: ungestört

Material: Sand

Probe entnommen am: 09.03. und 10.03.2017

Probenbezeichnung:	Zy 1	Zy. 2
Feuchtdichte ρ		
Feuchte Probe + Zylinder [g]:	2305.90	2127.20
Zylinder [g]:	587.80	610.30
Feuchte Probe [g]:	1718.10	1516.90
Volumen Zylinder [cm³]:	868.60	861.30
Feuchtdichte ρ [g/cm³]:	1.978	1.761
Wassergehalt durch Trocknen		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	727.40	671.60
Trockene Probe + Behälter [g]:	686.10	633.50
Behälter [g]:	250.70	228.60
Porenwasser [g]:	41.30	38.10
Trockene Probe [g]:	435.40	404.90
Wassergehalt [%]	9.49	9.41
Bestimmung der Trockendichte ρd		
Trockendichte ρd [g/cm³]	1.807	1.610

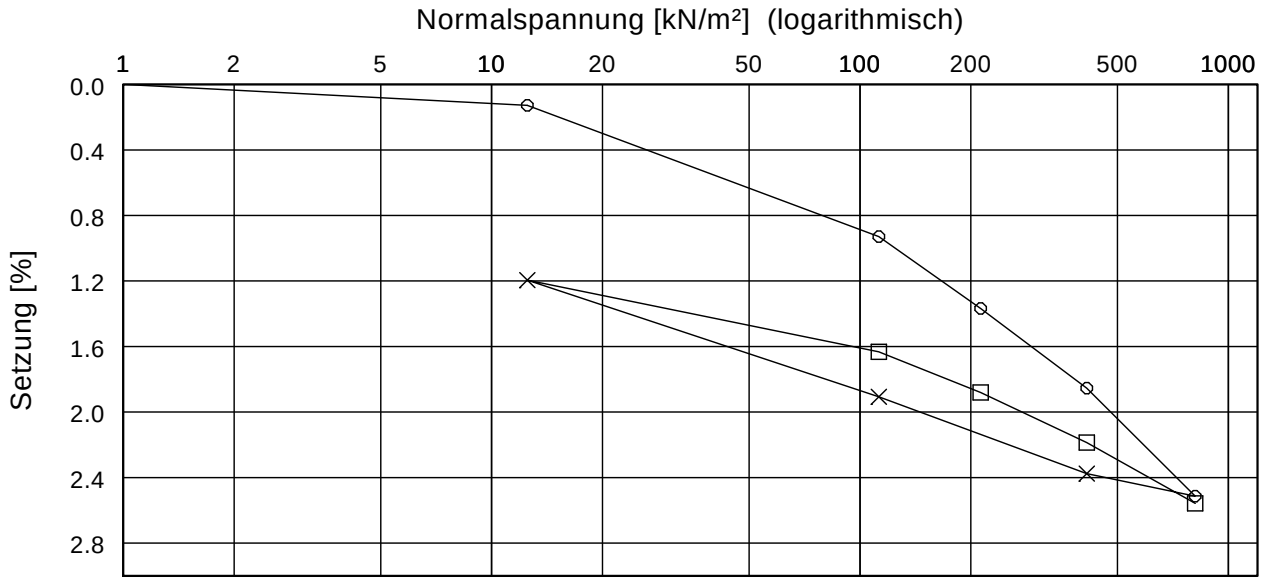
GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

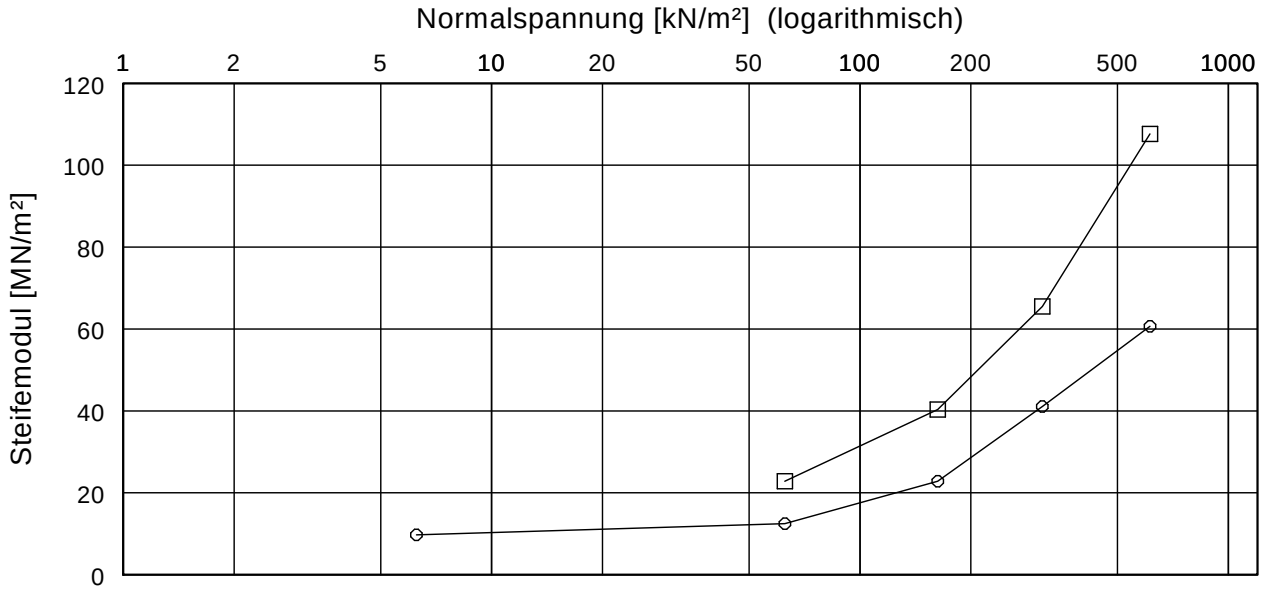
Kompressionsversuch

Deponie im Kiestagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: RS Datum: 21.03.2017

Prüfungsnummer: 38296
Entnahmestelle: Zyl. 1
Tiefe: 0.30 m uGOK
Bodenart: Sand
Art der Entnahme: ungestört
Probe entnommen am: 10.03.2017





Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Normalspannung [kN/m²]	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	0.029	0.210	0.309	0.419	0.568	0.537	0.431	0.270	0.369	0.425	0.494	0.578
Steifemodule [MN/m²]		9.7	12.5	22.8	41.1	60.7	-	-	-	22.8	40.4	65.5	107.6	

Einbauhöhe [mm] = 22.600	w (vor/nach Versuch) [%] = 9.5/8.2
Probenfläche [cm²] = 36.0	Einbaudichte, feucht [g/cm³] = 1.98

