

Bodenmanagementkonzept und Wasserbehandlung

Neubau 5. Schleusenkammer und Neubau Torinstandsetzungsdock



PLANUNGSGEMEINSCHAFT BRUNSBÜTTELER SCHLEUSE

IN ZUSAMMENARBEIT MIT:



Knabe Beratende Ingenieure GmbH



WTM ENGINEERS GmbH



Planer für Hafensflächenrecycling
und Wasserbau

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	V
Anlagenverzeichnis	V
1 Veranlassung	1
2 Grundlagendaten / Quellenverzeichnis	1
3 Allgemeine Beschreibung der Baumaßnahme	2
3.1 Bauvorhaben	2
3.2 Zusammenfassung Baugrunderkundungen	3
4 Varianten zur Bodenverbringung	4
4.1 Allgemein.....	4
4.2 Belastete Böden > Z2 gem. LAGA.....	4
4.3 Belastete Böden Z2 gem. LAGA	4
4.4 Nicht oder wenig belastete Böden ≤ Z1.2 gem. LAGA	5
4.4.1 Verklappung	5
4.4.2 Verbringung auf Deponien.....	5
4.4.3 Aufhöhung privater Grundstücke	5
4.4.4 Deichbau, -unterhaltung	6
4.4.5 Spülfeldkomplex Dyhrssenmoor.....	6
5 Vorzugsvariante	6
5.1 Grundlagen.....	6
5.2 Lage Dyhrssenmoor	8
5.3 Nutzung der Flächen.....	9
6 Verbringungskonzept	10

6.1	Allgemein.....	10
6.2	Flächenaufteilung	10
6.2.1	Trocknungsfeld.....	11
6.2.2	Aufhöhungsflächen.....	12
6.2.3	Rekultivierungsfläche	12
6.3	Setzungen	13
6.4	Schutenanleger.....	13
6.5	Transportwege/Anlieferung	13
6.6	Entwässerung	14
6.7	Lärmschutz	15
7	Geotechnische Aspekte.....	16
7.1	Untergrundverhältnisse.....	16
7.2	Aufbau Bodendepot/Aufhöhungsflächen	17
7.3	Geotechnische Berechnungen.....	18
7.3.1	Eingangsdaten	18
7.3.2	Sicherheit gegen Böschungsbruch	19
7.3.3	Berechnungsergebnisse und Bewertung	20
7.3.4	Setzungsbetrachtungen.....	20
7.3.5	Berechnungsergebnisse.....	21
8	Wasserbehandlung	22
8.1	Wassermengen.....	22
8.1.1	Wasserqualität.....	25
8.1.2	Wasserbehandlungskonzept	27

8.1.2.1. Verfahrenstechnik	27
8.1.3 Reinigungslleistung	30
8.1.4 Begleitendes Monitoring	31

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 5.1	Übersichtsplan Bodenlager „Spülfeld Dyhrrsenmoor“	9
Abb. 6.1	Skizze Querschnitt Schutenanleger (vgl. Anlage 1)	13
Abb. 6.2	Ansicht Unterhaltungsweg	14
Abb. 7.1	Aufbau Bodendepot (Prinzipdarstellung).....	18
Abb. 8.1	Niederschlagsberechnung	25
Tab 3.1	Bodenmassen Nass- und Trockenabtrag am Ausbauort (Abtragsvolumen)	2
Tab 3.2	Abtragsvolumen belasteter Bodenmassen ($\geq Z2$)	3
Tab 5.1	Bodenanfall nach Menge und Verbringungsort	7
Tab 8.1	Wassermengen	23
Tab 8.2	Wasserqualitäten	26
Tab 8.3	Reinigungsleistung Wasserbehandlung	30

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan Bodenlager „Spülfeld Dyhrrsenmoor“
Anlage 2	Schematische Darstellung des Wasseranfalls Dyhrrsenmoor
Anlage 3	Verfahrensfließschema mobile Wasserbehandlung
Anlage 4	Verfahrensfließschema immobile Wasserbehandlung
Anlage 5.1-5.4	Böschungsbruchberechnungen
Anlage 6.1-6.2	Zeitsetzungslinien

1 Veranlassung

Am Nord-Ostsee-Kanal soll im Bereich der Schleuse Brunsbüttel eine 5. Schleusenkammer auf der jetzigen Schleuseninsel errichtet werden. Bei den geplanten Baumaßnahmen fällt Boden in einer Größenordnung von ca. 1,6 Mio. m³ an. Dieser besteht zum großen Teil aus Auffüllungen aus Sand und Klei sowie gewachsenem Klei und Sandboden. Teilmengen weisen Kontaminationen auf und müssen der Verwertung oder Entsorgung zugeführt werden. Für die unbelasteten Böden ist eine Verbringung auf dem bestehenden Bodenlager Dyhrssenmoor vorgesehen. Vergleichbare Bodenlagerflächen bestehen im näheren Umfeld nicht. Nach derzeitigem Planungsstand sollen die Böden dort aufgesetzt werden.

Der vorliegende Bericht stellt das Bodenmanagementkonzept für die Verbringung und Aufhöhung der Bodenmassen auf dem planfestgestellten Spülfeldkomplex Dyhrssenmoor dar.

Zudem werden die geotechnischen Aspekte des Untergrundes und eine mögliche Wasserbehandlung des anfallenden Poren-, Haft- und Niederschlagswassers dargestellt.

2 Grundlagendaten / Quellenverzeichnis

Als Grundlage für diesen Bericht dienen die folgenden Quellen:

- [1] BAW**
Baugrund- und Gründungsgutachten – Schleusenanlage Brunsbüttel, Ersatzbau Mitteldüker (04.06.2008)
- [2] URS DEUTSCHLAND GMBH**
Umweltuntersuchungen – NOK Schleusen Brunsbüttel (Endbericht, 11.11.2008)
- [3] VORENTWURF: NEUBAU 5. SCHLEUSENKAMMER**
Planungsgemeinschaft Brunsbütteler Schleuse (Oktober 2008)
- [4] KURZBERICHT –BODENVERBRINGUNG DYHRSENMOOR**
Planungsgemeinschaft Brunsbütteler Schleuse (16.09.2008)

- [5] **PROTOKOLL VOM 03.11.2008**
Spülfeld Dyhrrsenmoor – erdstatische und wasserrechtliche Be-
lange
- [6] **BAUGRUNDGUTACHTEN**
wird ergänzt!
- [7] **URS DEUTSCHLAND GMBH**
Spülfeld Dyhrrsenmoor: Untersuchung zum Wasserhaushalt,
zur Wasserqualität und EG-Wasserrahmenrichtlinie (Endbe-
richt, 13.01.2009)
- [8] **BFG – BUNDEANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE**
Bericht: Quantifizierung der mit dem Neubau und Betrieb der 5.
Schleusenkammer, Brunsbüttel, verbundenen Lärmimmissio-
nen (27.11.2008) und Ergänzung: Lärmimmissionen infolge der
Bodenverbringung zum Dyhrrsenmoor (10.12.2008)

3 Allgemeine Beschreibung der Baumaßnahme

3.1 Bauvorhaben

Um die bei dem Bau der 5. Schleusenkammer anfallenden Bo-
denmassen von ca. 1,6 Mio. m³ verbringen zu können wird
hauptsächlich zwischen trocken und nass ausgebauten Böden
unterschieden. Die Mengen können der Tabelle Tab 3.1 ent-
nommen werden.

