



Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH

GGU mbH • In den Ungleichen 3 • 39171 Osterweddingen

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

**Kiestagebau Fresdorfer Heide
Errichtung einer DK I-Deponie**
Geotechnische Beratung
Fassung 06/2017

13.06.2017 Baugrunderkundung
Feldmesstechnik
Prüflabore für Boden
Prüflabor für Kunststoff
Inspektionsstelle

Braunschweig
Magdeburg
Öhringen
Schwerin

Bericht: 4266 / 16

Verteiler: Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin

2-fach

BRZ Bauzuschlagstoffe und
Recycling GmbH, Michendorf

1-fach

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

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: digital

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Unterlagen	5
3	Bauvorhaben.....	6
4	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	8
5	Prognose von Bemessungswasserständen.....	9
6	Grundbautechnische Berechnungen, Setzungen	12
6.1	Allgemeines	12
6.2	Bodenkennwerte	12
6.3	Ergebnisse	14
7	Grundbautechnische Berechnungen, Tragsicherheit.....	15
7.1	Allgemeines	15
7.2	Geometrie	15
7.3	Einwirkungen	16
7.4	Scherparameter mineralischer Baustoffe.....	17
7.5	Reibungsparameter Boden / Geokunststoffe.....	20
7.6	Zusammenstellung Scher-/Reibungsparameter.....	22
7.7	Definition der Modelle.....	23
7.8	Ergebnisse	24
7.9	Bewertung.....	24

Abbildungen

Abbildung 1:	Geplanter Aufbau der Abdichtungen	7
--------------	---	---

Tabellen

Tabelle 1:	Ergebnisse von Wasserstandmessungen im GWL-1, 04.06.2014	10
Tabelle 2:	Prognose von Bemessungswasserständen, GWL-1	11
Tabelle 3:	Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen	13
Tabelle 4:	Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen	14
Tabelle 5:	Charakteristische Kennwerte, Tragsicherheitsnachweis	22
Tabelle 6:	Nachweis der Gleitsicherheit, Ergebnisse	24

Anlagen

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Prognose von Bemessungswasserständen
Anlage 3	Ergebnisse der Setzungsberechnungen
Anlage 4	Ergebnisse der Tragsicherheitsnachweise

1 Einleitung

Die BRZ Bauzuschlagstoffe und Recycling GmbH, Michendorf, betreibt den Kiessandtagebau Fresdorfer Heide. 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:

- Prognose möglicher Bemessungswasserstände
- Abschätzung möglicher Setzungen unter dem geplanten Deponiekörper
- Nachweis der Tragsicherheit der Böschungen der Basisabdichtung

Die GGU mbH wurde vom Planer mit den erforderlichen Leistungen beauftragt. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse mitgeteilt und bewertet.

2 Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden folgende Unterlagen hinzugezogen:

- [1] Lagerstättengeologie, Kiessand Fresdorfer Heide 1980, Ergebnisbericht; VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle/Saale; Oktober 1980
- [2] Standsicherheitsnachweis für den Abbau mit Radlader; Sandgrube Fresdorfer Heide; Baugrund-Ingenieurbüro Heller & Schreiber GmbH, Berlin; 19.08.1991
- [3] Geologisch – hydrogeologische Situation der Deponien im Raum Fresdorfer Heide; B.I.G. – Brandenburgische Ingenieurgesellschaft für Wirtschafts- und Umweltgeologie Dietrich, Bensch & Angelow, Potsdam; Juni 1992
- [4] Kiessandtagebau Fresdorfer Heide, Erkundung der Stauer Oberfläche; Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin, September 2012
- [5] Kiessandtagebau Fresdorfer Heide, Grundwassermonitoringbericht Frühjahrskampagne 2013; BZR – Baustoff und Recycling GmbH, Michendorf; August 2013
- [6] Kiessandtagebau Fresdorfer Heide, Grundwassermonitoringbericht Herbstkampagne 2013; BZR – Baustoff und Recycling GmbH, Michendorf; Januar 2014
- [7] Kiessandtagebau Fresdorfer Heide, Errichtung einer DK I-Deponie, Auszüge aus den Planunterlagen; Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin, Februar 2016

3 Bauvorhaben

Die Planungen sehen die Errichtung einer DK I-Deponie auf einer Fläche von etwa 17,2 ha vor. Die Gesamtfläche unterteilt sich in insgesamt 3 Bauabschnitte.

Die gesamte Fläche erhält nach [7] eine Basisabdichtung mit folgendem Aufbau (von oben nach unten):

- Frostschuttschicht, Dicke = 20 cm
- Trennvlies
- mineralische Entwässerungsschicht, Dicke = 50 cm
- Trennvlies
- Sandschutzschicht, Dicke = 10 cm
- Kunststoffdichtungsbahn, Dicke = 2,5 mm
- geologische Barriere, Dicke = 100 cm
- Ausgleichsschicht, Dicke nach Erfordernis

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

- Frostschuttschicht, Dicke = 45 cm
- Trennvlies
- mineralische Entwässerungsschicht, Dicke = 35 cm
- Sandmatte
- Kunststoffdichtungsbahn, Dicke = 2,5 mm
- geologische Barriere, Dicke = 100 cm
- Ausgleichsschicht, Dicke nach Erfordernis

Nach Abschluss der Einlagerung soll der Deponiekörper mit einer Oberflächenabdichtung versehen werden. Diese wird gemäß [7] wie folgt aufgebaut:

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

Der geplante Aufbau ist nachfolgend dargestellt:

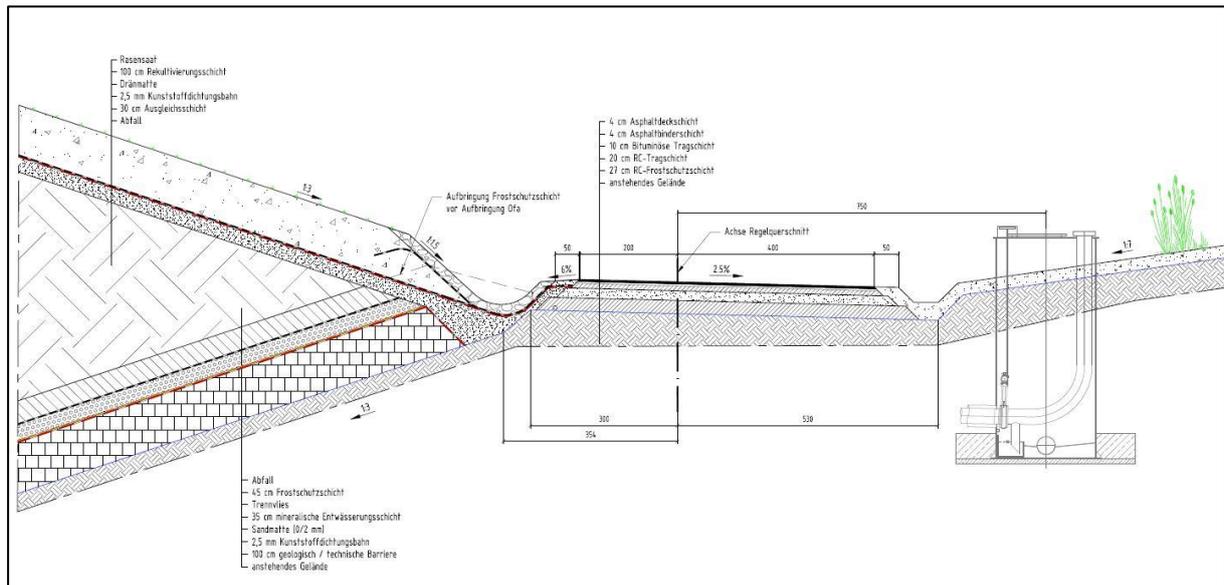


Abbildung 1: Geplanter Aufbau der Abdichtungen

Nach den aktuellen Planungen weist die Unterkante geologische Barriere im Tiefpunkt damit eine Höhe von 51,40 bis 51,50 mNHN auf. Aus diesem Tiefpunkt erfolgt eine Ableitung des in der mineralischen Entwässerungsschicht anfallendem Dränwassers im Freigefälle in ein östlich angrenzendes Versickerungsbecken. Die Sohle dieses Beckens ist nach den aktuellen Planungen bei 51,00 mNHN angeordnet.

4 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Nach [3] ist der Untersuchungsbereich der Saarmunder Endmoräne zuzuordnen. Hierbei handelt es sich um einen in Nord-Süd streichenden Höhenzug, welcher im Grenzbereich der westlich angrenzenden Hochfläche des Flämings und der östlich angrenzenden Nuthe-Niederung verläuft.

Die Untergrundverhältnisse werden oberflächennah durch eiszeitliche Ablagerungen des Brandenburger Stadium der Weichselkaltzeit gebildet, welche sich überwiegend als Sande und Kiese darstellen. Diese Ablagerungen erreichen Mächtigkeiten von 10 bis 15 m. Sie werden im Kiessandtagebau Fresdorfer Heide ausgebeutet. Diese abbauwürdigen Sande und Kiese können lokal Schichtwasser führen. Sie werden im Weiteren als erster Grundwasserleiter (GWL-1) bezeichnet. Die Fließrichtung des GWL-1 ist im Wesentlichen abhängig vom Relief des nachfolgenden Grundwasserstauers (GWS-1).

Diese eiszeitlichen Ablagerungen werden vom GWS-1 in Form von Geschiebemergel und lokal auch von schluffigen Feinsanden unterlagert, welche nach [3] saalekaltzeitlichen Ursprunges sind. Dieser Schichtkomplex ist nahezu flächig ausgebildet. Er bildet den ersten Grundwasserstauer (GWS-1).