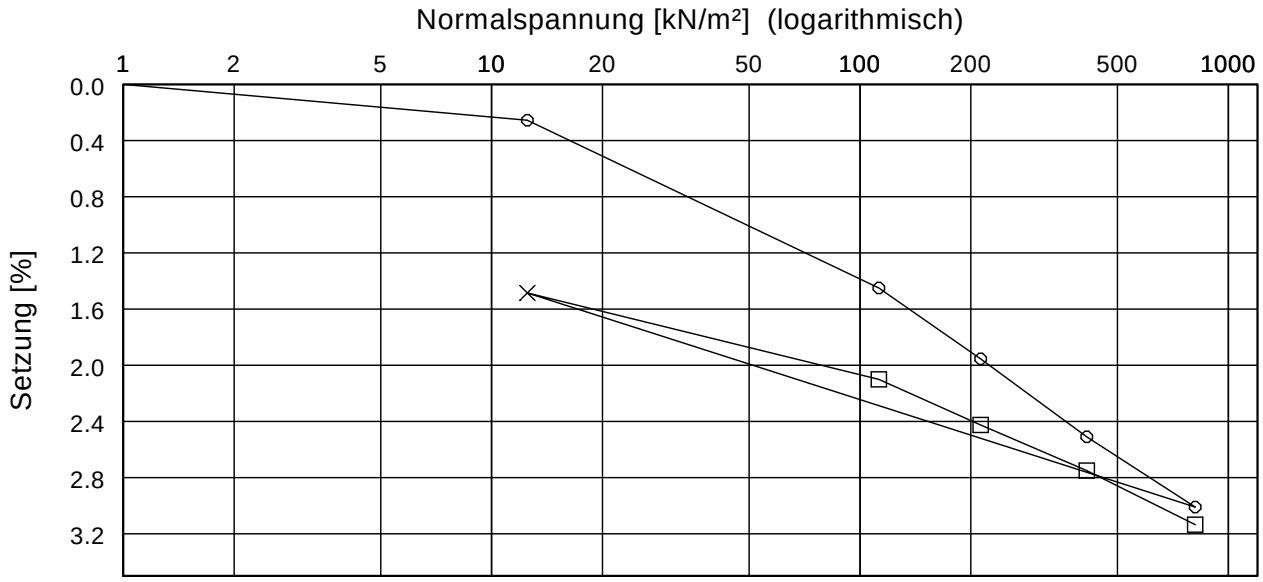
GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

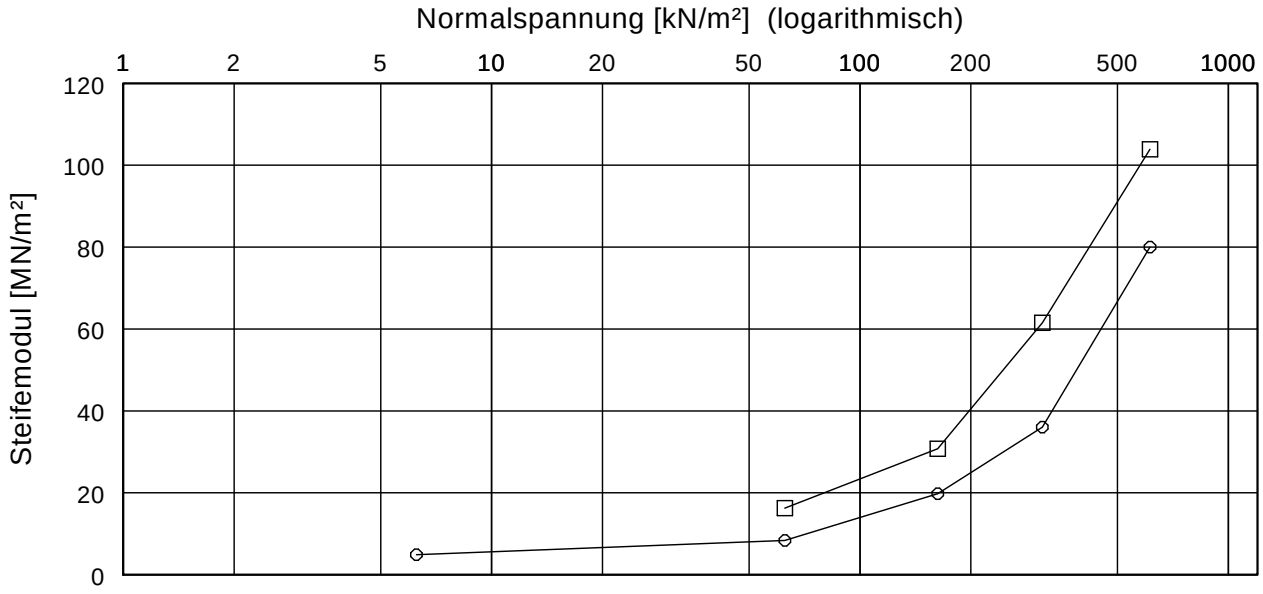
Kompressionsversuch

Deponie im Kiestagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: BK-G/ RS Datum: 12.05.2017

Prüfungsnummer: 38297
Entnahmestelle: Schurf Sch 5, Zyl. 2
Tiefe: 0.30 m uGOK
Bodenart: Sand
Art der Entnahme: ungestört
Probe entnommen am: 10.03.2017





Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Normalspannung [kN/m²]	0.0	12.5	112.5	212.5	412.5	812.5	12.5	112.5	212.5	412.5	812.5
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.051	0.290	0.391	0.502	0.602	0.297	0.420	0.485	0.550	0.627
Steifemodule [MN/m²]		4.9	8.4	19.8	36.0	80.0	-	16.3	30.8	61.5	103.9	

Einbauhöhe [mm] = 20.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 9.4/9.0
Probenfläche [cm²] = 36.0	Einbaudichte, feucht [g/cm³] = 1.760

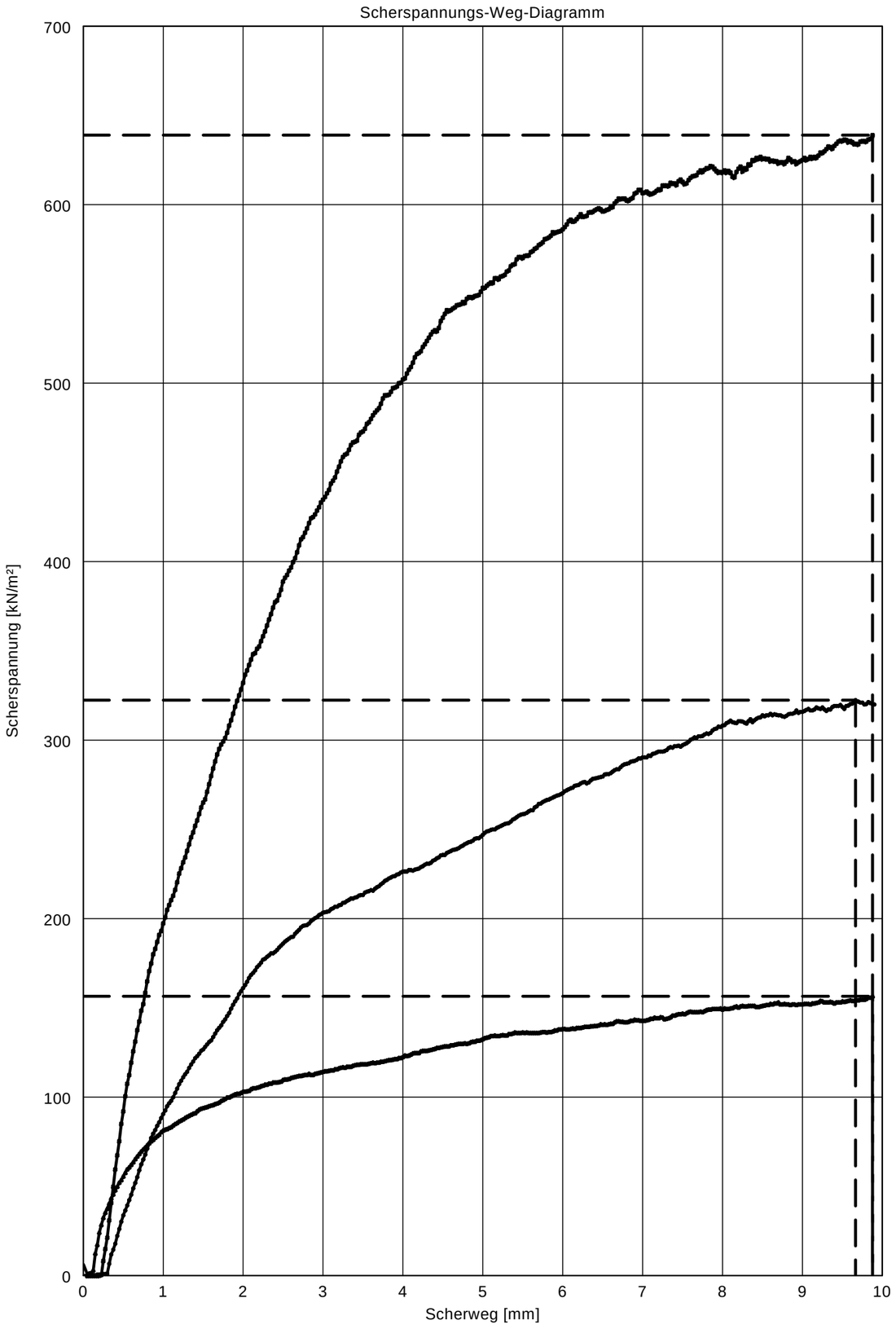
GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