Die Aufstellung wurde auf Basis der Massenermittlung der Vor-
planung [3] fortgeschrieben. Dabei hat sich die Gesamtmasse
jedoch nur geringfügig geändert. Die Grenze zwischen dem
Trocken- und Nassabtrag wurde im Rahmen des Vorentwurfs
mit NHN ± 0,00 m definiert. Die Menge der belasteten Böden ist
in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

**Tab 3.1 Bodenmassen Nass- und Trockenabtrag am
Ausbauort (Abtragsvolumen)**

Entnahmestelle	Nassabtrag	Trockenabtrag
Vorhafen Elbe	715.000 m ³	155.000 m ³
Außenhaupt	80.000 m ³	25.000 m ³
Schleusenkammer	290.000 m ³	105.000 m ³
Binnenhaupt	70.000 m ³	10.000 m ³

Vorhafen NOK	80.000 m ³	-
Temp. Anleger	30.000 m ³	-
Summe	1.265.000 m³	295.000 m³
Gesamtsumme am Ausbauort	ca. 1.560.000 m³	

3.2 Zusammenfassung Baugrunderkundungen

Nach dem vorliegenden Baugrund- und Gründungsgutachten der BAW zum Ersatzbau des Mitteldükers auf der Schleusenanlage Brunsbüttel [1] und dem Endbericht zu den Umweltuntersuchungen im Bereich der Schleuseninsel von URS [2] liegen die folgenden Baugrundverhältnisse vor.

In [1] wird der Baugrund wie folgt beschrieben: *Die oberste Bodenschicht besteht aus Auffüllungen unterschiedlicher Mächtigkeit. Darunter steht eine Bodenschicht aus gewachsenem und aufgefülltem Klei an. Innerhalb der Kleischicht ist zusätzlich mit Bauschutt zu rechnen und in tieferen Bereichen sind örtlich großflächige schluffige Sandschichten eingelagert. Die Kleischicht erstreckt sich bis ca. NHN – 20 m. Die darunter anstehenden Sande sind teilweise mit Kies durchmischt und gehen bis auf ca. NHN - 35 m. Die Festigkeit der Sande mit Kies ist überwiegend groß bis sehr groß.*

Nach [2] ist im Rahmen der Aushubarbeiten mit einem Volumen von ca. 70.000m³ (vgl. Tab 3.2) belasteter Böden (≥ Z2 gem. LAGA) zu rechnen. Diese fallen sowohl im Trocken- als auch im Nassabtrag an.

Tab 3.2 Abtragsvolumen belasteter Bodenmassen (≥ Z2)

Gesamtmenge	Trockenabtrag	Nassabtrag
ca. 70.000 m ³	ca. 40.000 m ³	ca. 30.000 m ³

4 Varianten zur Bodenverbringung

4.1 Allgemein

Im Zuge der Vorplanungen zum Neubau der 5. Schleusenkammer Brunsbüttel wurde untersucht, auf welchem Wege die anfallenden nicht bis wenig belasteten Bodenmassen (\leq Z1.2) sowohl aus dem Nass- als auch dem Trockenabtrag am wirtschaftlichsten verbracht werden können.

Verbringungswege **Trockenabtrag**

- Verbleib auf Deponien
- Aufhöhung privater Grundstücke
- Verwendung von Böden für Deichbaumaßnahmen
- Verbringung von Böden im Spülfeld Dyhrrsenmoor

Verbringungswege **Nassabtrag**

- Verklappung der Bodenmassen
- Verbringung von Böden im Spülfeld Dyhrrsenmoor

4.2 Belastete Böden > Z2 gem. LAGA

Nach [2] wird der Entsorgungsweg für Böden mit einer Belastungsklasse >Z2 vom AWD (Abfallwirtschaftsgesellschaft Dithmarschen mbH) vorgegeben. Nicht oder wenig belastete Böden (\leq Z1.2 gem. LAGA)

4.3 Belastete Böden Z2 gem. LAGA

Nach [2] weisen gewachsene Böden Belastungen auf, die als geogene Hintergrundbelastung betrachtet werden können. Die Einstufung dieser Böden erfolgt bis in die Belastungsklasse Z2. Werden die geogenen Belastungen ausgeblendet, ergibt sich eine Einstufung aufgrund anthropogener Parameter \leq Z1.2.

Diese Böden sind für die Verbringung im Bodenlager „Dyhrrsenmoor“ vorgesehen.

Böden, die unabhängig von der geogenen Belastung der Zuordnung Z2 entsprechen werden der geregelten Entsorgung zugeführt.

4.4 Nicht oder wenig belastete Böden \leq Z1.2 gem. LAGA

4.4.1 Verklappung

Eine Verklappung wurde aufgrund der Bodenmassen von 1,6 Mio. m³ nicht näher untersucht. Aufgrund ökologischer Faktoren und fehlender rechtlicher Genehmigungen für diese Baumaßnahme wurde von einer Verklappung der gesamten Bodenmassen abgesehen.

Die Klappstelle 700 ist derzeit lediglich für Böden aus Unterhaltungsbaggerarbeiten vorgesehen.

4.4.2 Verbringung auf Deponien

Die Kosten für eine Unterbringung auf einer Deponie sind vergleichsweise hoch, zumal der Großteil der Bodenmassen aus dem Nassabtrag stammt und für die Trocknung der Böden Extrakosten anfallen. Bei Verbringung auf geeignete Deponien würden zusätzlich Transportkosten anfallen. Diese Möglichkeit der Verbringung wurde aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiter untersucht.

4.4.3 Aufhöhung privater Grundstücke

Eine Aufhöhung privater Grundstücke ist grundsätzlich möglich. Da der Großteil der Böden jedoch aus dem Nassabtrag stammt, müsste eine entsprechend große Fläche für die Trocknung zur Verfügung stehen. Mehrere kleine Flächen sind in diesem Fall aufgrund der unterschiedlichen Lagen und der sich daraus ergebenden Transportwege unwirtschaftlich. Weiterhin ist zu beachten, dass viele landwirtschaftliche Straßen und Wege nur bis ca. 5,5 to Gesamtgewicht ausgelegt sind. Daher wurde diese Variante der Bodenverbringung aufgrund der großen Bodenmassen nicht näher untersucht.

4.4.4 Deichbau, -unterhaltung

Eine Verwendung des Bodens für den Deichbau oder zur Deichunterhaltung ist grundsätzlich möglich, aber zum jetzigen Zeitpunkt nicht konkret bestimmbar. Weitere Details können den Berichten [2] und [7] entnommen werden.

4.4.5 Spülfeldkomplex Dyhrsenmoor

Das in den 60er Jahren planfestgestellte Spülfeld Dyhrsenmoor befindet sich direkt am Nord-Ostsee-Kanal zwischen Kanalkilometer 12 und 13. Die vorgesehene Fläche hat eine Größe von ca. 60 ha und kann somit bei einer entsprechenden Aufhöhung die Bodenmassen von 1,5 Mio. m³ aufnehmen (vgl. Tab 5.1). Auch unter Berücksichtigung des angenommenen Auflockerungsfaktor von 1,2 und somit einer Erhöhung der Bodenmassen auf rund 1,8 Mio. m³ ist eine Verbringung im Dyhrsenmoor möglich. Durch die logistisch günstige Lage müssen die per Schute gebrachten Bodenmassen vor dem Verbringen auf der Fläche nur einmal umgeladen werden. Die nächstgelegene Ortschaft Ecklak befindet sich 300m entfernt und wird durch die Maßnahme nicht beeinträchtigt.

Gemäß Abstimmung mit der zuständigen Behörde [5] ist auf der Fläche des Spülfeldes Dyhrsenmoor der Einbau von unbelasteten Böden ($Z \leq 1.2$) unter Beachtung der Anforderungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zulässig (z. B. Grundwasserflurabstand > 1,00 m).