Im Liegenden dieses Schichtkomplexes werden weitere Sande und Kiese erwartet, welche saale- oder elsterkaltzeitlichen Alters sind. Diese stehen großflächig an. Sie bilden den zweiten Grundwasserleiter (GWL-2), dessen generelle Fließrichtung nach Nord/Nordosten verläuft.

Gesicherte Angaben zu möglichen Bemessungswasserständen liegen nur für den GWL-2 vor. Für diesen wurde in [3] eine Druckhöhe zwischen 35 und 37 mNN berichtet. Diese entspricht bei Geländehöhen von etwa 50 bis 55 mNHN ¹etwa 15 m uGOK und tiefer. Der GWL-2 ist damit für die geplante Baumaßnahme nicht relevant.

¹ Anm.: Es liegen Höhenangaben in unterschiedlichen Höhensystemen vor. Dieses ist unkritisch, da die Differenz zwischen den Höhenangaben mNN und mNHN nur im Milimeterbereich liegt.

5 Prognose von Bemessungswasserständen

Angaben zu Grundwasserständen liegen nur zum tieferliegenden GWL-2 vor. Für diesen wird in [3] eine Druckhöhe von etwa 35 bis 37 mNN angegeben.

Diese Angabe wird durch Stichtagsmessungen in drei Grundwassermessstellen (GWMS), welche in [5] und [6] dokumentiert werden, tendenziell bestätigt. Es werden jedoch etwas höhere Grundwasserstände zwischen 38 und 39 mNHN berichtet. Diese höheren Grundwasserstände sind in Auswertung der Höhenlage der geplanten Bauwerke (siehe Abschnitt 3) unkritisch. Der GWL-2 ist damit für das Bauvorhaben nicht relevant.

Damit müssen im vorliegenden Fall mögliche Bemessungswasserstände für den GWL-1 prognostiziert werden. Für diesen GWL liegen am Standort keine GWMS vor, sodass keine gesicherte Prognose auf der Grundlage längerfristiger Beobachtungen erfolgen kann. Es können jedoch Analogiebetrachtungen zu Standorten mit vergleichbaren hydrogeologischen und geologischen Rahmenbedingungen erfolgen. Hierzu sind für den Standort nach Möglichkeit Grundwasserstände zu verschiedenen Stichtagen erforderlich.

Im Zuge der Entwurfsplanungen wurden im Bereich der Bauabschnitte 1 bis 4 Schürfe hergestellt, in denen am 04.06.2014 Grundwasserstände im GWL-1. Weiterhin liegen Angaben zu Grundwasserständen in verschiedenen Baugrundaufschlüssen vor. Da diese jedoch nicht am Stichtag 04.06.2014 gemessen wurden, erfolgt die Prognose von Bemessungswasserständen ausschließlich auf der Grundlage der Stichtagsmessung am 04.06.2014. Folgende Angaben liegen vor::

Tabelle 1: Ergebnisse von Wasserstandmessungen im GWL-1, 04.06.2014

Aufschluss	Grundwasserstand [mNHN]
Schurf S 00	52,55
Schurf S 01	52,20
Schurf S 02	52,40
Schurf S 03	52,70
Schurf S 04	52,35
Schurf S 05	52,20
Schurf S 06	48,42
Schurf S 07	49,42
Schurf S 08	49,61

Damit liegen Ergebnisse von Wasserstandsmessungen an einem Stichtag vor. Diese können mit dem Schwankungsbereich einer Ganglinie von einem hydrogeologisch und geologisch vergleichbaren Standort verglichen werden.

Im vorliegenden Fall müssen mögliche Bemessungswasserstände in einem Grundwasserleiter prognostiziert werden, welcher wie folgt charakterisiert werden kann:

- Es ist ein oberer (geländenaher) Grundwasserleiter aus Sanden vorhanden.
- Der Grundwasserleiter ist nicht durch eine geringer durchlässige Deckschicht abgedeckt.
- Die Grundwasserneubildung erfolgt nur durch versickerndes Regenwasser.
- Einflüsse aus einem Vorfluter (Infiltration etc.) liegen nicht vor.

Die GWMS am direkten Standort erfassen nur den GWL-2, welcher nicht relevant für die Baumaßnahme ist.

GWMS, welche den GWL-1 abbilden, sind am Standort und dessen näherer Umgebung des Untersuchungsbereichs nicht bekannt.

Der GGU mbH liegt die Ganglinie des Landespegels Wipshausen vor, welcher exakt der oben genannten Charakterisierung entspricht. Diese ist in der Anlage 2 beigelegt.

Am 04.06.2014 wurden im Landespegel Wipshausen Grundwasserstände gemessen, welche etwa 36 cm unter dem langjährigen Mittelwert lagen. Der bisher höchste gemessene

Grundwasserstand wurde bei 1,05 m über Mittelwert gemessen. Statistische Auswertungen der Messreihe ergeben bei einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 0,01 (100-jähriges Wiederholungsintervall) einen möglichen Bemessungswasserstand von $GW_{100} = 1,10$ m über Mittelwert.

Die Differenz zwischen dem Grundwasserstand am 04.06.2014 und dem Bemessungswasserstand GW_{100} ergibt sich zu $-0,36 + 1,10 = 1,46$ m. Diese kann auf die festgestellten Grundwasserstände aufgeschlagen werden. Damit ergeben sich folgende mögliche Bemessungswasserstände:

Tabelle 2: Prognose von Bemessungswasserständen, GWL-1

Aufschluss	Grundwasserstand [mNHN]	Bemessungswasserstand [mNHN]
Schurf S 00	52,55	54,01
Schurf S 01	52,20	53,66
Schurf S 02	52,40	53,86
Schurf S 03	52,70	54,16
Schurf S 04	52,35	53,81
Schurf S 05	52,20	53,66
Schurf S 06	48,42	49,88
Schurf S 07	49,42	50,88
Schurf S 08	49,61	51,07

Die prognostizierten Bemessungswasserstände sind in der Anlage 2.3 dargestellt. Sie sind im Zuge der weiteren Planung zur Festlegung der Unterkante der geologischen Barriere sowie zur höhenmäßigen Einordnung des Versickerungsbeckens zu verwenden.

6 Grundbautechnische Berechnungen, Setzungen

6.1 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 1: Geländeprofilierung als Ausgleich zwischen GOK und Unterkante geologischer Barriere
- Schicht 2: Sande und Kiese des GWL-1
- Schicht 3: feinkörnige Böden des GWS-1
- Schicht 4: Sande und Kiese des GWL-2

6.2 Bodenkennwerte

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

- Schicht 1: Schichtgrenzen aus Verschnitt Planung und Bestand
Bodenkennwerte entsprechend Abstimmung mit dem Planer.²
- Schicht 2: Schichtgrenzen entsprechend [4]
Bodenkennwerte entsprechend [2] und eigener Erfahrungen
- Schicht 3: Schichtgrenzen entsprechend [3]³
Bodenkennwerte entsprechend [2] und eigener Erfahrungen
- Schicht 4: Bodenkennwerte entsprechend [2] und eigener Erfahrungen

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

² Annahme: Bauteil wird aus anstehenden Kiessand oder durch Umlagerung von bereits eingebauter Grubenverfüllung erstellt.

³ Anmerkung: Im Bereich des Kiessandtagebaus Fresdorfer Heide erschließen nur vier Aufschlüsse die Unterkante des GWS-1.

Tabelle 3: Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen

Schicht	Wichten		Steifemodul E_s [MN/m ²]
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	
Schicht 0 – Deponiegut	20,0	10,0	--
Schicht 1 – Geländeprofilierung	18,0	10,0	40,0
Schicht 2 – GWL-1	19,0	11,0	60,0
Schicht 3 – GWS-1	21,0	11,0	20,0
Schicht 4 – GWL-2	19,0	11,0	80,0

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 3 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 3.1 dargestellt.

6.3 Ergebnisse

Mit diesem Model wurden Setzungsberechnungen aufgestellt. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 3.2 bis 3.5 dargestellt. In der Anlage 3.2 sind die berechneten Setzungen graphisch in Form von Linien gleicher Setzungen aufgetragen. Es ergeben sich folgendes:

- maximale Setzungen: $s_{MAX} \approx 95 \text{ cm}$
- minimale Setzung: $s_{MIN} \approx 0 \text{ cm}$

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 Anlagen 3.3 bis 3.5 sind Schnittführungen parallel zu den Tiefpunkten der Bauabschnitte 1 bis 4 dargestellt. Aus diesen zeigen erwartungsgemäß die maximalen Setzungen im Bereich der höchsten Auflasten.

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.

Mit den vorliegenden Angaben zum Setzungsverhalten wurde die erforderliche Überhöhung der Basisabdichtung bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 3.6 enthalten. Es ergibt sich folgendes:

Tabelle 4: Charakteristische Kennwerte, Setzungsberechnungen

Schnitt	erforderliches Gefälle	vorgeschlagenes Gefälle
Schnitt A – A	1,75 %	2,50 %
Schnitt B – B	2,00 %	
Schnitt C – C	2,00 %	

7 Grundbautechnische Berechnungen, Tragsicherheit

7.1 Allgemeines

Im vorliegenden Fall ist die Tragsicherheit einer unter 1:3 geneigten Böschung einer Basisabdichtung nachzuweisen. Die Basisabdichtung wird anstehenden auf im Kiessandtagebau anstehenden Sanden und Kiesen oder auf der noch herzustellen Ausgleichsschicht errichtet. Für beide Schichten kann bei 1:3 geneigten Böschungen ohne weiteren rechnerischen Nachweis ausreichende Tragsicherheit unterstellt werden.