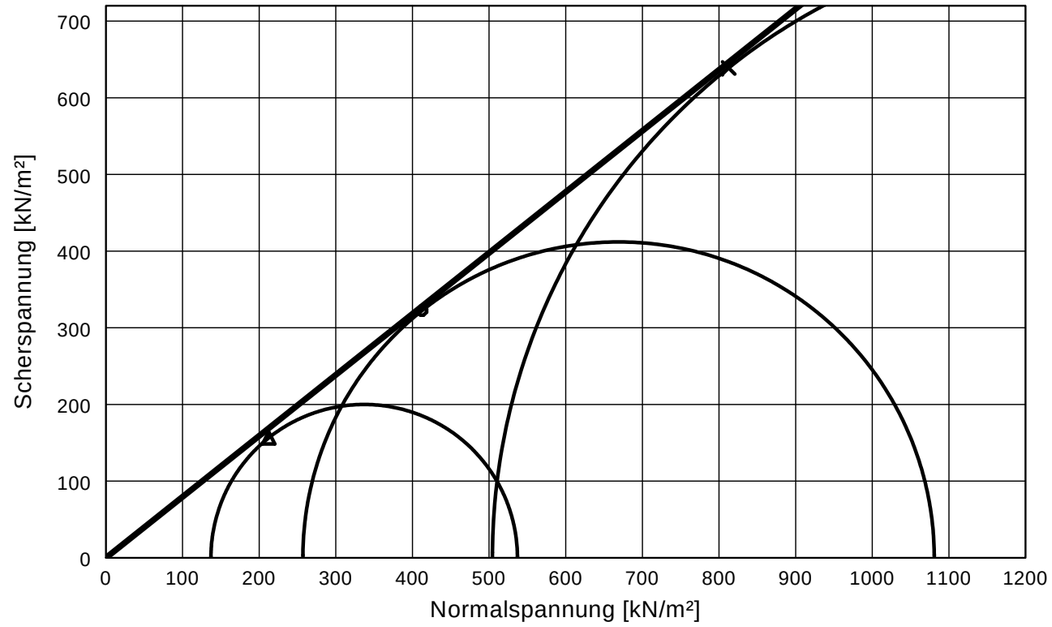
Scherversuch nach DIN 18137

Deponie im Kiestagebau
Duben (Luckau)
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: HP/ES Datum: 31.03.2017

Prüfungsnummer: 38296
Entnahmestelle: Zyl. 1
Tiefe: 0.30 m uGOK
Versuchsdurchführung: nass
Probe entnommen am: 10.03.2017





Versuch-Nr.	1▲	2○	3✕
Normalspannung [kN/m²]	212.5	412.5	812.5
Scherspannung [kN/m²]	156.5	322.4	638.9
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0.1	0.1	0,1
Probenfläche [cm²]	36.0	36.0	36.0
w (vorher/nachher) [%]	9.5/8.4	9.5/8.8	9.4/7.9
Einbaudichte, trocken [g/cm³]	1.81	1.81	1.81

Reibungswinkel =	38.5 Grad
Kohäsion =	0.0 kN/m²
Korrelation =	1.000

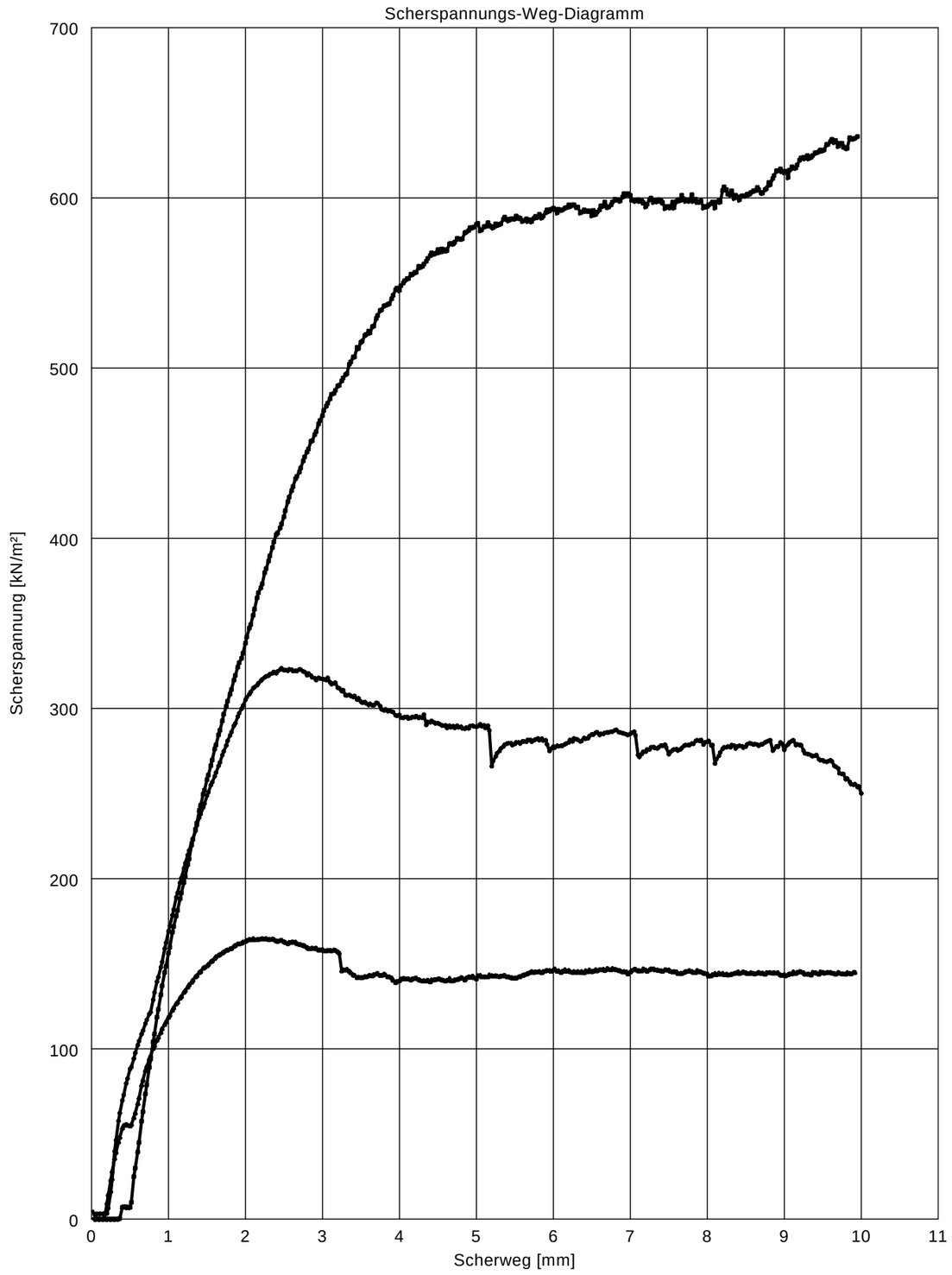
GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