5 Vorzugsvariante

5.1 Grundlagen

Aus den in Kapitel 4 genannten Gründen ist es vorgesehen, die während der Baumaßnahme anfallenden Bodenmassen auf dem Bodenlager Dyhrsenmoor zu verbringen.

In der nachstehenden Tab 5.1 sind die am Ausbauort anfallenden Bodenarten nach Menge und dem vorgesehenen Verbringungsweg dargestellt.

Die kursiv gedruckten Werte in rot stellen die Bodenmassen unter Berücksichtigung eines Auflockerungsfaktors von 1,2 dar.

Tab 5.1 Bodenanfall nach Menge und Verbringungsort

Bodenart	Ausbauort	Menge [m ³]	Verbringungsweg
Belasteter Boden, trocken	Neuer Vorhafen Elbe	20.000 m ³	Deponie
Belasteter Boden, trocken	Schleusenkammer	20.000 m ³	Deponie
Belasteter Boden, trocken	Zwischensumme	40.000 m³ <i>48.000 m³</i>	Deponie
Oberboden / Auf- füllungen, trocken	Neuer Vorhafen Elbe	135.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Oberboden / Auf- füllungen, trocken	Häupter	35.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Oberboden / Auf- füllungen, trocken	Schleusenkammer	85.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Oberboden / Auf- füllungen, trocken	Zwischensumme	255.000 m³ <i>306.000 m³</i>	Dyhrrsenmoor
Belasteter Boden, nass	Neuer Vorhafen Elbe	20.000 m ³	Deponie
Belasteter Boden, nass	Schleusenkammer	10.000 m ³	Deponie
Belasteter Boden, nass	Zwischensumme	30.000 m³ <i>36.000 m³</i>	Deponie
Klei, nass	Neuer Vorhafen Elbe	695.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Klei, nass	Häupter	150.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Klei, nass	Schleusenkammer	280.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Klei, nass	temp. Anleger	30.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Klei, nass	Neuer Vorhafen NOK	80.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Klei, nass	Torinstandsetzungs- dock (TID)	20.000 m ³	Dyhrrsenmoor
Klei, nass	Zwischensumme	1.255.000 m³ <i>1.500.000 m³</i>	Dyhrrsenmoor
Gesamtsumme (ohne belastete Böden)		1.510.000 m³ <i>1.810.000 m³</i>	Dyhrrsenmoor

Der belastete Boden > Z2 (ca. 70.000m³) ist auf geeignete Deponien zu verbringen. Der Transport kann per LKW auf übergeordnete Straßen erfolgen.

Somit bleiben nach Tab 5.1 noch knapp 1,5 Mio. m³, die nach Kap. 4.3 und 4.4.5 zur Verbringung auf dem Spülfeld Dyhrsenmoor. Unter Berücksichtigung eines angenommenen Auflockerungsfaktors von 1,2 ergibt sich ein dort zu verbringendes Bodenvolumen von ca. 1,8 Mio. m³.

Der Boden aus dem Trockenabtrag wird direkt auf eine separate Fläche im Dyhrsenmoor gebracht und dort aufgehöht. Dieser Boden steht als Kleidepot für zukünftige Deichbaumaßnahmen oder andere Baumaßnahmen zur Verfügung. Der Boden aus dem Nassabtrag wird auf ein Trocknungsfeld im Spülfeld gebracht und dort in einem Zeitraum von ca. 2-4 Monaten durch Verdunstung unter mehrfachem Umschichten entwässert. Anschließend wird er auf eine Aufhöhungsfläche gebracht und dort aufgehöht.

5.2 Lage Dyhrsenmoor

Das Bodenlager Dyhrsenmoor befindet sich südöstlich des Nord-Ostsee-Kanals (NOK) bei Kanalkilometer 12 (siehe Abb. 5.1). Er ist durch einen etwa 100m breiten Gehölzstreifen mit zwei Teichen vom NOK getrennt. Das Areal hat eine Ausdehnung von ca. 1,5 km parallel zum NOK bei im Mittel 40 m Tiefe. Parallel zum NOK verläuft ein Unterhaltungsweg.

Weiterhin ist das Spülfeld durch die Reste der Spülfelddämme eingefasst. Innerhalb der Fläche verläuft ein Netz aus alten Entwässerungsgräben.

Südlich des Bodenlagers befindet sich die Ortschaft Ecklak und östlich die Ortschaft Aebtissinwisch. Das Bodenlager ist über die Landstraße L137 und L135 an das übergeordnete Verkehrsnetz angebunden. Die Straßen und Wege einschließlich Brücken sind auf 5,5 to Gesamtgewicht begrenzt.

Nordöstlich des geplanten Bodenlagers ist in verschiedenen Entwässerungsgräben eine Reihe von Exemplaren der Rote-Liste-Art „Schlammpeizger“ angetroffen worden. Weitere Details sind in der Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) zu entnehmen.

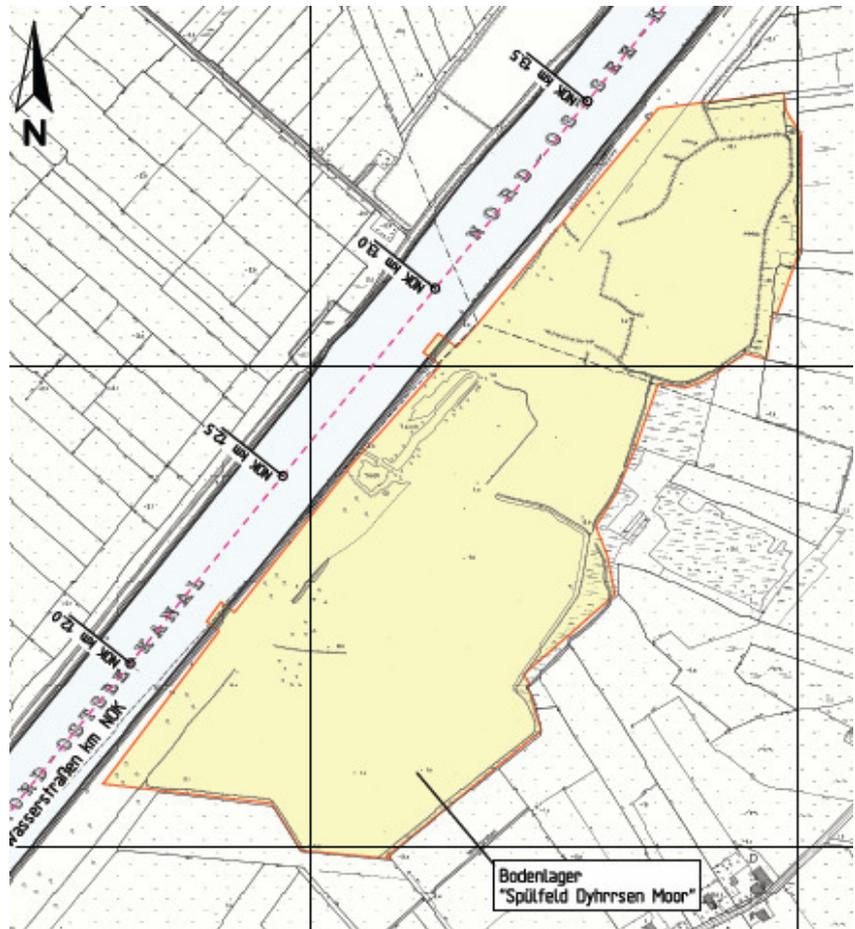


Abb. 5.1 Übersichtsplan Bodenlager „Spülfeld Dyhrssenmoor“

5.3 Nutzung der Flächen

Die zur Verbringung vorgesehene Fläche Dyhrssenmoor befindet sich im Besitz der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Sie ist ca. 60 ha groß und wurde in den 60er Jahren als Spülfeld planfestgestellt. Sie wird derzeit nicht bewirtschaftet und unterliegt der Sukzession. Nach den Erkundungsergebnissen aus den 60er Jahren stehen ab der damaligen Geländeoberfläche zwischen rd. $NHN \pm 0,00m$ und $NHN - 2,00m$ organische Weichböden, bestehend aus Klei und Torf, sowie deren Vermengungen an (vgl. auch Kapitel 7.1).