Für die geplante Basisabdichtung 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.

7.2 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 [7] zu 1:3.

7.3 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 Entwässerungsschicht.

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 1:3 berücksichtigt:

- Böschungsneigung 1:3
- Böschungslänge 40 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 $\approx 0,4$ cm festgestellt. In den weiteren Betrachtungen wird auf der sicheren Seite liegend ein Einstau von ≤ 5 cm angenommen. Demnach kann sich im Bereich der Böschungen mit 1:3 ein Wasserstand bei 1,25 m unter Oberkante der OFA einstellen.

7.4 Scherparameter mineralischer Baustoffe

Basisabdichtung, Bauteil Frostschutzschicht

Das Bauteil Frostschutzschicht dient als Schutz der Basisabdichtungen. Es kann aus unterdichtet 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 $c'_k = 0$ kN/m²
- Wichte $\gamma_k = 17,0$ 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 $\varphi'_k \geq 32,5^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$

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

Basisabdichtung, Bauteil Ausgleichsschicht

Das Bauteil Ausgleichsschicht 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 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 $\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$

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 $\varphi'_k \geq 27,0^\circ$
- 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 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 $\varphi'_k \geq 30,0^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0,0 \text{ kN/m}^2$
- Wichte $\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$

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

Basisabdichtung, Fuge Sandmatte / Kunststoffdichtungsbahn

Für die Fuge Sandmatte / Kunststoffdichtungsbahn 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 / Dränmatte

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

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ * 0,85 = 25,5^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

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

Oberflächenabdichtung, Fuge Kunststoffdichtungsbahn / Ausgleichsschicht

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

- Reibungswinkel $\varphi'_k \geq 30,0^\circ * 0,85 = 25,5^\circ$
- Adhäsion $a'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

7.6 Zusammenstellung Scher-/Reibungsparameter

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

Tabelle 5: 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
Ausgleichsschicht	18,0	10,0	30,0	0,0

Schicht	Wichten		Scher-/Reibungsparameter	
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]
Oberflächenabdichtung				
Rekultivierungsschicht, Oberboden	16,0	6,0	27,0	2,0
Rekultivierungsschicht, Unterboden	20,0	10,0	30,0	0,0
Fuge Unterboden / Dränmatte	--	--	25,5	0,0
Fuge Dränmatte / Kunststoffdichtungsbahn	--	--	30,0	1,0
Fuge Kunststoffdichtungsbahn / Ausgleichschicht	--	--	25,5	0,0
Ausgleichschicht	18,0	10,0	30,0	0,0

7.7 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

7.8 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnungen der Gleitsicherheit liegen in der Anlage 4 bei. Folgende Ausnutzungsgrade wurden erhalten:

Tabelle 6: Nachweis der Gleitsicherheit, Ergebnisse

Modell	ungünstigste Gleitfuge	Ausnutzungsgrad	Anlage
Basisabdichtung			
1-1	Fuge Frostschutzschicht / Trennvlies	0,80	4.1
1-2	Fuge Entwässerungsschicht / Sandmatte	0,97	4.2
Oberflächenabdichtung DK I, 1:3			
2-1	Fuge Unterboden / Dränmatte	0,87	4.3
2-2	Fuge Dränmatte / Kunststoffdichtungsbahn	0,82	4.4

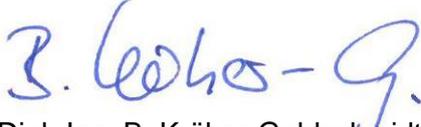
7.9 Bewertung

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 7.6 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) und den in Abschnitt 7.6 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.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'B. Kröber-G.'.
Dipl.-Ing. B. Kröber-Goldschmidt

Übersichtslageplan

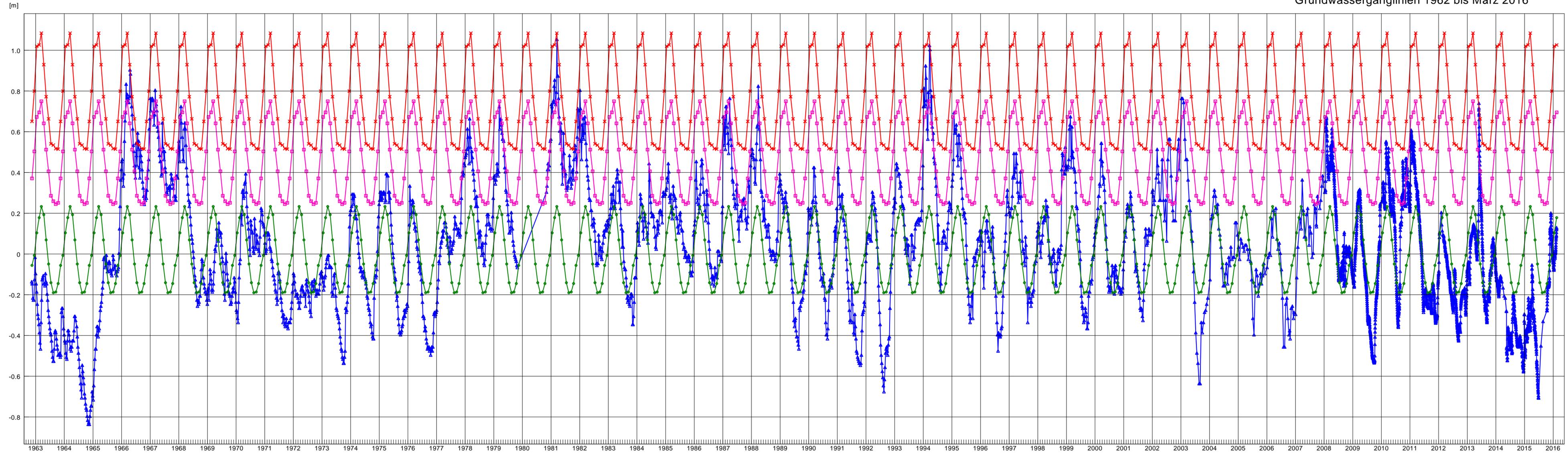
ohne Maßstabsangabe



Legende
▲ Wipshausen [m]
● Mittelwert
× 100 jährlich
□ 10 jährlich

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Fresdorfer Heide Errichtung einer DK I Deponie Geotechnische Beratung	Bericht Nr. 4266 / 16 Anlage Nr. 2.1
---	---	---

Landespegel Wipshausen Grundwasserganglinien 1962 bis März 2016



- Legende
- ▲ Wipshausen [m]
 - Mittelwert
 - × 100 jährlich
 - 10 jährlich

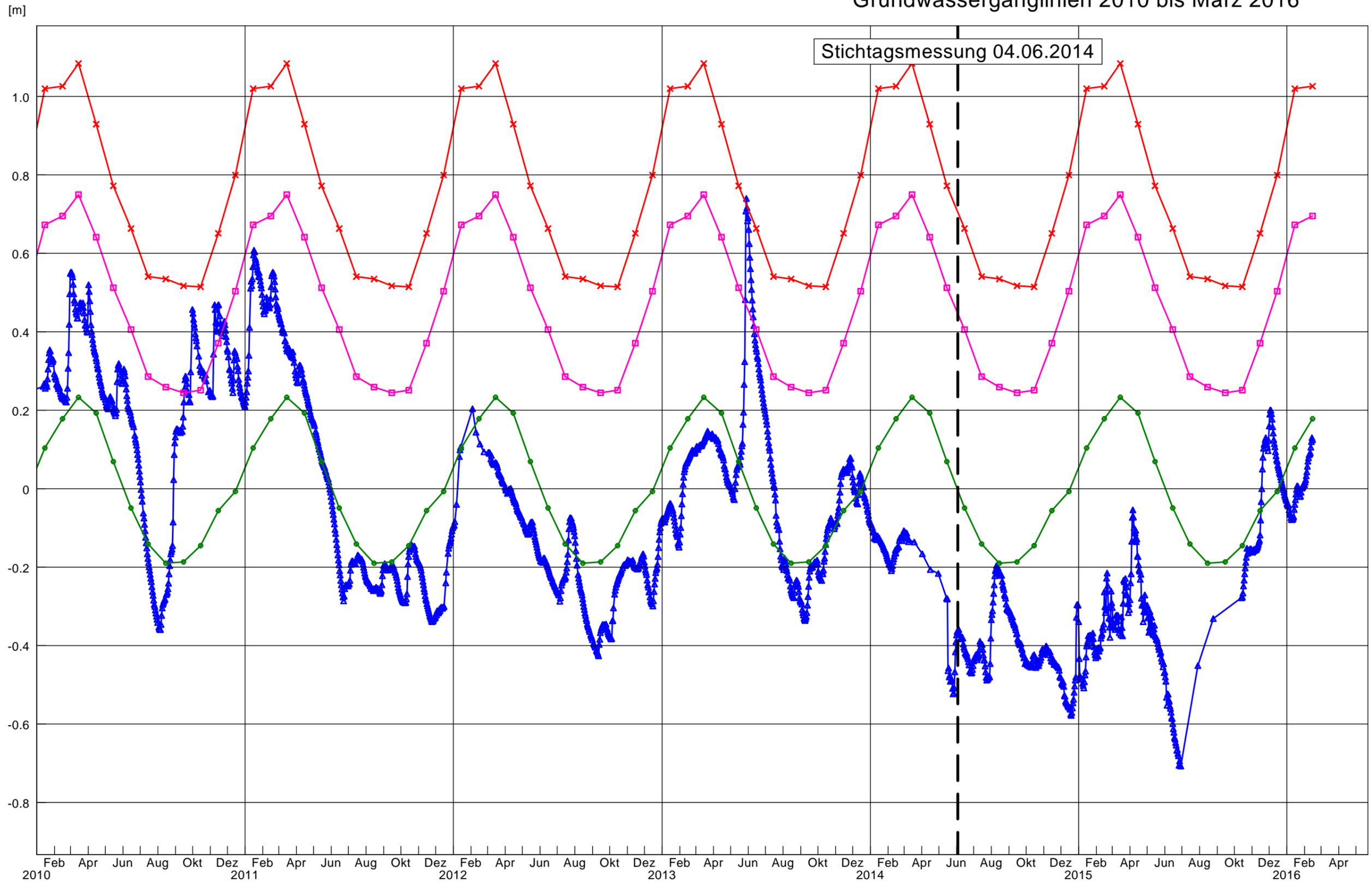
GGU
 In den Ungleichen 3
 39171 Osterweddingen
 Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