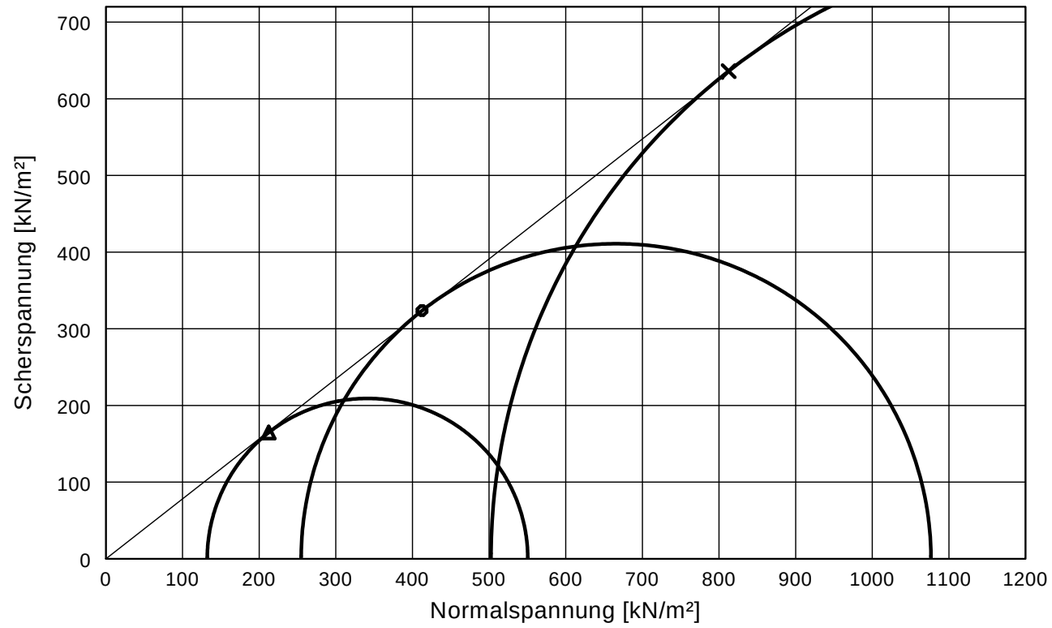
Scherversuch nach DIN 18137

Deponie im Kiestagebau Duben (Luckau)
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: HP/ES Datum: 10.04.2017

Prüfungsnummer: 38297
Entnahmestelle: Schurf Sch 5, Zyl. 5
Tiefe: 0.30 m uGOK
Versuchsdurchführung: nass
Probe entnommen am: 10.03.2017





Versuch-Nr.	1▲	2⭘	3✕
Normalspannung [kN/m²]	212.5	412.5	812.5
Scherspannung [kN/m²]	164.7	323.7	636.0
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	1.0	1:0	1.0
Probenfläche [cm²]	36.0	36.0	36.0
w (vorher)/nachher [%]	12.8/12.9	12.8/12.9	12.8/
Einbaudichte, trocken [g/cm³]	1.135	2.120	2.120

Reibungswinkel =	38.0 Grad
Kohäsion =	0.0 kN/m²
Korrelation =	1.000

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 4.1

Grundwassergleichenplan

Lage der verwendeten GWMS

Maßstab d. H. 1 : 20.000



GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 4.2

Grundwassergleichenplan

Stichtagsmessung 01.06.2017

Maßstab d. H. 1 : 20.000



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22

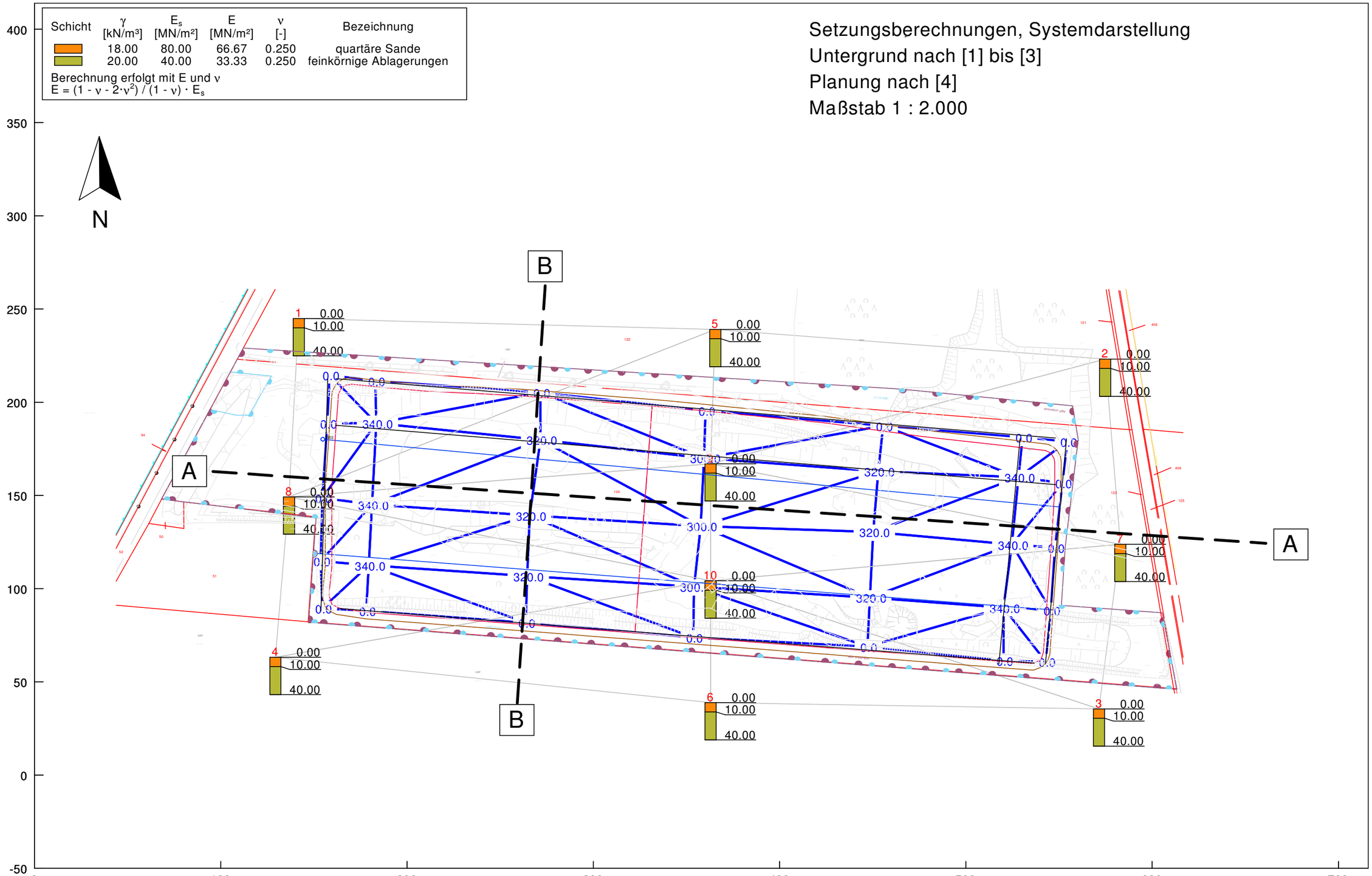
0 5 10 15 20 25 30

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 5.1

Schicht	γ [kN/m³]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	18.00	80.00	66.67	0.250	quartäre Sande
	20.00	40.00	33.33	0.250	feinkörnige Ablagerungen

Berechnung erfolgt mit E und ν
$E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s$

Setzungsberechnungen, Systemdarstellung
Untergrund nach [1] bis [3]
Planung nach [4]
Maßstab 1 : 2.000