Der Bewuchs besteht überwiegend aus Schilf und Röhricht, in einigen Teilbereichen sind alte Weidenbruchbestände vorhanden.

Um die Inanspruchnahme ökologisch wertvoller Flächen innerhalb des Bodenlagers zu minimieren ist vorgesehen, eine bislang als Intensivgrünland genutzte Fläche in das Verbringungskonzept zu integrieren. Die ca. 5 ha große Fläche befindet sich ebenfalls im Besitz der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung. Die Fläche ist derzeit verpachtet, der Pachtvertrag lief jedoch zum Ende des Jahres 2008 aus. Durch die Nutzung dieser Fläche kann im Norden eine etwa 7 ha große Teilfläche mit Schilf- und Röhrichtbewuchs belassen werden.

6 Verbringungskonzept

6.1 Allgemein

Grundlage der untersuchten Varianten ist die in Kapitel 5.1 und Tab 5.1 dargestellte Massenermittlung. Die Gesamtmenge (nass) des im Bodenlager „Dyhrrsenmoor“ zu verbringenden Bodens beträgt 1.255.000m³. Bei den Böden aus dem Trockenabtrag ergibt sich eine Gesamtmenge von 255.000m³.

Unter Berücksichtigung des Auflockerungsfaktors von 1,2 ergeben sich eine Kleimenge (nass) von rund 1.500.000m³ und eine trockene Bodenmenge von ca. 300.000m³.

6.2 Flächenaufteilung

Im Vorfeld zur Erstellung des Bodenmanagementkonzepts für die Verbringung der Bodenmassen aus dem Neubau der 5. Schleusenkammer Brunsbüttel wurden drei verschiedene Möglichkeiten zur Aufteilung der Trocknungs- und Aufhöhungsflächen im Bodenlager Dyhrrsenmoor betrachtet.

Generell unterscheiden sich die drei Varianten in der Zufahrtsmöglichkeit, der Höhe der Aufhöhungsflächen und in Bezug auf die Inanspruchnahme ökologisch wertvoller Flächen. Folgende

Faktoren wurden außerdem bei der Wahl der Varianten berücksichtigt:

- das Bestehen von zwei bereits vorhandenen Zufahrten vom NOK zur Fläche Dyhrrsenmoor (vgl. 6.5 Transportwege/Anlieferung), die für den Bodentransport zur Verfügung stehen
- Unterschiede in der geplanten Höhe der Aufhöhungsflächen
- Berücksichtigung der verpachteten Fläche südlich des Bodenlagers, um eine Nutzung der Flächen mit vorhandenen Weidenbruchbeständen zu reduzieren
- Abstand zu den außerhalb des Bodenlagers liegenden Gräben mit der Rote-Liste-Art „Schlammpeizger“
- Abstand zu verbleibender Restfläche zum Schutz der dort vorhandenen Avi-Fauna

Im Rahmen einer Variantenbetrachtung wurde die in Zeichnung Nr. 02 A 4.3 dargestellte Flächenaufteilung (vgl. Anlage 1) unter der Berücksichtigung von ökologischen und wirtschaftlichen Punkten als die Vorzugsvariante herausgearbeitet.

Die gewählte Variante beinhaltet die Nutzung der als Intensivgrünland genutzten Fläche südlich des Spülfeldes. Dadurch kann eine ca. 7 ha große Fläche im Norden des Spülfeldes mit Schilf- und Röhrichtbewuchs belassen werden. Auch der Abstand zu den Gräben mit der Rote-Liste-Art „Schlammpeizger“ und der Abstand zur Avi-Fauna wird dadurch größer.

Das Bodenlager wird in mehrere Teilbereiche aufgeteilt (Zeichnung Nr. 02 A 4.3). Um die Gesamtfläche mit schwerem Gerät (z. B. Dumper, Raupen) befahren zu können, wird zunächst eine Basisschicht aus Sand/Kies (oder gleichwertig) aufgebracht.

6.2.1 Trocknungsfeld

In das Trocknungsfeld des Bodenlagers Dyhrrsenmoor mit einer Größe von ca. 26 ha wird der Boden aus dem Nassabtrag

verbracht. Unter mehrfachem Umschichten werden die Böden durch Verdunstung soweit entwässert, dass nach ca. 2-4 Monaten (pro Charge und je nach Witterung) ein Umsetzen in die Aufhöhungsfläche Mitte erfolgen kann.

Das anfallende Oberflächenwasser und evtl. anfallenden Porenwasser wird mittels Ringgraben in den NOK abgeleitet (ggf. vorbehandeln). Eine Einleitung in die umliegenden Verbands-gewässer erfolgt nicht. Weitere Details vgl. Kap. 6.6.

6.2.2 Aufhöhungsflächen

Die Aufhöhungsfläche Mitte hat eine Größe von ca. 29 ha. Auf diese Fläche wird der im Trocknungsfeld entwässerte Boden aus dem Nassabtrag gebracht und aufgehöh.

Auf die ca. 9 ha große Aufhöhungsfläche bzw. das Bodendepot Süd werden die Böden aus dem Trockenabtrag von den Schuten direkt eingebracht und aufgehöh. Dieser Boden steht als Kleidopot für zukünftige Deichbaumaßnahmen oder andere Baumaßnahmen zur Verfügung.

Auch aus den Aufhöhungsflächen wird das anfallende Oberflächenwasser über Entwässerungsgräben mittels Freigefälle oder Pumpen in den NOK eingeleitet. Weitere Details vgl. Kap. 6.6.

6.2.3 Rekultivierungsfläche

Zur optimalen Ausnutzung der vorhandenen Flächen wird die Trocknungsfläche nach der Fertigstellung der Bodenlager teilweise als zusätzliche Aufhöhungsfläche genutzt. Dabei werden die Böden der letzten Charge aus der Trocknungsfläche stufenweise in die zusätzliche Aufhöhungsfläche eingebaut. Nach Abschluss der Aufhöhungen nach ca. zwei Jahren wird die übrige Trocknungsfläche auf einer Größe von ca. 17 ha rekultiviert werden.

(z. B. Dumper) erfolgt ist, wird der Boden zum Spülfeld transportiert. Die Zufahrt vom NOK zum Spülfeld soll über die beiden bestehenden Schneisen erfolgen. Die bestehende Wasserversorgungsleitung wird gegen Beschädigung geschützt.

Das für die Erstellung der Basisschicht auf dem Spülfeld erforderliche Material (Sand, Kies oder gleichwertig) wird auch mit Schuten angeliefert.

Für zusätzlich anzuliefernde Bodenmengen ist die Zufahrt über den kanalseitigen Unterhaltungsweg vorgesehen. Dabei ist Begegnungsverkehr zu vermeiden. Der Unterhaltungsweg wird für die Dauer der Maßnahme für Dritte gesperrt.



Abb. 6.2 Ansicht Unterhaltungsweg

Die landseitige Zufahrt von Süden über die Ortschaft Ecklak steht nur begrenzt zur Verfügung, da dieses Straßen- und Wegenetz einschließlich Brücken auf 5,5t Gesamtgewicht begrenzt ist.