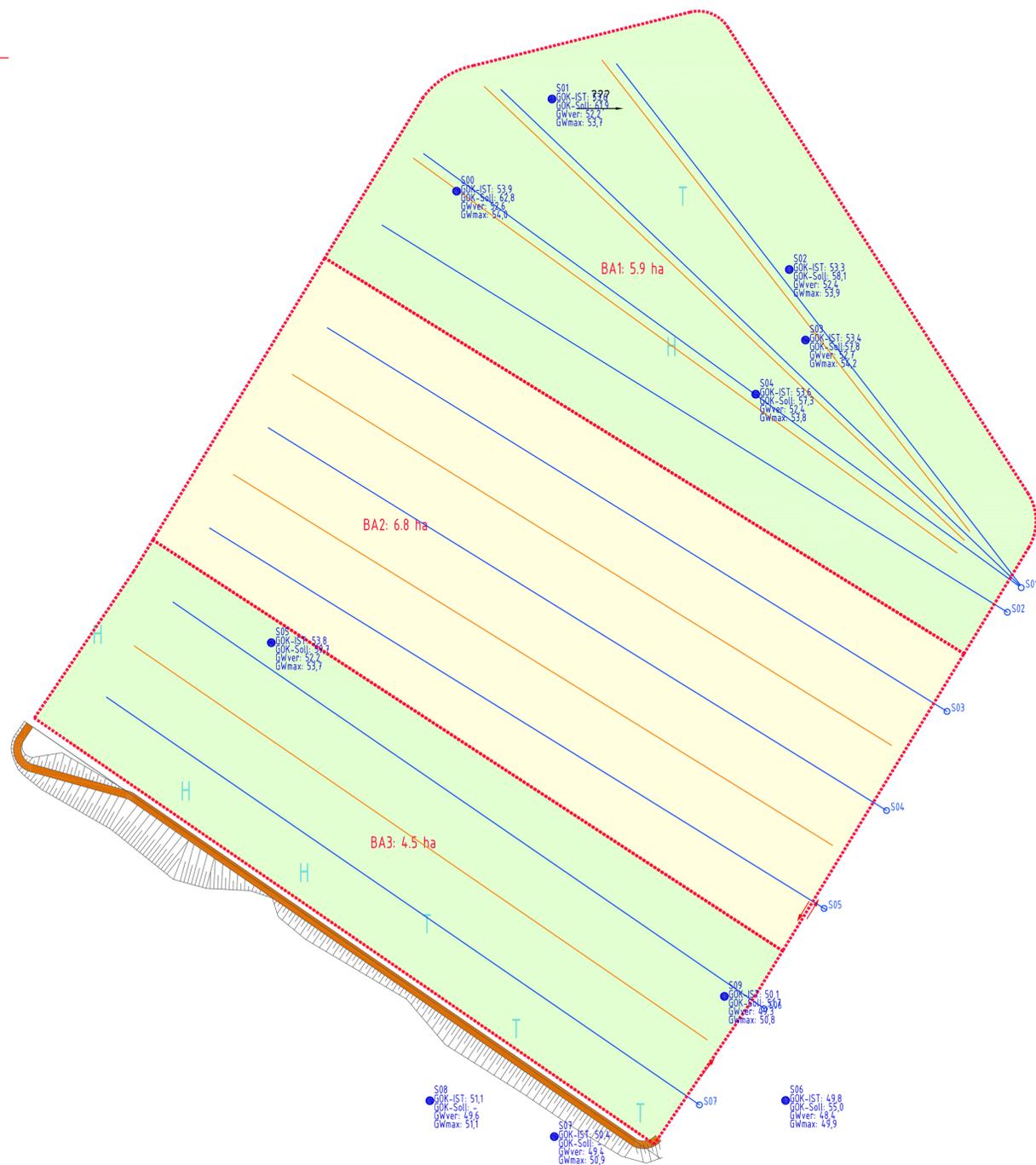
Fresdorfer Heide
 Errichtung einer DK I Deponie
 Geotechnische Beratung

Bericht Nr. 4266 / 16

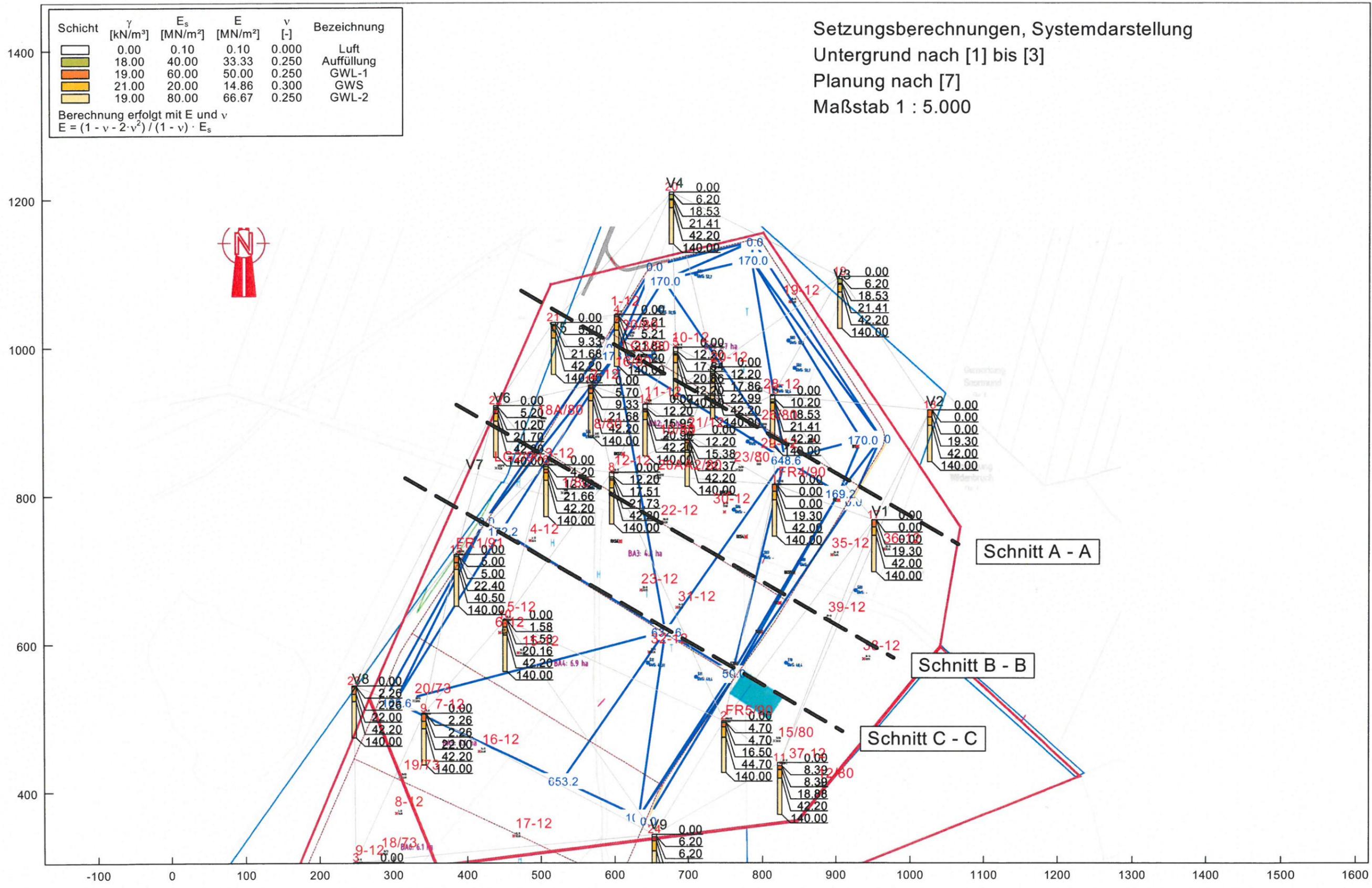
Anlage Nr. 2.2

Landespegel Wipshausen Grundwasserganglinien 2010 bis März 2016





Auftraggeber		Horn & Müller Ingenieurgesellschaft mbH Arkonstraße 45 - 49 13189 Berlin Tel.: 030 / 47 00 80 - 0 Fax: 030 / 47 00 80 - 80					
Auftragnehmer		 GGU mbH In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0 Fax: 039 205 / 45 38 - 11					
Lagebezug:		-		Höhenbezug:		-	
Landkreis:		Potsdam-Mittelmark		Gemeinde:		Fresdorf	
Gemarkung:		diverse		Flurstück:		diverse	
	Datum	Name	Unterschrift	Fresdorfer Heide			
Gez.	04/2016	Kühne		Errichtung einer DK I Deponie			
Bearb.	04/2016	Kühne		Geotechnische Beratung			
Gepr.	04/2016	Kröber		Prognose von Bemessungswasserständen			
Projekt-Nr.:	4266 / 16	Plan-Nr.:	1	Blattgröße:	420 x 594	Maßstab (m):	1 : 2.000
Anlage :	2.3	Ers. f.:	-			Blatt: 1	1 Blät.