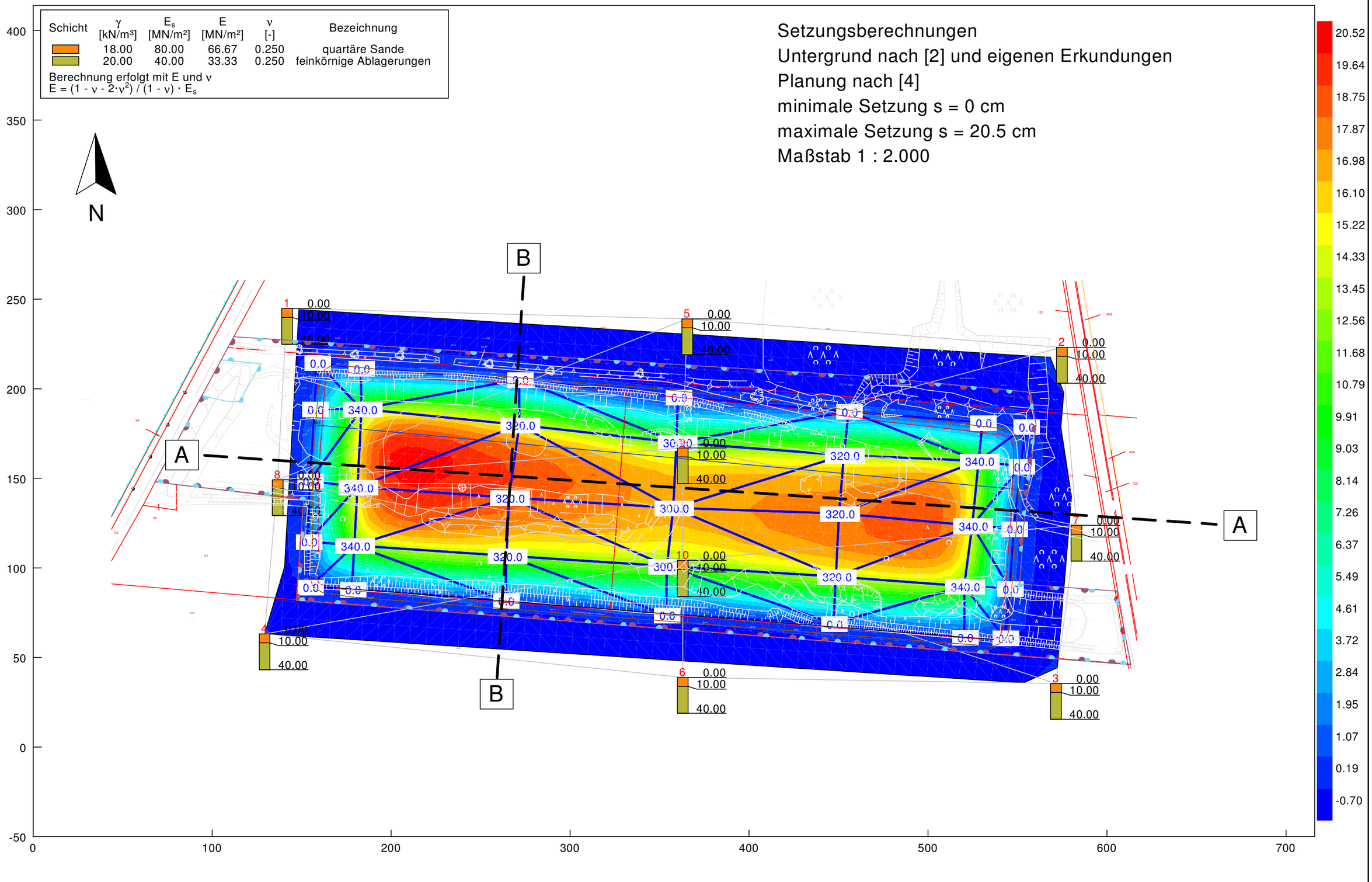


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 5.2

Schicht	γ [kN/m³]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	18.00	80.00	66.67	0.250	quartäre Sande
	20.00	40.00	33.33	0.250	feinkörnige Ablagerungen

Berechnung erfolgt mit E und ν
$E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s$

Setzungsberechnungen
Untergrund nach [2] und eigenen Erkundungen
Planung nach [4]
minimale Setzung s = 0 cm
maximale Setzung s = 20.5 cm
Maßstab 1 : 2.000

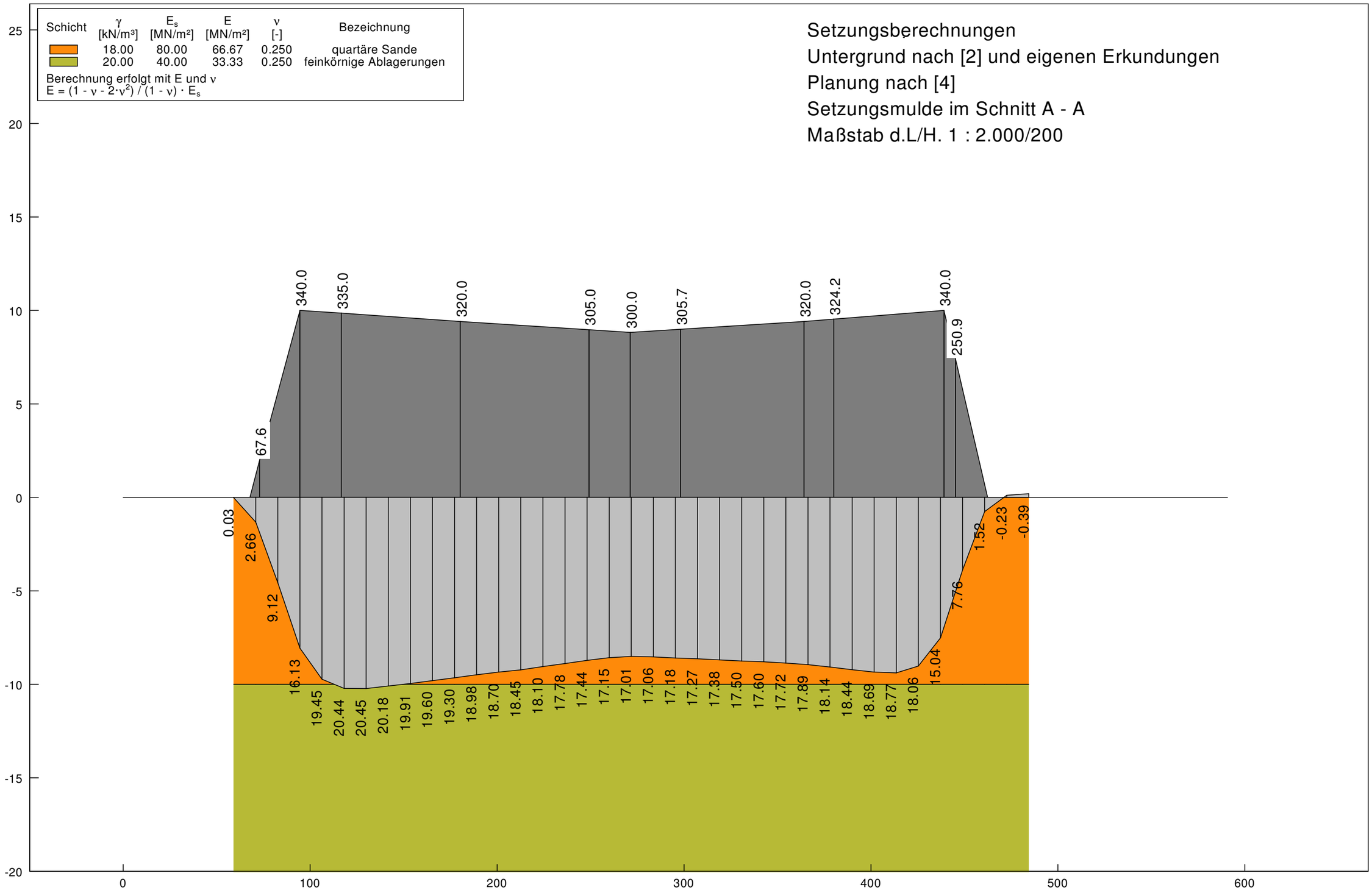


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 5.3

Schicht	γ [kN/m³]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	18.00	80.00	66.67	0.250	quartäre Sande
	20.00	40.00	33.33	0.250	feinkörnige Ablagerungen