Die Baustelleneinrichtungsflächen sind im Bereich des Bodenslagers vorgesehen.

6.6 Entwässerung

Bei dem Nassabtrag am Ausbauort ist der Einsatz spezieller Baggerschaufeln vorgesehen, die den Wasseranteil beim Aus-

hub reduzieren. Die Schuten werden am Anleger möglichst wasserarm entladen. Das restliche Wasser in den Schuten wird zurück zur Schleuseninsel transportiert. Im Bereich der Schleusen ist eine Wasserbehandlungsanlage vorgesehen, um das Wasser anschließend in den NOK oder die Elbe zu leiten.

Aus ökologischen Gründen ist zu vermeiden, dass organische Bestandteile der Böden sowie salzhaltige Wasser in die benachbarten Gräben gelangen. Dies wird durch einen ca. 10m breiten Schutzstreifen um das Spülfeld sichergestellt, in dem ein Entwässerungsgraben mit außenliegendem Wall angelegt wird. Der Wasserstand des Entwässerungsgrabens kommuniziert mit den umliegenden Gräben. Das Wasser aus Starkregen wird über den Entwässerungsgraben im Freigefälle Richtung NOK abgeführt. Ein Überlaufen der Gräben wird durch den vorhandenen Wall verhindert.

Aufgrund der Berechnungen ist von einer weitestgehenden Verdunstung des in den Böden enthaltenen Wassers auszugehen. Sollten wider Erwarten größere Wassermengen auf dem Trocknungsfeld anfallen, werden diese z. B. in einem abgedichteten Teich gesammelt und nach der Behandlung (z. B. durch mobile Anlagen) in den NOK eingeleitet (vgl. Kapitel 8).

Um das ggf. zu behandelnde Porenwasser vom Starkregenvasser zu trennen sind in den Entwässerungsgräben (zur Einleitung in den Teich oder NOK) Trennbauwerke vorzusehen.

6.7 Lärmschutz

Nach [8] ist es nicht notwendig, einen Lärmschutzwall um die Trocknungs- und Aufhöhungsfläche zu erstellen, da weder die Rammarbeiten zur Erstellung der Anleger, noch der Geräteeinsatz auf den Trocknungs- und Aufhöhungsflächen die zulässigen Immissionsbelastungen überschreiten. Grundlage hierfür sind die in der AVV Baulärm genannten Immissionsrichtwerte in Bezug auf die nahegelegenen Ortschaften Ecklak und Aebtissinwisch.

Der Schutenverkehr für den Bodentransport führt zu keinen zusätzlichen Schallimmissionen, da der vorhandene Schallpegel des regulären Schiffsverkehrs bereits eine entsprechend hohe Grundbelastung aufweist und sich die Anzahl der Schiffe pro Stunde und Richtung nur geringfügig erhöht.

7 Geotechnische Aspekte

Der Komplex Spülfeld Dyhrrsenmoor zur Ablagerung der beim Bau der 5. Schleusenkammer gewonnenen Böden gliedert sich u.a. in ein Trocknungsfeld zur Trocknung der Nassaushubböden, in die Aufhöhungflächen zur Einlagerung der Nassböden und in das Bodendepot der Trockenböden.

In das Trocknungsfeld des Spülfeldes Dyhrrsenmoor wird der Boden aus dem Nassabtrag in Form von Bodenmieten gelagert und unter mehrfachem Umschichten (Konditionierung) durch Verdunstung soweit entwässert, dass der Boden in die Aufhöhungfläche Mitte eingebaut werden kann.

In die Aufhöhungfläche / Bodendepot Süd werden die Böden aus dem Trockenabtrag ohne Konditionierung lagenweise bis zu einer Höhe von rd. 7 m eingebaut.

Aus geotechnischer Sicht maßgebend sind der unter den Aufhöhungflächen anstehende Untergrund geringer Tragfähigkeit, die infolge des Gewichts der Bodenmassen eintretenden Setzungen und die Sicherheiten gegen Böschungsbruch.

7.1 Untergrundverhältnisse

Die Untergrundverhältnisse des Spülfeldes Dyhrrsenmoor wurden bereits in der 60er Jahren von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) erkundet.

Nach den Erkundungsergebnissen stehen ab der damaligen Geländeoberfläche zwischen rd. NHN \pm 0,00 m und rd. NHN - 2,00 m organische Weichböden, bestehend aus Klei und Torf, sowie deren Vermengungen an. Der Torf wurde mit Mächtigkeiten bis etwa 4,00m, i. M. rd. 2,00m, erkundet. Der Klei steht

überwiegend als sandiger bis stark sandiger Klei, häufig auch mit Sandbänderungen, in großen Mächtigkeiten an. Untergeordnet wurde der Klei auch als torfiger Klei erkundet.

Der beschriebene Klei steht nach den Erkundungsergebnissen flächig an, der beschriebene Torf steht nicht flächig an.

Die Aufhöhung des Geländes von der damaligen Geländehöhe bis zur heutigen resultiert aus dem seinerzeit erfolgten Spülbetrieb.

7.2 Aufbau Bodendepot/Aufhöhungsflächen

Das gesamte Bodenlager „Spülfeld Dyhrsenmoor“ wird auf einer Basisdränageschicht, die auf dem derzeitigen Gelände hergestellt wird, aufgebaut, um das anfallende Porenwasser aus dem Baugrund und den Depotschichten sowie anfallendes Tagwasser kontrolliert über den Entwässerungsgraben abzuführen.

Über im Bodenlager angeordnete Fahrdämme werden die Abtragsböden zu den Einbauflächen transportiert und dort z.B. mit einer mittelschweren Raupe in ca. 0,30 m dicken Lagen mit einer Neigung nach außen von ca. 1:4 (Kleidepot) bzw. max. 1:8 hangabwärts eingebaut. Durch den Einbauvorgang und anschließendes Überfahren erfolgt ein weitgehend hohlraumfreier Einbau. Drei eingebaute Lagen bilden dabei eine Bodenschicht.

Nach Einbau von zwei 1 Meter dicken Bodenschichten aus Einlagerungsböden folgt im Bedarfsfall eine Dränageschicht. Die Erfordernis von Dränageschichten richtet sich nach der Kornverteilung der Einlagerungsböden. Die Dicke der Dränageschicht schwankt ggf. je nach Konsistenz der Einlagerungsböden zwischen etwa 0,2 bis 0,3m. Die Dränageschichten führen das durch die Konsolidierung der Einlagerungsböden ausgepresste Porenwasser und anfallendes Tagwasser über den Entwässerungsgraben ab (vgl. Kap. 6.6).

Der Wasserstand wurde für den Nord-Ostsee-Kanal mit NHN - 0,20 m und im Bereich des Bodenlagers auf Geländehöhe in den Berechnungen berücksichtigt.

Die charakteristischen Bodenkennwerte wurden in Anlehnung an [1] und aus Erfahrungen mit vergleichbaren Bodenverhältnissen angesetzt. Die charakteristischen Bodenkennwerte sind den Anlagen 5.1 bis 5.4 sowie 6.1 und 6.2 zu entnehmen.

7.3.2 Sicherheit gegen Böschungsbruch

Die Böschungsbruchsicherheit wurde nach dem neuen Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten mit dem Programm GGU-Stability, Version 8.16 vom 28.02.2008, untersucht. Die Böschungsgleitkreise bzw. Blockgleitfugen und die Ausnutzungsgrade $\mu = 1/f$ wurden nach DIN 4084 und DIN 1054:2005-01 mit der Formel von BISHOP (Lamellenverfahren) bzw. das Blockgleiten mittels EDV berechnet. Durch Variation der Gleitkreismittelpunkte und -radien bzw. der Blockgleitfugen berechnet das Programm den ungünstigsten und somit maßgebenden Gleitkreis bzw. die ungünstigste (maßgebende) Blockgleitfuge mit dem dazugehörigen Ausnutzungsgrad μ .