Schicht	γ [kN/m ³]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
Luft	0.00	0.10	0.10	0.000	Luft
Auffüllung	18.00	40.00	33.33	0.250	Auffüllung
GWL-1	19.00	60.00	50.00	0.250	GWL-1
GWS	21.00	20.00	14.86	0.300	GWS
GWL-2	19.00	80.00	66.67	0.250	GWL-2

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 [7]
Maßstab 1 : 5.000

Schnitt A - A

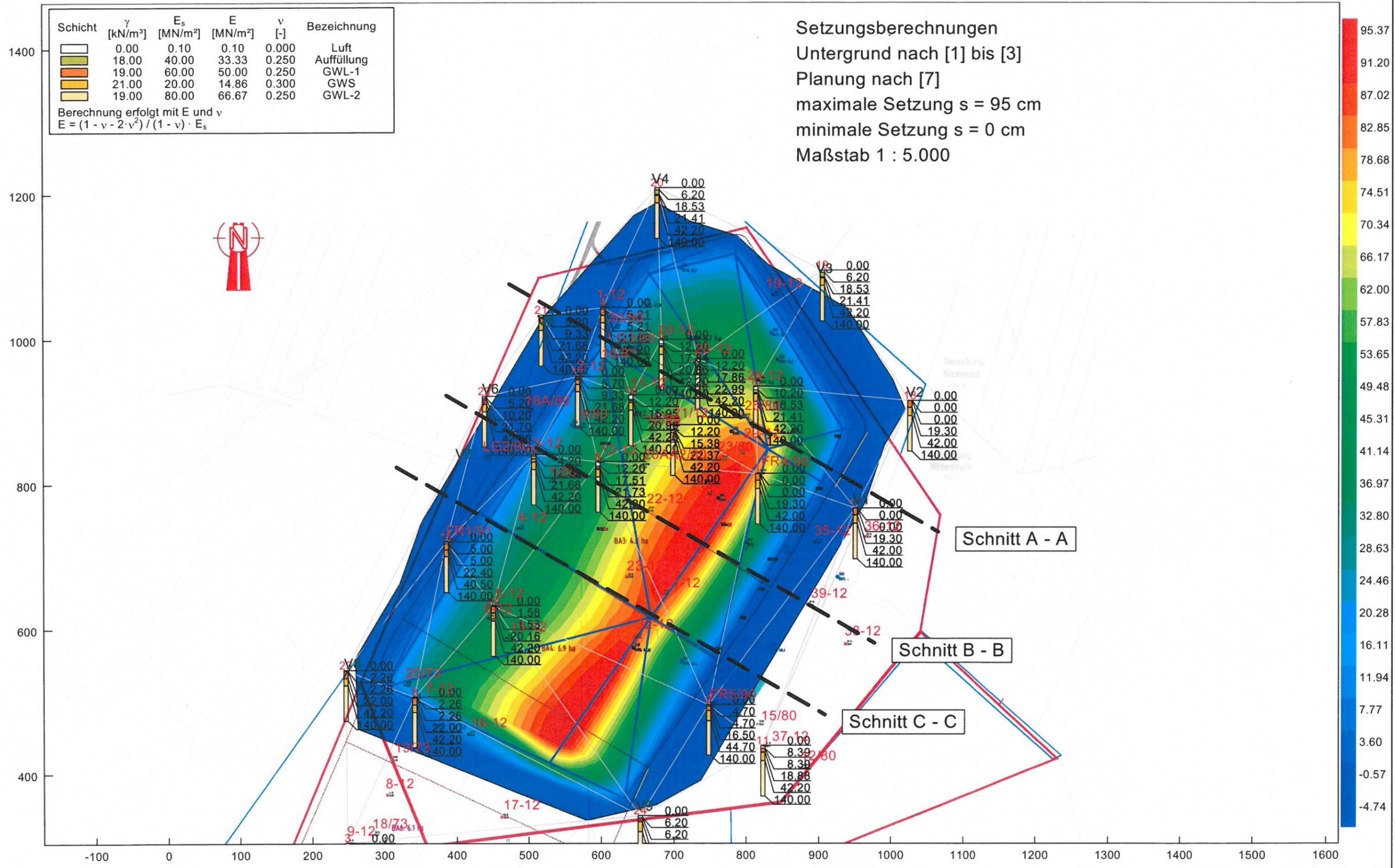
Schnitt B - B

Schnitt C - C

Schicht	γ [kN/m ³]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	0.00	0.10	0.10	0.000	Luft
	18.00	40.00	33.33	0.250	Auffüllung
	19.00	60.00	50.00	0.250	GWL-1
	21.00	20.00	14.86	0.300	GWS
	19.00	80.00	66.67	0.250	GWL-2

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

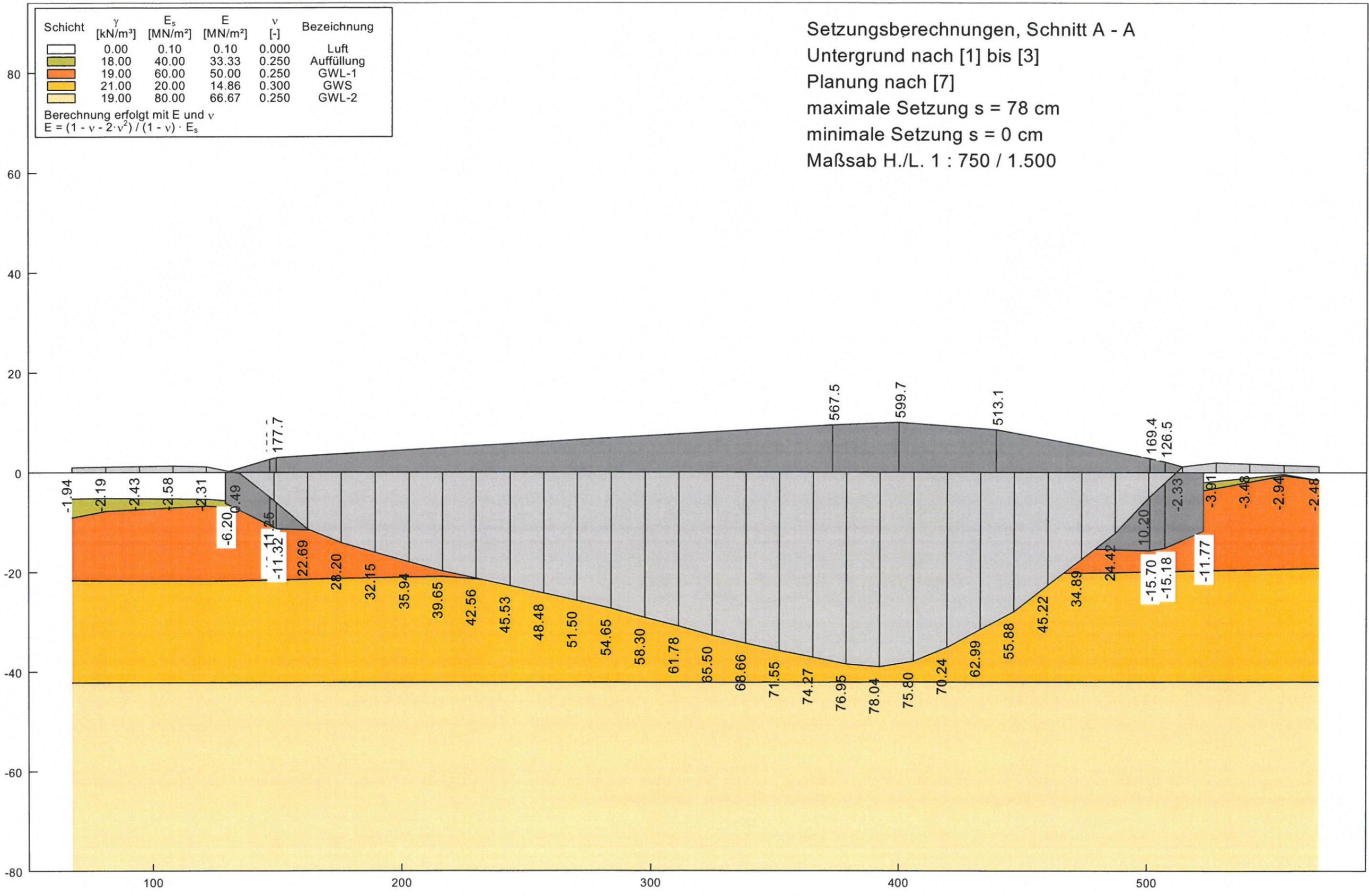
Setzungsrechnungen
 Untergrund nach [1] bis [3]
 Planung nach [7]
 maximale Setzung $s = 95$ cm
 minimale Setzung $s = 0$ cm
 Maßstab 1 : 5.000