Berechnung erfolgt mit E und ν
$E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s$

Setzungsberechnungen
Untergrund nach [2] und eigenen Erkundungen
Planung nach [4]
Setzungsmulde im Schnitt A - A
Maßstab d.L/H. 1 : 2.000/200

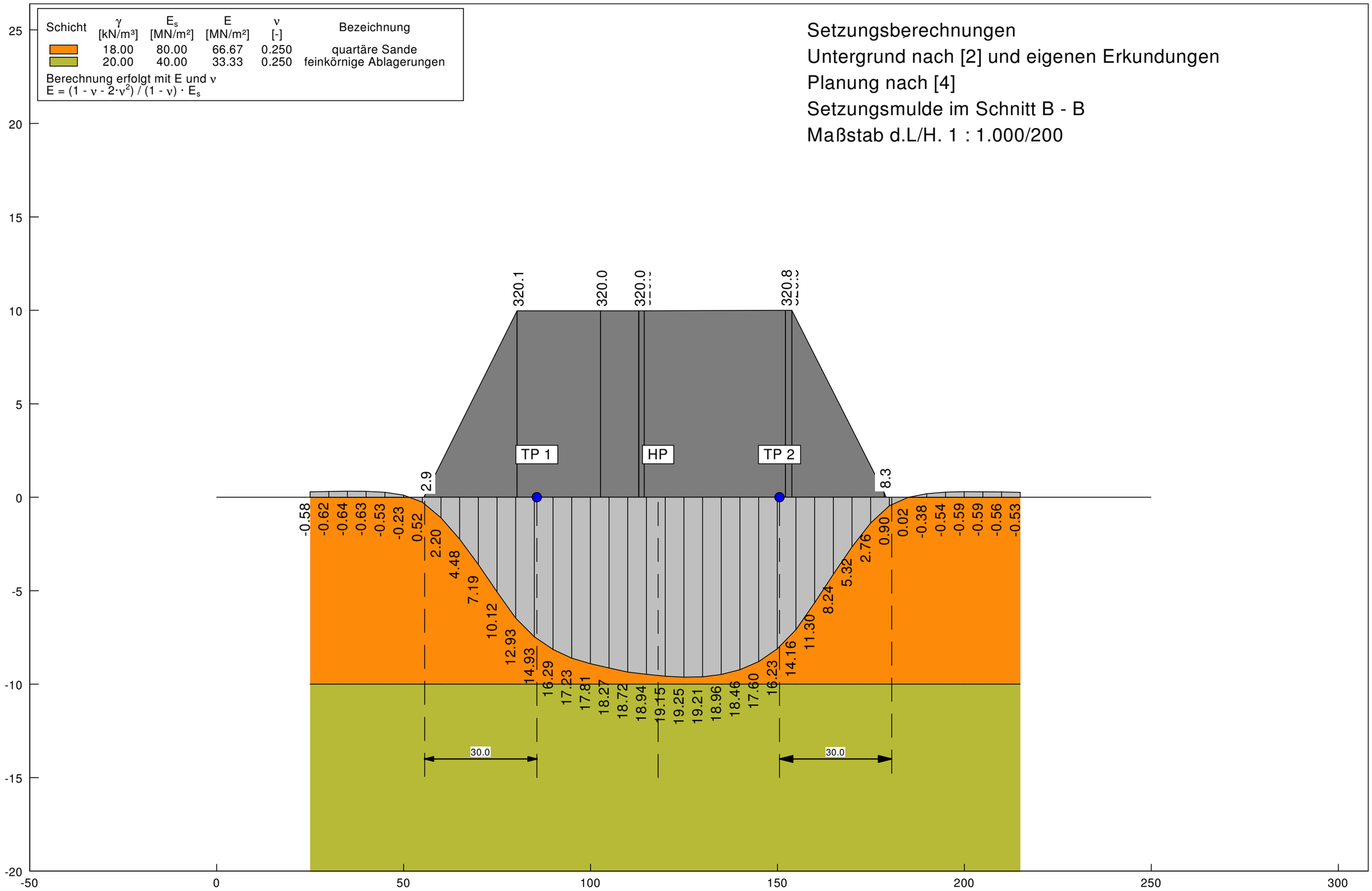


GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4569 / 17 Anlage Nr. 5.4

Schicht	γ [kN/m³]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	18.00	80.00	66.67	0.250	quartäre Sande
	20.00	40.00	33.33	0.250	feinkörnige Ablagerungen

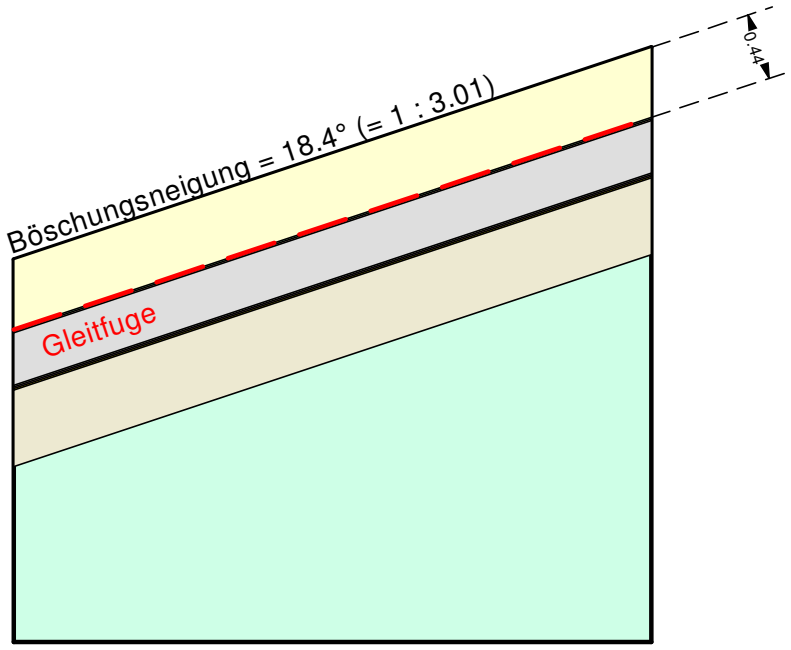
Berechnung erfolgt mit E und ν
$E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s$

Setzungsberechnungen
Untergrund nach [2] und eigenen Erkundungen
Planung nach [4]
Setzungsmulde im Schnitt B - B
Maßstab d.L/H. 1 : 1.000/200



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

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m³]	Bezeichnung
	17.0	9.0	35.0	0.0	FSS (d = 0.44)
	11.0	1.0	27.6	0.0	FSS / TV (d = 0.00)
	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	30.0	0.0	AS