Der Ausnutzungsgrad μ für das Grenzgleichgewicht der Böschung mit Berücksichtigung der Teilsicherheiten muss $\mu \leq 1$ betragen.

Die Böschungsbruchsicherheiten wurden auf der sicheren Seite liegend unter Berücksichtigung der sehr langen Konsolidationszeiten (s. Abschnitt 7.3.5) unter Ansatz des vollen Porenwasserüberdruckes, d.h. vollständige Last des Bodendepots, durchgeführt. Für die Untersuchung der Sicherheit gegen Böschungsbruch wird der Grenzzustand GZ 1C verwendet. Der Grenzzustand GZ 1C beschreibt den Verlust der Gesamtstandicherheit. Nach DIN 1054:2005-01 und EAU 2004 ist der ständigen Bemessungssituation (Regel-Kombination EK 1 und Sicherheitsklasse SK 1) der Lastfall LF 1 zuzuordnen.

7.3.3 Berechnungsergebnisse und Bewertung

Die Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen sind in den Anlagen 5.1 bis 5.4 dargestellt.

Nach den Ergebnissen der Böschungsbruchberechnungen ist die Böschungsbruchsicherheit nach DIN 1054:2005-01 für das geplante Bodenlager sowohl für die repräsentativen Baugrundverhältnisse für das Lamellenverfahren (s. Anlage 5.1) mit $\mu = 0,80$ und für das Blockgleiten Lamellenverfahren (s. Anlage 5.2) mit $\mu = 0,29$ als auch für die ungünstigsten Baugrundverhältnisse für das Lamellenverfahren (s. Anlage 5.3) mit $\mu = 0,88$ und für das Blockgleiten Lamellenverfahren (s. Anlage 5.4) mit $\mu = 0,39$ ausreichend gegeben.

Die Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen bleiben danach mit Ausnutzungsgraden von $\mu = 0,29$ bis $\mu = 0,88$ deutlich unter dem nach DIN 1054:2005-01 geforderten Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1$.

Insbesondere mit Blick auf den auf der sicheren Seite liegenden Ansatz des vollen Porenwasserüberdruckes aus der vollständigen Last des Bodenlagers ab Baubeginn, werden sich in situ zusätzlich noch geringere Ausnutzungsgrade ergeben.

7.3.4 Setzungsbetrachtungen

Die Primärsetzungen und der zeitliche Verlauf der Primärsetzungen wurden mit Hilfe von numerischen Zeitsetzungsberechnungen mit dem Programm GGU-Consolidate, Version 3.00 vom 17.09.2005, bestimmt.

Die Flächenaufhöhungen (Einbau Einlagerungsböden in die Bodendepots) verursachen Konsolidationssetzungen (Primärsetzungen s_1) insbesondere der kompressiblen organischen Weichschichten. Diese Setzungen treten mit der Konsolidation (zeitlicher Abbau des Porenwasserüberdrucks) der organischen Weichschichten zeitlich verzögert ein. Der Grad der Konsolida-

tion U bzw. der zeitliche Verlauf der Setzungen sind abhängig von der Dicke und Durchlässigkeit der Weichschichten.

Darüber hinaus sind zusätzlich Setzungen infolge von Kriechvorgängen (Sekundärsetzungen s_2) in den organischen Weichschichten zu berücksichtigen, die erfahrungsgemäß bis etwa 40% der Gesamtsetzung betragen können.

7.3.5 Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse der Setzungsberechnung für die Primärsetzungen (s_1) für die repräsentativen Baugrundverhältnisse und für die ungünstigsten Baugrundverhältnisse sind in den Anlagen 6.1 und 6.2 in Form von Zeitsetzungslinien dargestellt.

Danach ergeben sich für die repräsentativen Baugrundverhältnisse rechnerisch Primärsetzungen bis zu einem Konsolidierungsgrad von ca. $U = 95\%$ über einen Zeitraum von etwa 25 Jahren zu rd. $s_1 = 1,3$ m (s. Anlage 6.1).

Für die ungünstigsten Baugrundverhältnisse ergeben sich rechnerisch Primärsetzungen bis zu einem Konsolidierungsgrad von ca. $U = 95\%$ über einem Zeitraum von etwa 30 Jahren zu rd. $s_1 = 2,1$ m (vgl. Anlage 6.2).

Zu den o.g. Primärsetzungen aus dem Aufbau der Aufhöhungsflächen/Bodendepots sind noch die sogenannten Sekundärsetzungen in einer geschätzten Größenordnung bis zu rd. 40 % der Primärsetzungen zu addieren, die über einen zeitlichen Verlauf von mehreren Jahren bis Jahrzehnten eintreten können.

Somit ergeben sich Sekundärsetzungen im Bereich der Aufhöhungsflächen/Bodendepots zwischen rd. $s_2 = 0,5$ m und $s_2 = 0,8$ m.

Die Gesamtsetzungen infolge des Aufbaus der Aufhöhungsflächen/Bodendepots betragen danach rechnerisch für die überwiegend vorkommenden Baugrundverhältnisse bis zu maximal

etwa $s_{1+2} = 1,8$ m und für die ungünstigsten Baugrundverhältnisse bis zu maximal etwa $s_{1+2} = 2,9$ m.

8 Wasserbehandlung

8.1 Wassermengen

Auf der Schleuseninsel werden für den Neubau der 5. Schleusenkammer Baugruben ausgehoben. Zur Trockenhaltung sind Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich und zum Lenzen wird Baugrubenwasser abgepumpt. Das geförderte Baugrubenwasser besteht aus Grund- und Niederschlagswasser und soll nach Behandlung in die Elbe oder den NOK abgeleitet werden.

Am Standort Dyhrrsenmoor wird Aushubmaterial abgelagert. Hierbei kommt es durch Setzungen im Bereich der Aufhöhungsflächen/Bodendepots zur Auspressung von Porenwasser aus dem anstehenden Untergrund, das in Abhängigkeit zum zeitlichen Verlauf der Setzungen, dem Stauwasserstand und dem Wassergehalt des aufgebrachtens Bodens am Fuß des Bodenlagers austreten und in die Randgräben fließen kann. Die Randgräben fassen auch das auf der Aufhöhungsfläche anfallende Niederschlagswasser.

Beim Umschlag der per Schuten antransportierten Böden aus dem Nassaushub kann Haftwasser anfallen, dass je nach Umschlaggerät auch noch beim Transport dieser Böden in das Trocknungsfeld anfallen kann. Bei diesem Haftwasser handelt es sich um das Wasser, welches beim Baggern der nassen Böden aus den Baugruben mit erfasst und anteilig per Schute zum Bodenlager Dyhrrsenmoor transportiert wird. Durch den Einsatz einer speziellen Greifertechnik soll der Anteil an Haftwasser auf ein Minimum beschränkt werden.

In Anlage 2 ist der mögliche Wasseranfall am Standort Dyhrrsenmoor schematisch dargestellt. Das hier anfallende Wasser soll in den NOK abgeleitet werden.

In der nachstehenden Tab 8.1 ist das auf der Schleuseninsel und am Standort Dyhrrsenmoor anfallende Wasser nach Menge, Volumenstrom und Dauer des Anfalls dargestellt.