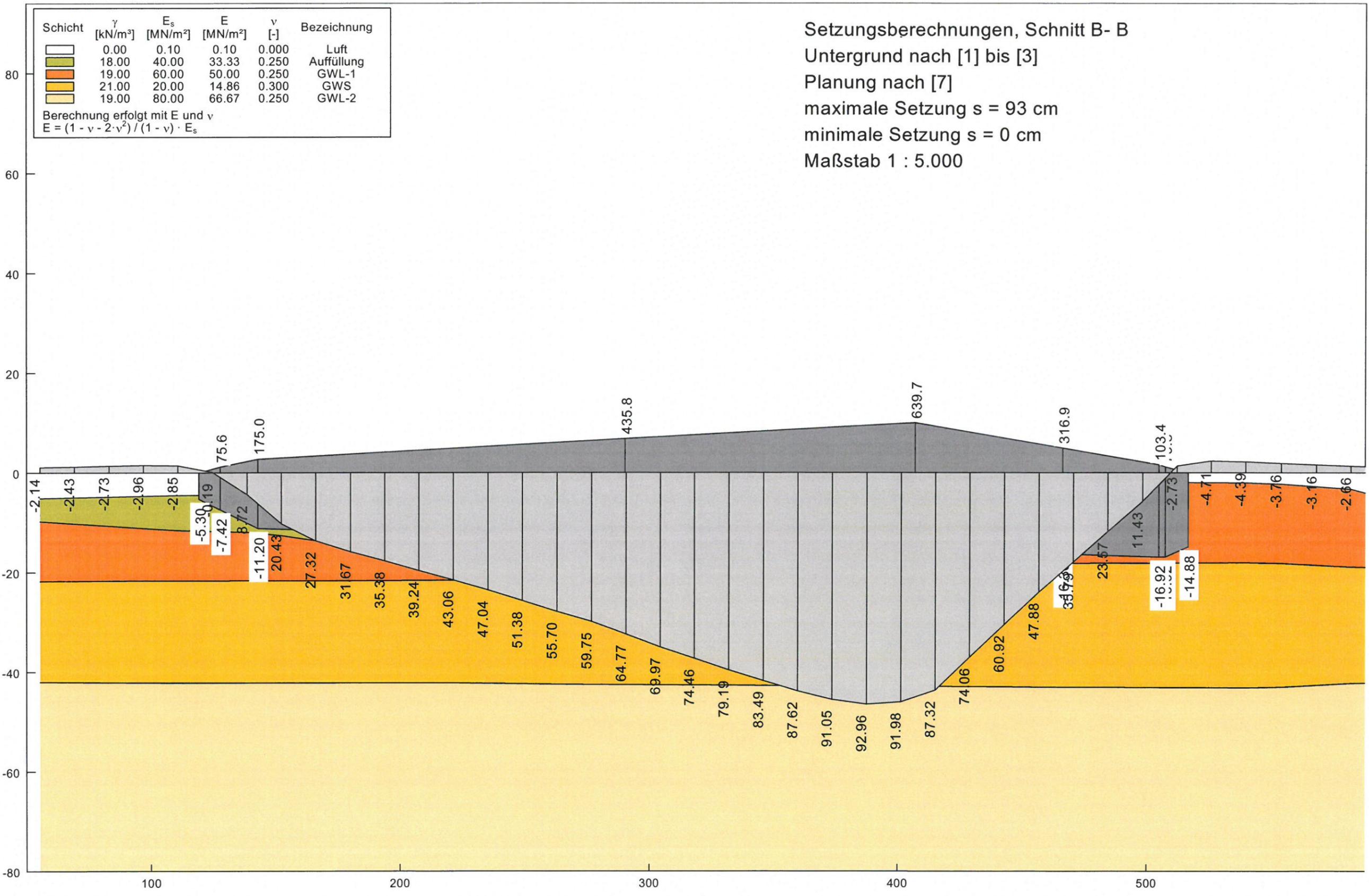


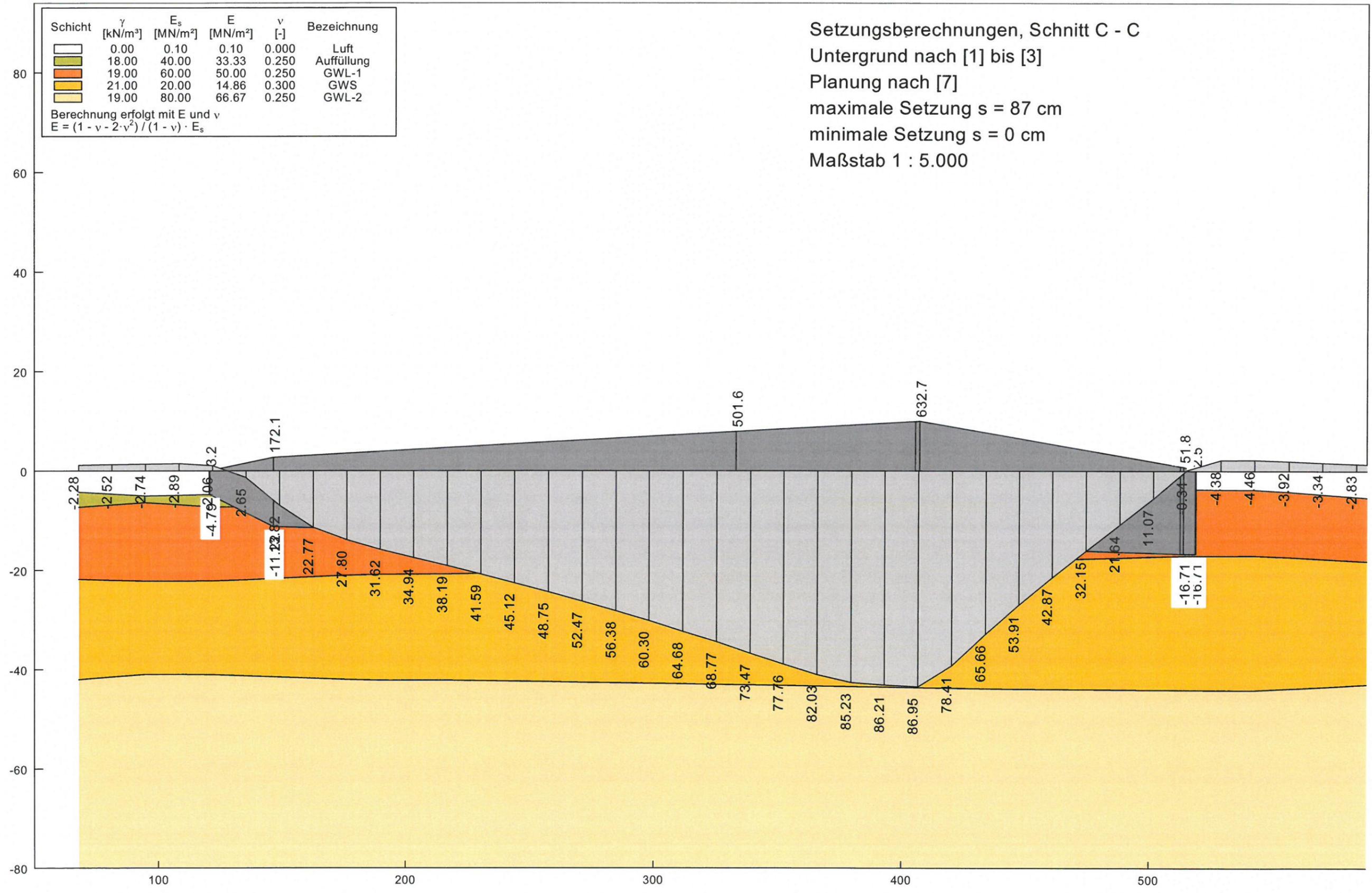
Schnitt A - A

Schnitt B - B

Schnitt C - C







Schnitt A-A

Parameter			
Hochpunkt Sammler bis Setzungstiefpunkt	L1	[m]	260,00
Setzungstiefpunkt für Tiefpunkt Sammler	L2	[m]	115,00
Gesamtlänge Sammler	Lges	[m]	375,00
Setzung im Tiefpunkt	s	[m]	0,78

Neigung	n	[%]	1,00%	1,50%	1,75%	2,00%
Tiefenlage bei x2, nur Gefälle	y2	[m]	2,60	3,90	4,55	5,20
Tiefenlage bei x3, nur Gefälle	y3	[m]	3,75	5,63	6,56	7,50
Tiefenlage bei x2, Gefälle und Setzung	y2,s	[m]	3,38	4,68	5,33	5,98
Neigung zwischen x2 und x3	n2	[%]	0,32	0,82	1,07	1,32
Neigung ausreichend?			Nein	Nein	Ja	Ja

Schnitt B-B

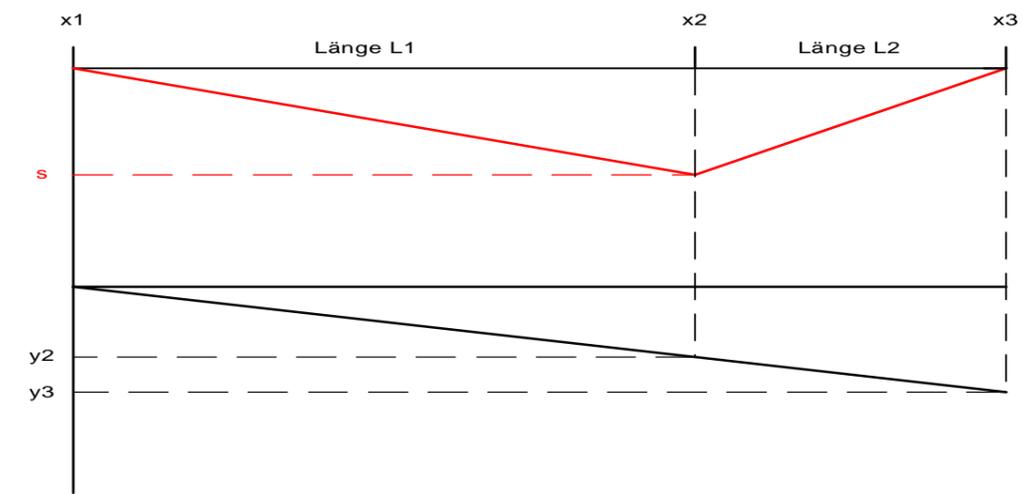
Parameter			
Hochpunkt Sammler bis Setzungstiefpunkt	L1	[m]	280,00
Setzungstiefpunkt für Tiefpunkt Sammler	L2	[m]	100,00
Gesamtlänge Sammler	Lges	[m]	380,00
Setzung im Tiefpunkt	s	[m]	0,93