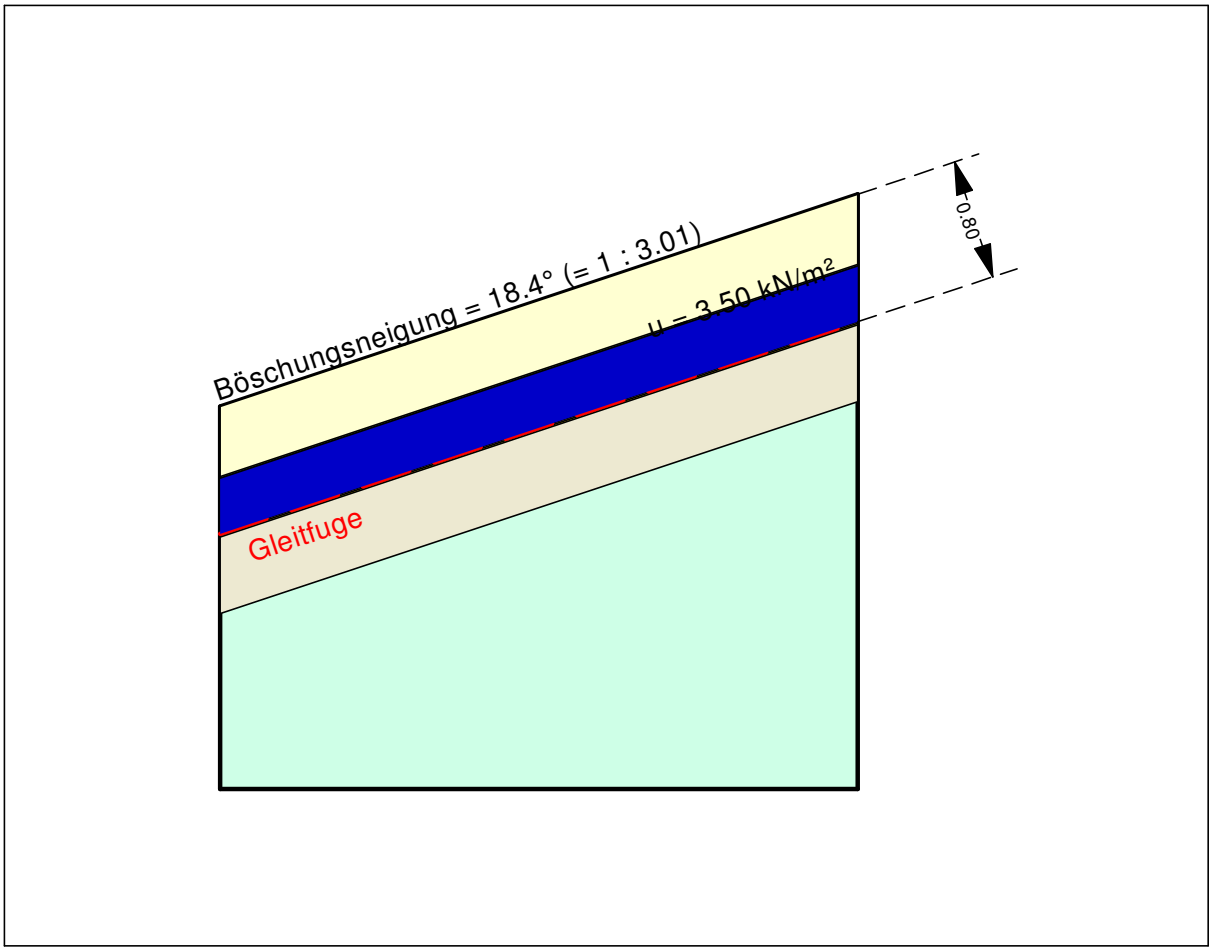


Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.25
Reibungswinkel = 27.6 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.440 m
Grundwasserstand = 5.000 m

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/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m³]	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	30.0	0.0	AS

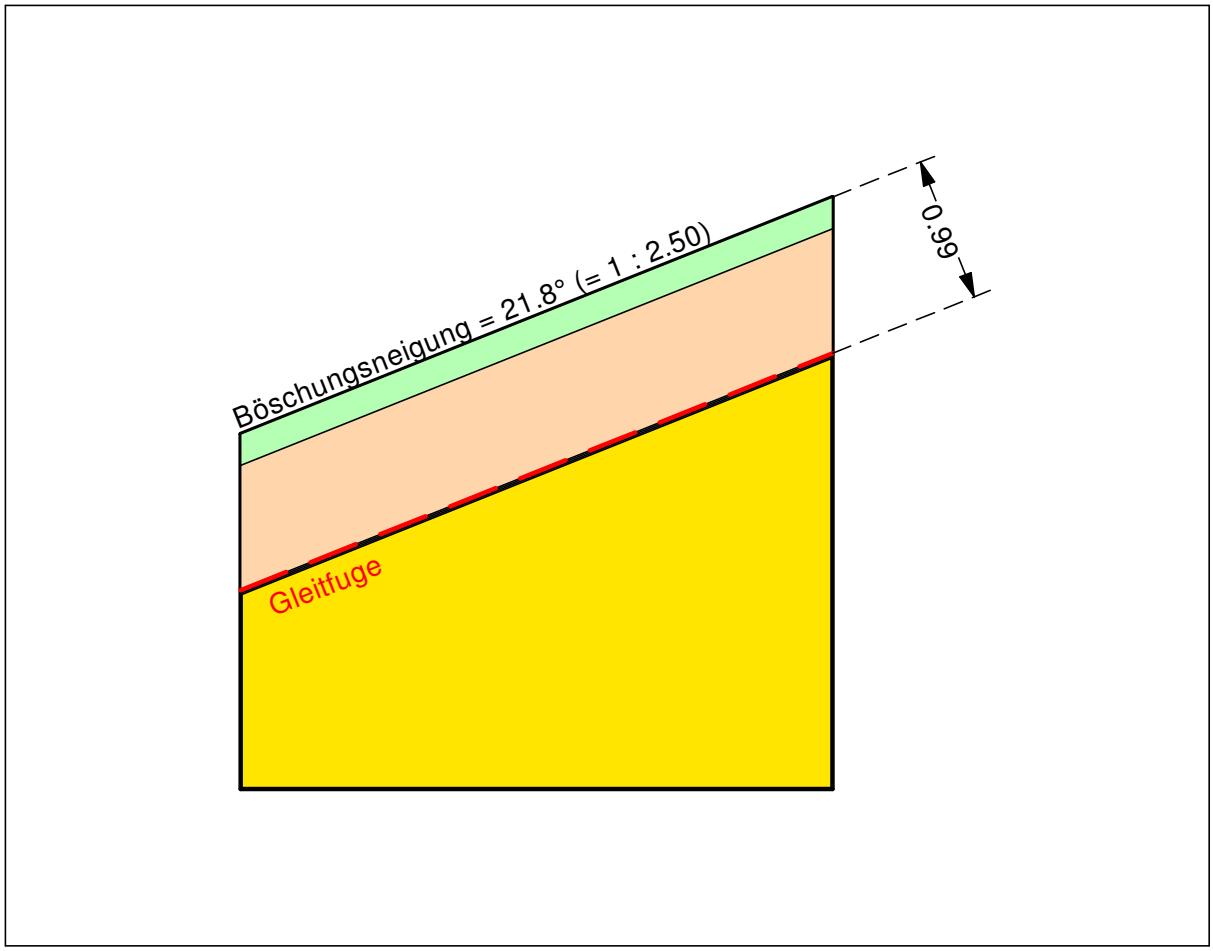


Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.15
Reibungswinkel = 27.6 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.800 m
Grundwasserstand = 0.450 m

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

Gleitsicherheitsnachweis Oberflächenabdichtung, Modell (2-1)
kein Aufstau in der Dränmatte
Bemessungssituation BS-P
Nachweis der ungünstigsten Gleitfuge: Fuge UB / DM

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m³]	Bezeichnung
	16.0	6.0	27.0	2.0	OB (d = 0.20)
	20.0	10.0	30.0	0.0	UB
	11.0	1.0	27.0	0.0	Fuge UB / DM
	11.0	1.0	30.0	1.0	Fuge DM / KDB
	11.0	1.0	27.0	0.0	Fuge KDB / AS
	18.0	10.0	30.0	0.0	AS