Tab 8.1 Wassermengen

	Menge [m ³]	V [m ³ /h]	Dauer des Wasseranfalls [Wochen]
Schleuseninsel			
Lenzen Baugrube Außenhaupt	80.000	98	5
Lenzen Baugrube Binnenhaupt	80.000	98	5
Lenzen Baugrube Schleusen-kammerwand	80.000	98	5
Wasserhaltung Baugrube Schleusen-kammerwand	180.000	42	26
Leckagewasser aus Baugruben	36.000	5	40
Haftwasser, Anteil aus Schuten (50%)	22.500	1	130
Summe Schleuseninsel	478.500	< 100	
Dyhrrsenmoor			
Haftwasser, Anteil aus Umschlag/Transport (50%)	22.500	1	130
austretendes Porenwasser	180.000	max. 3	1.564 (30 Jahre)
Summe Dyhrrsenmoor	202.500	max. 4	
Summe gesamt	681.000		

Die aus Wasserhaltungsmaßnahmen auf der Schleuseninsel anfallenden Mengen an Baugrubenwasser ergeben sich aus der Kubatur der Baugruben. Der Volumenstrom soll u. a. aus Kapazitätsgründen der Wasserbehandlungsanlage auf <100 m³/h begrenzt werden, was durch eine entsprechende zeitliche Anpassung der Lenzphasen erfolgt.

Die Menge an Haftwasser wurde mit 3% der Bodenmenge abgeschätzt. Es wird davon ausgegangen, dass etwa 50% der Haftwassermenge beim Umschlag der Böden in den Schuten verbleibt und der Rest mit den Böden in das Trocknungsfeld

transportiert wird. Der in den Schuten verbleibende Anteil kann zurück zur Schleuseninsel transportiert und der dort installierten Wasserbehandlung zugeführt werden.

Die angegebene Menge an austretendem Porenwasser ergibt sich aus dem Ansatz, dass das Porenwasservolumen dem Setzungsvolumen entspricht, abzüglich einem Anteil von etwa 30%, der in der entstehenden Setzungsmulde verbleibt und von den verbleibenden 70% nur etwa die Hälfte über den Böschungsfuß austreten kann bzw. der Rest nach unten und zu den Seiten gepresst wird. Ob es überhaupt zu einem Austritt von Porenwasser über den Böschungsfuß in die Randgräben kommen wird ist fraglich. Einerseits laufen die Setzungen über einen langen Zeitraum von ca. 30 Jahren ab, was zu kleinen Wassermengen je Zeiteinheit (Volumenstrom) führt und andererseits ist das ausgepresste Volumen im Verhältnis zum Volumen des großräumigen Grundwasseraquifers vernachlässigbar. Der maximale Volumenstrom an möglicherweise austretendem Porenwasser wurde mit $3 \text{ m}^3/\text{h}$ über die komplette Bodenlagerfläche abgeschätzt.

Das Niederschlagswasser, das in die Baugruben auf der Schleuseninsel fällt, wird über die Wasserhaltung zusammen mit dem zu fördernden Grundwasser abgeführt.

Das Niederschlagswasser, das am Standort Dyhrsenmoor anfällt, wird über den Entwässerungsgraben gefasst und über Trennbauwerke in den NOK abgeleitet. Der mittlere Jahreszufluss an Niederschlagswasser auf dieser Fläche beträgt statistisch $217.800 \text{ m}^3/\text{a}$. Während eines Starkregenereignisses können maximal $7 \text{ m}^3/\text{s}$ anfallen (vgl. Abb. 8.1).

Niederschlagsberechnung			
1. Starkregen (alle 5 Jahre, 10min)			
ca. 12mm			
200 l/s*ha			
Aufhöhungsfläche	38 ha		
Befestigungsgrad 20%			
=> 70% Abfluss von Böschungen (> 10% Neigung)		0,7	
200 (l/s*ha) * 38 ha =	7.600 l/s		
7.600 l/s * 0,7 =	5.320 l/s	=>	5,32 m³/s
Trocknungsfeld	26 ha		
Befestigungsgrad 20%			
=> 30% Abfluss von Böschungen (< 1% Neigung)		0,3	
200 (l/s*ha) * 26 ha =	5.200 l/s		
5.200 l/s * 0,3 =	1.560 l/s	=>	1,56 m³/s
		Summe	7,00 m³/s
2. Jährlicher Niederschlag			
9.000 m³/ha	(entsprechen 900mm/a)		
Aufhöhungsfläche	38 ha		
Befestigungsgrad 20%			
=> 50% Abfluss von Böschungen (> 10% Neigung)		0,5	
9.000 m³/ha * 38 ha =	342.000 m³		
342.000 m³ * 0,5 =	171.000 m³		
Trocknungsfeld	26 ha		
Befestigungsgrad 20%			
=> 20% Abfluss von Böschungen (< 1% Neigung)		0,2	
9.000 m³/ha * 26 ha =	234.000 m³		
234.000 m³ * 0,2 =	46.800 m³		
		Summe	217.800 m³

Abb. 8.1 Niederschlagsberechnung

8.1.1 Wasserqualität

Zur Feststellung der örtlichen Grundwasserqualität wurden auf der Schleuseninsel 3 Grundwassermessstellen (GWMS 1 bis 3) errichtet, Wasserproben entnommen und diese chemisch untersucht.

Am Bodenlager „Bodenlager Dyhrssenmoor“ wurden Wasserproben aus einem Teich (OFW1) und einem Graben (OFW2) entnommen und chemisch untersucht.

Die durchgeführten Untersuchungen sind im Detail in [2] sowie in [7] beschrieben. Bedingt durch die an beiden Standorten vorhandenen mächtigen Schichten an organischen Weichböden

(Klei) enthalten die untersuchten Wassermengen hohe natürliche Anteile an sauerstoffzehrenden Substanzen (i. W. organischer Kohlenstoff, Ammonium und gelöstes Eisen, gemessen als CSB), die sich bei einer unbehandelten Direkteinleitung in den NOK bzw. in die Elbe schädlich auf die Gewässer bzw. auf die hierin lebenden Fische und Mikroorganismen auswirken könnten.

Das als Eisen ges. gemessene Eisen dürfte auf Grund der reduzierenden Verhältnisse wahrscheinlich hauptsächlich als Eisen II vorliegen.

Die Untersuchungsergebnisse für diese Parameter sind in der nachfolgenden Tab 8.2 dargestellt. Die CSB-Konzentration im Baugrubenwasser wurde anhand von Erfahrungswerten angenommen. Auf dieser Basis wurden die Qualitäten des anfallenden Wassers abgeschätzt.

Tab 8.2 Wasserqualitäten

		GWMS 1	GWMS 2	GWMS 3	Qualität Bau- grubenwasser
Schleuseninsel					
CSB	[mg/L]	k. M.	k. M.	k. M.	30 - 80
Eisen ges.	[mg/L]	11	27	30	23
Ammonium	[mg/L]	51	18	12	27
Dyhrsenmoor					
		Teich OFW1	Graben OFW2		Qualität Gra- benwasser
CSB	[mg/L]	83	301		200
Eisen ges.	[mg/L]	0,53	5,0		5
Ammonium-N	[mg/L]	0,039	0,10		25

k. M.: keine Messung

Vor Einleitung der Wässer muss eine gezielte Behandlung zur Reduzierung der Konzentrationen der in Tab 8.2 dargestellten Parameter erfolgen.

8.1.2 Wasserbehandlungskonzept

Für die Aufbereitung steht nach dem heutigen Stand der Technik eine Vielzahl an Verfahren zur Verfügung. Die Auswahl der anzuwendenden Verfahren muss stets fallbezogen, unter Berücksichtigung folgender maßgeblicher Kriterien erfolgen:

- Wassermengen und Volumenströme bzw. Durchsatzleistungen
- kritische Inhaltsstoffe im Rohwasser und Anforderungen gemäß Einleitbedingungen
- weitere Aspekte wie z.B. Nutzungsdauer, Wirtschaftlichkeit, Betriebsrisiken und Flächenbedarf

Nachfolgend werden in Kap. 8.1.2.1 mögliche Aufbereitungsverfahren beschrieben, in Kap. 8.1.3 die Reinigungsleistung abgeschätzt und in Kap. 8.1.4 Angaben zu dem Monitoring der Wasserbehandlung gegeben.