Neigung	n	[%]	1,00%	1,50%	1,75%	2,00%
Tiefenlage bei x2, nur Gefälle	y2	[m]	2,80	4,20	4,90	5,60
Tiefenlage bei x3, nur Gefälle	y3	[m]	3,80	5,70	6,65	7,60
Tiefenlage bei x2, Gefälle und Setzung	y2,s	[m]	3,73	5,13	5,83	6,53
Neigung zwischen x2 und x3	n2	[%]	0,07	0,57	0,82	1,07
Neigung ausreichend?			Nein	Nein	Nein	Ja

Schnitt C-C

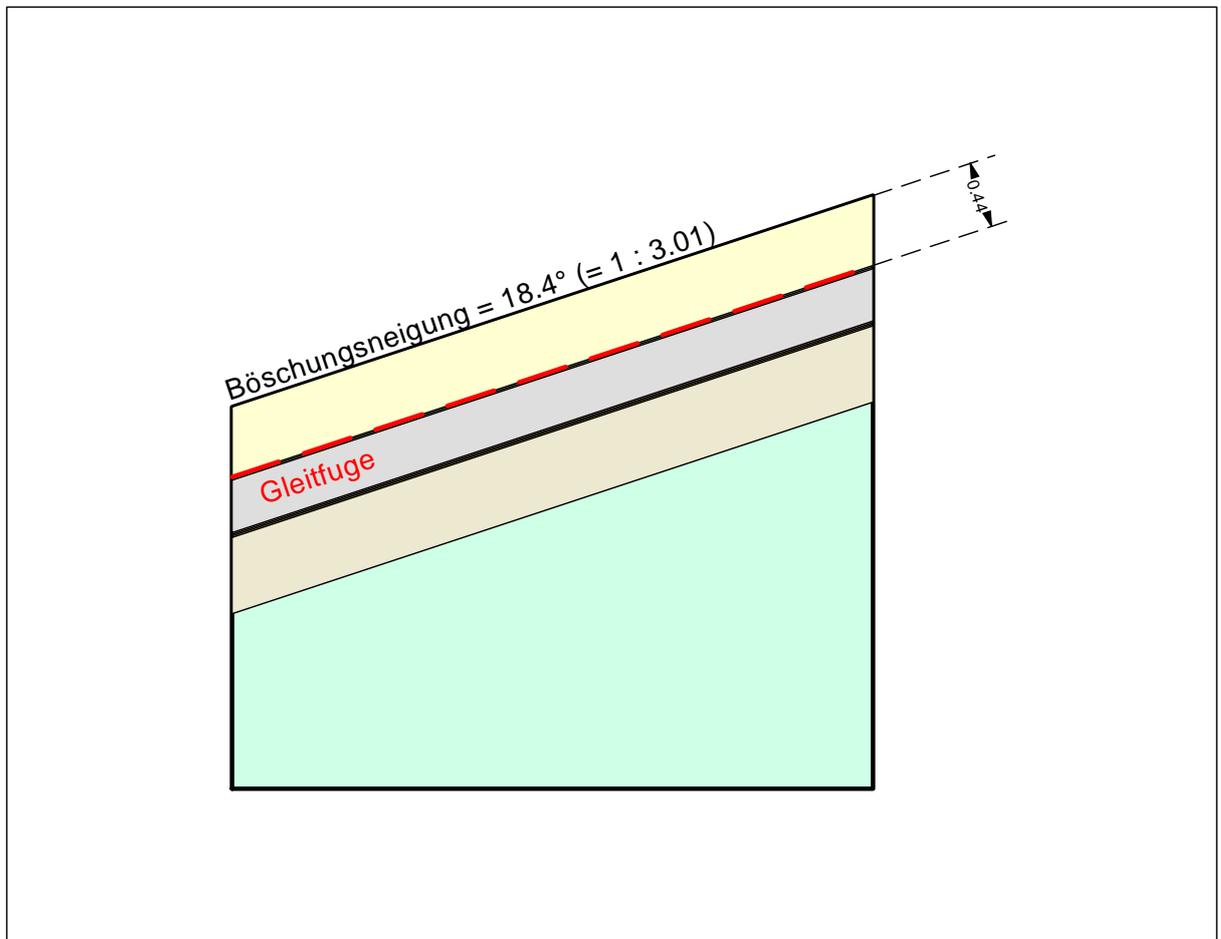
Parameter			
Hochpunkt Sammler bis Setzungstiefpunkt	L1	[m]	175,00
Setzungstiefpunkt für Tiefpunkt Sammler	L2	[m]	105,00
Gesamtlänge Sammler	Lges	[m]	280,00
Setzung im Tiefpunkt	s	[m]	0,87

Neigung	n	[%]	1,00%	1,50%	1,75%	2,00%
Tiefenlage bei x2, nur Gefälle	y2	[m]	1,75	4,20	4,90	5,60
Tiefenlage bei x3, nur Gefälle	y3	[m]	2,80	5,70	6,65	7,60
Tiefenlage bei x2, Gefälle und Setzung	y2,s	[m]	2,62	5,13	5,83	6,53
Neigung zwischen x2 und x3	n2	[%]	0,17	0,54	0,78	1,02
Neigung ausreichend?			Nein	Nein	Nein	Ja



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 ²]	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

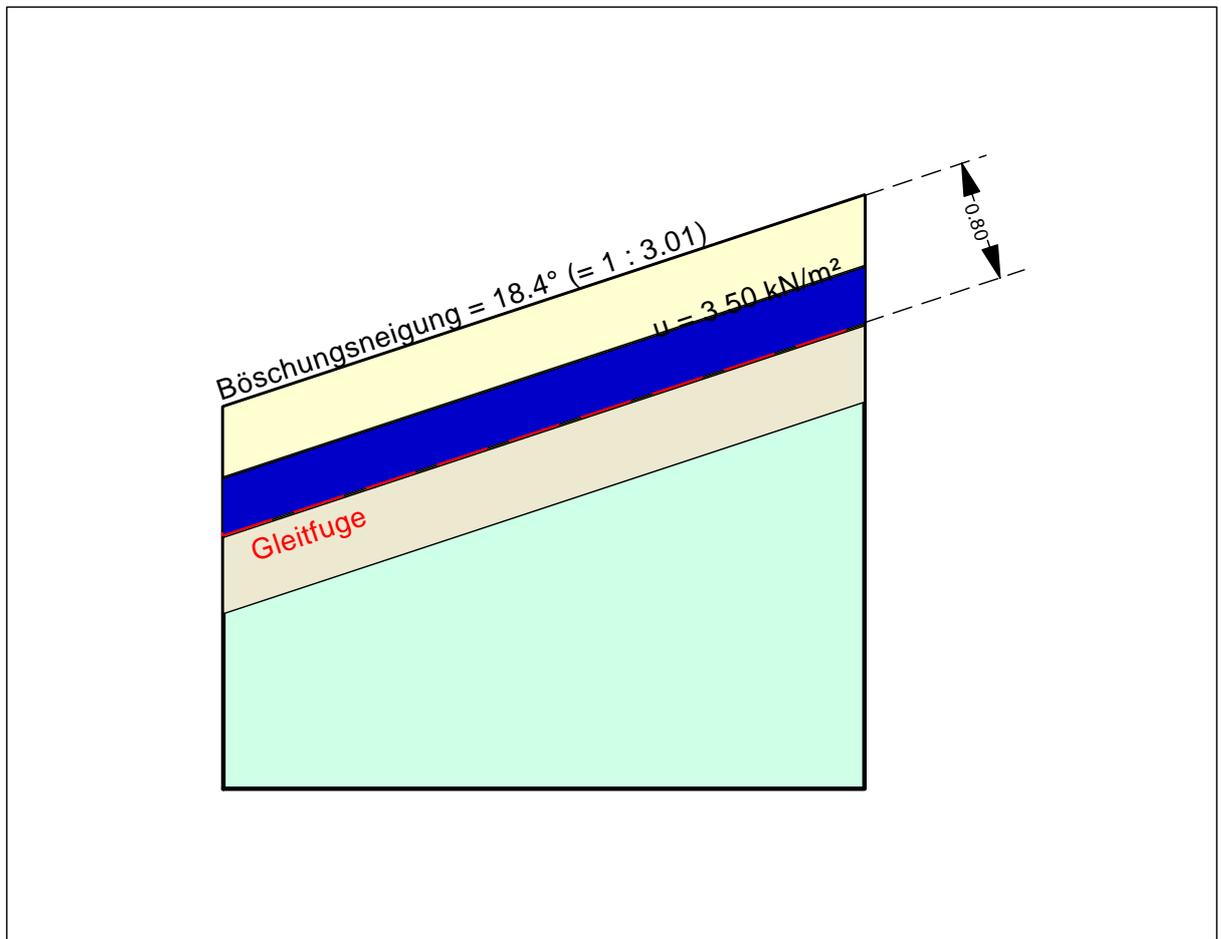


Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.25
Reibungswinkel = 27.6 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.440 m
Grundwasserstand = 5.000 m