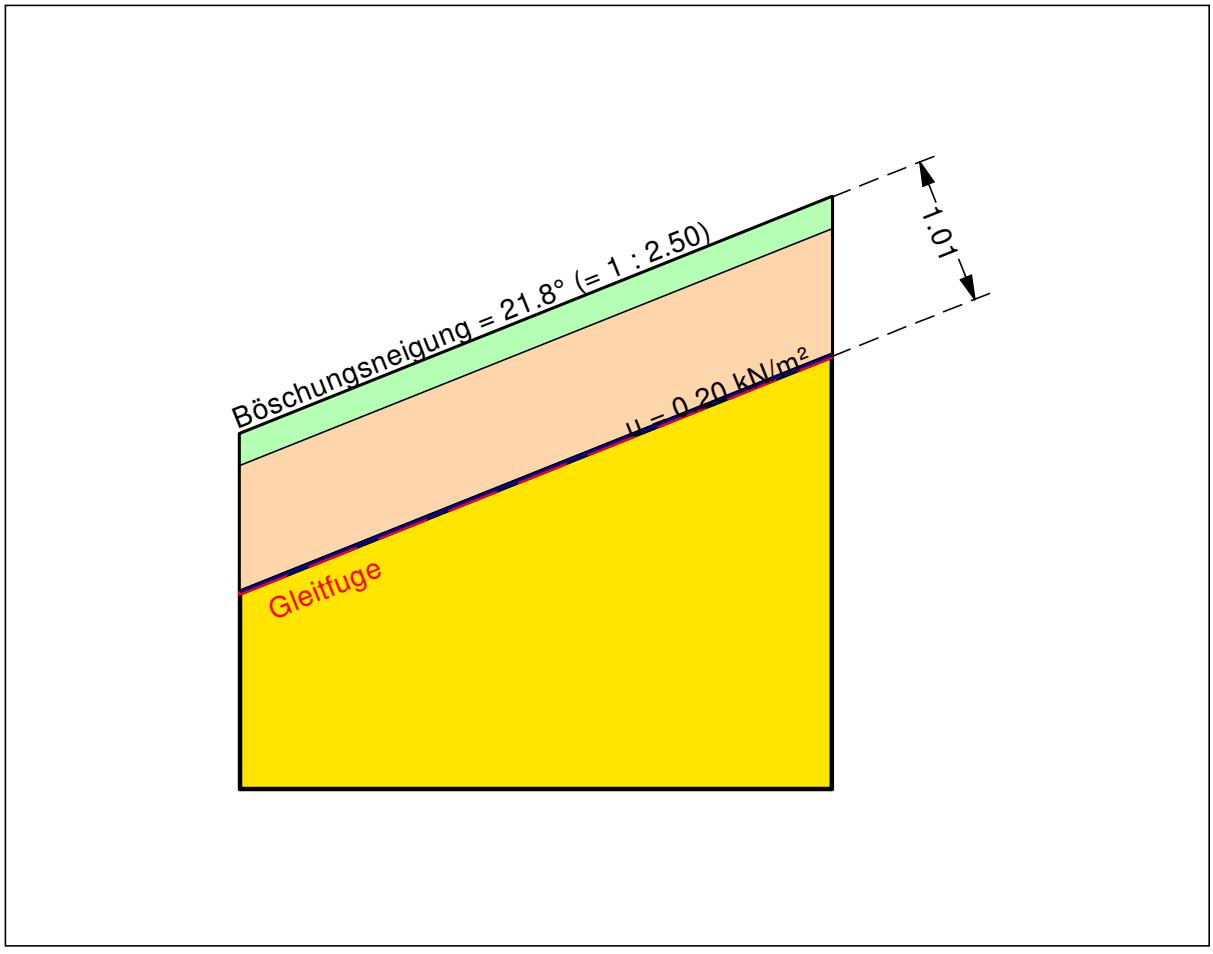
Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.25
Reibungswinkel = 27.0 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 21.8 °
Gleitfuge = 0.990 m
Grundwasserstand = 5.000 m

Ergebnisse:
u = Porenwasserdruck = 0.0 kN/m²
g = Eigengewicht = 19.00 kN/m²
μ (GDA) = 0.981

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Deponie im Kiessandtagebau Duben (Luckau) Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 4266 / 16 Anlage Nr. 6.4

Gleitsicherheitsnachweis Oberflächenabdichtung, Modell (2-2)
Aufstau in der Dränmatte
Bemessungssituation BS-T
Nachweis der ungünstigsten Gleitfuge: Fuge DM / KDB

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m³]	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 / DM (d = 0.01)
	11.0	1.0	30.0	1.0	Fuge DM / KDB
	11.0	1.0	27.0	0.0	Fuge KDB / AS
	18.0	10.0	30.0	0.0	AS



Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.15
Reibungswinkel = 27.0 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 21.8 °
Gleitfuge = 1.010 m
Grundwasserstand = 0.990 m

Ergebnisse:
u = Porenwasserdruck = 0.2 kN/m²
g = Eigengewicht = 19.22 kN/m²
μ (GDA) = 0.912

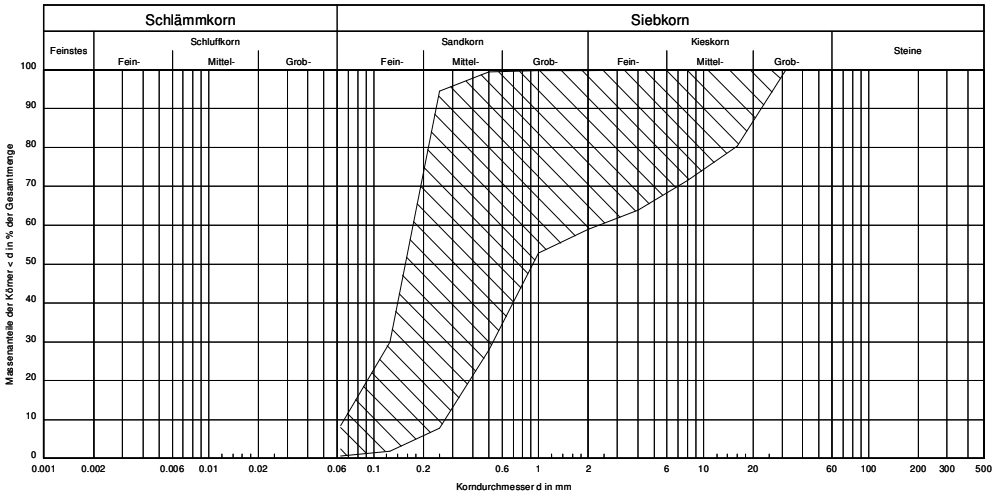
GGU mbH
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Homogenbereiche nach DIN 18300

Homogenbereich HB I: Sande

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
undränierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2	[kN/m²]	nicht erforderlich		
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[%]	5,0 bis 15,0		
Plastizitätszahl	DIN 18122-1	[%]	nicht erforderlich		
Konsistenzzahl	DIN 18122-1	[-]	nicht erforderlich		
Lagerungsdichte	DIN 18126	[-]	0,30 bis 0,45	x	
Glühverlust	DIN 18128	[%]	< 1		x
Bodengruppe	DIN 18196		SE, 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: Schluffe

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	L	E
ortsübliche Bezeichnung			Schluffe		
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		[%]	0	x	
große Blöcke > 630 mm		[%]	0	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	
undränierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2	[kN/m²]	20,0 bis 40,0		
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[%]	10,0 bis 25,0		
Plastizitätszahl	DIN 18122-1	[%]	< 15,0		
Konsistenzzahl	DIN 18122-1	[-]	0,5 bis 1,0		
Lagerungsdichte	DIN 18126	[-]	nicht erforderlich	x	
Glühverlust	DIN 18128	[%]	< 3		
Bodengruppe	DIN 18196		UL, TL	x	
Abrasivität	ohne		gering bis mittel		
L = Auf der Grundlage von Laborwerten bzw. Feldversuchen abgeschätzter Schwankungsbereich.					
E = Auf der Grundlage von Erfahrungswerten abgeschätzter Schwankungsbereich.					

Körnungsband