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/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	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

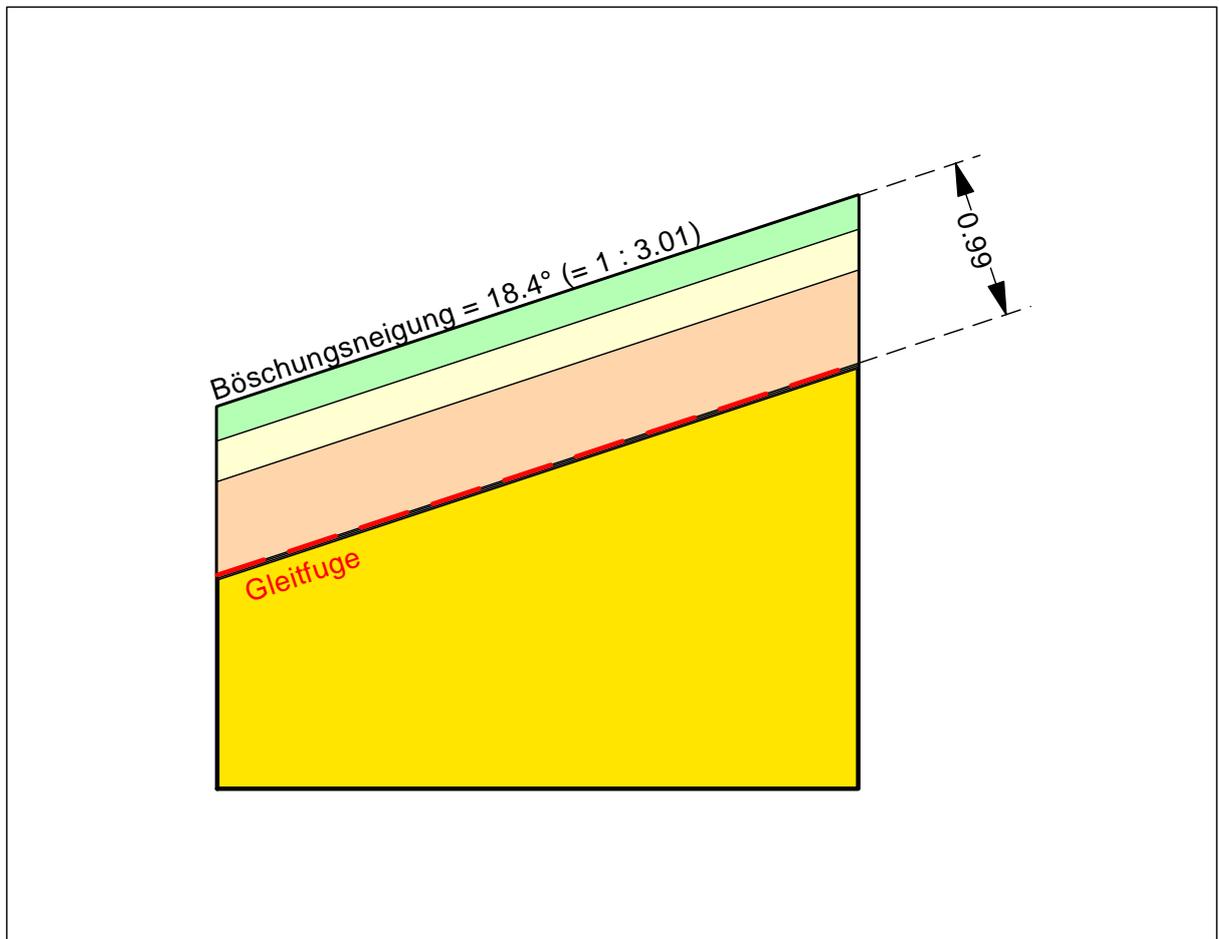


Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.15
Reibungswinkel = 27.6 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungeneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.800 m
Grundwasserstand = 0.450 m

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 Entwässerungsschicht
Bemessungssituation BS-P
Nachweis der ungünstigsten Gleitfuge: Fuge UB / DM

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	Bezeichnung
	16.0	6.0	27.0	2.0	OB (d = 0.20)
	17.0	9.0	35.0	0.0	FSS (d = 0.24)
	20.0	10.0	30.0	0.0	UB (d = 0.55)
	11.0	1.0	25.5	0.0	Fuge UB / DM (d = 0.00)
	11.0	1.0	30.0	1.0	Fuge DM / KDB
	11.0	1.0	25.5	0.0	Fuge KDB / AS
	18.0	10.0	30.0	0.0	AS

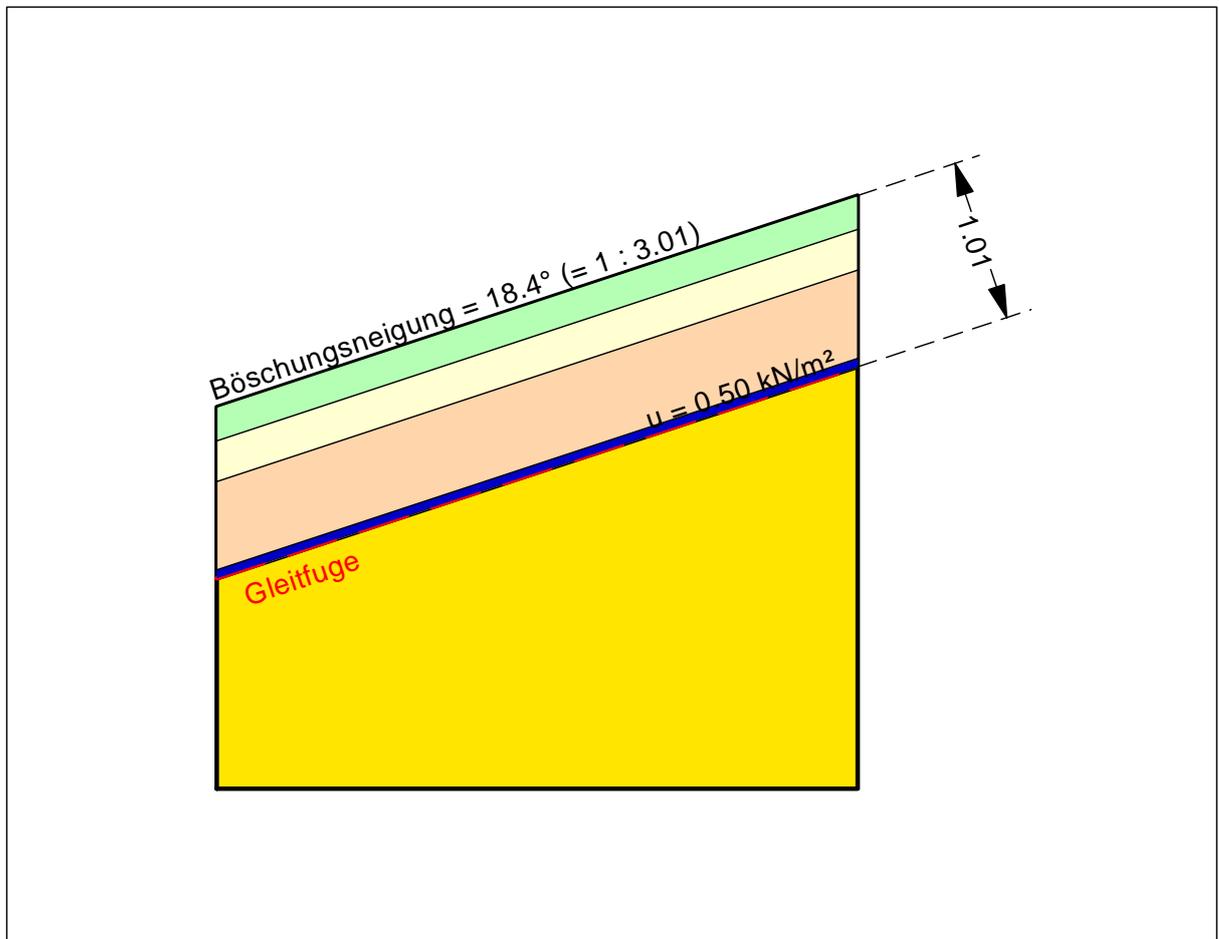


Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.25
Reibungswinkel = 25.5 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 0.990 m
Grundwasserstand = 5.000 m

Ergebnisse:
u = Porenwasserdruck = 0.0 kN/m²
g = Eigengewicht = 18.28 kN/m²
 μ (GDA) = 0.872

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

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	Bezeichnung
	16.0	6.0	27.0	2.0	OB (d = 0.20)
	17.0	9.0	35.0	0.0	FSS (d = 0.24)
	20.0	10.0	30.0	0.0	UB (d = 0.55)
	11.0	1.0	25.5	0.0	Fuge UB / DM (d = 0.01)
	11.0	1.0	30.0	1.0	Fuge DM / KDB
	11.0	1.0	25.5	0.0	Fuge KDB / AS
	18.0	10.0	30.0	0.0	AS



Eingabedaten:
Teilsicherheit = 1.15
Reibungswinkel = 25.5 °
Kohäsion = 0.0 kN/m²
Böschungsneigung = 18.4 °
Gleitfuge = 1.010 m
Grundwasserstand = 0.960 m

Ergebnisse:
 u = Porenwasserdruck = 0.5 kN/m²
 g = Eigengewicht = 18.50 kN/m²
 μ (GDA) = 0.824