8.1.2.1. Verfahrenstechnik

Gemäß den Ausführungen aus Kapitel 8.1 fallen auf der Schleuseninsel durch Wasserhaltungsmaßnahmen bis zu 100 m³/h Baugrubenwasser an. Zur gezielten Behandlung auf die im Kap. 8.1.1 beschriebenen Parameter wird in unmittelbarer Nähe zu den Baugruben eine mobile, mehrstufige Wasserbehandlungsanlage installiert und betrieben. Das Verfahrensschema der Wasserbehandlungsanlage ist in Anlage 3 skizziert und wird nachfolgend beschrieben.

Das zu behandelnde Wasser wird zunächst in Becken gesammelt und zwecks Oxidation des zweiwertigen Eisens, sowie untergeordnet Ammonium und Herabsetzung des CSB intensiv belüftet. Gleichzeitig wird in dieser Stufe die freie Kohlensäure ausgetrieben und damit der pH-Wert angehoben. Es ist ein den Erfordernissen angepasstes Wasser/Luft-Verhältnis bei einer mittleren Belüftungsdauer von mindestens 20 min vorzusehen.

Im Anschluss an die Belüftungsstufe ist das Wasser für die Enteisungsstufe zu konditionieren, indem dem Wasser über Dosierstationen bedarfsabhängig Flockungsmittel, Oxidationsmittel (z.B. Wasserstoffperoxid) und zur Einstellung des pH-Wertes Lauge (z.B. Natronlauge) zugegeben wird.

Das konditionierte Wasser wird anschließend über eine Kiesfiltration gepumpt, in der der zuvor ausgefällte Eisenschlamm und sonstige abfiltrierbare Stoffe entfernt werden. Die Kiesfilter müssen nach Erreichen eines kritischen Differenzdruckes regelmäßig mittels gereinigten Abwassers aus einem Reinwasserpuffer und ggf. mit Druckluft kombiniert rückgespült werden. Das Rückspülwasser wird in Schlammstapelbecken aufgefangen, wo es sich durch Sedimentation in Schlamm und Filterspülwasser trennt. Das Filterspülwasser wird am Eingang der Wasserbehandlungsanlage wieder zugeführt und der Schlamm in einen Schlamm-puffer überführt oder direkt geladen und zur Entsorgung abgefahren.

Nach der Kiesfiltration wird das Wasser zur abschließenden Behandlung in eine Ammoniumbehandlungsstufe überführt. Zur Reduzierung der Konzentration an Ammonium können in dieser Stufe die Verfahren chem. Oxidation, Nitrifikation oder auch Adsorption zur Anwendung kommen.

Bei der Ausführung der Wasseraufbereitungsanlage werden die dem Stand der Technik entsprechenden Sicherheitsstandards, wie z.B. Überfüllsicherungen, Auffangwannen, Störmelder etc. berücksichtigt.

Um flexibel auf die während der Bauzeit auftretenden unterschiedlichen Volumenströme bzw. Durchsatzleistungen reagieren zu können, soll die Wasseraufbereitung in mehreren parallel angeordneten Strängen konzipiert werden.

Um das Risiko einer Unterbrechung des Wasserabflusses aus den Baugruben in die Wasseraufbereitungsanlage zu mindern, werden sämtliche Förderaggregate redundant ausgelegt und die Anlage ggf. zusätzlich an eine Notstromversorgung angeschlossen.

Die gesamte Wasseraufbereitung wird auf Winterbetrieb eingerichtet. Empfindliche Module/ Bauteile, wie z.B. Schaltschränke, Elektrik und Dosierstationen mit Vorlagetanks werden in entsprechend ausgerüsteten Containern o.ä. mit Beleuchtung, Heizung, Isolierung etc. eingehaust. Am Zulauf der Wasseraufbereitungsanlage wird ein Wassermengenzähler installiert.

Gemäß den Ausführungen aus Kap. 8.1 kann nicht mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass am Standort Dyhrsenmoor Wassermengen anfallen werden, die vor Ableitung einer Behandlung bedürfen. Aus diesem Grund ist an diesem Standort eine Wasserbehandlung nur optional eingeplant.

Für den Fall, dass Wassermengen in einer Qualität anfallen, die vor Ableitung in den NOK zum Schutz des Gewässers behandelt werden müssen, sollen diese zunächst in Teichen bzw. Pufferbecken gesammelt und mittels einer mobilen Wasserbehandlungsanlage aufbereitet werden. Da die hinsichtlich einer Behandlung relevanten Parameter gemäß den Ausführungen aus Kap. 8.1.1 deckungsgleich sind mit den Parametern am Standort der Schleuseninsel, werden für die mobile Anlage die gleichen Verfahrensstufen eingeplant, wie für die Behandlung des Baugrubenwassers (Verfahrensschema vgl. Anlage 3).

Sollte sich zeigen, dass der Wasseranfall über Monate andauert, kann es vorteilhaft sein, die mobile Anlage durch eine immobile Wasserbehandlungsanlage zu ersetzen. In Anlage 4 ist das Verfahrensschema einer immobilen Anlage skizziert. Die Unterschiede zu der bereits beschriebenen mobilen Anlage bestehen darin, dass die Verfahrensstufen nicht in Containerbauweise, sondern in Form von aneinander gereihten Erdbecken errichtet werden, dass zur Enteisung keine Filtration sondern Sedimentation vorgesehen ist, zur Ammoniumbehandlung eine Nitrifikation eingeplant ist und dass die vorhandenen Teiche in das System integriert bzw. als Schönungsteiche angeschlossen werden. Zum Schutz der Anlage vor einer hydraulischen Überlastung, z.B. nach einem Starkregenereignis wird um die Anla-

ge ein Bypass angelegt, über den vorübergehend Überschusswasser kontrolliert abgeleitet werden kann.

Die Vorteile des auf eine langjährige Nutzung konzipierten immobilen Systems gegenüber dem mobilen System bestehen darin, dass keine Zwischenpumpstation und keine Rückspüleinheit für Kiesfilter erforderlich sind, sodass das immobile System energetisch günstiger ist und geringere Betriebskosten verursacht.

Wegen der Höhensituation und der Entfernung zum NOK werden bei allen Wasserbehandlungsmaßnahmen voraussichtlich Pumpen (mobil oder immobil) erforderlich.

8.1.3 Reinigungsleistung

Die Reinigungsleistung einer Wasserbehandlungsanlage ist abhängig von der Wasserqualität des zu behandelnden Rohwassers und von dem eingesetzten Verfahren.

In der nachfolgenden Tab 8.3 sind die in Tab 8.2 beschriebenen Qualitäten des anfallenden Wassers den bei Einsatz der in Kap. 8.1.2 beschriebenen Verfahren voraussichtlich erreichbaren Wasserqualitäten gegenübergestellt.

Tab 8.3 Reinigungsleistung Wasserbehandlung

		Qualität Baugru- benwasser	Wasserqualität zur Einleitung
Schleuseninsel			
CSB	[mg/L]	30 - 80	30
Eisen ges.	[mg/L]	23	2
Ammonium	[mg/L]	27	10
Dyhrsenmoor			
CSB	[mg/L]	200	80
Eisen ges.	[mg/L]	5	2
Ammonium-N	[mg/L]	25	10

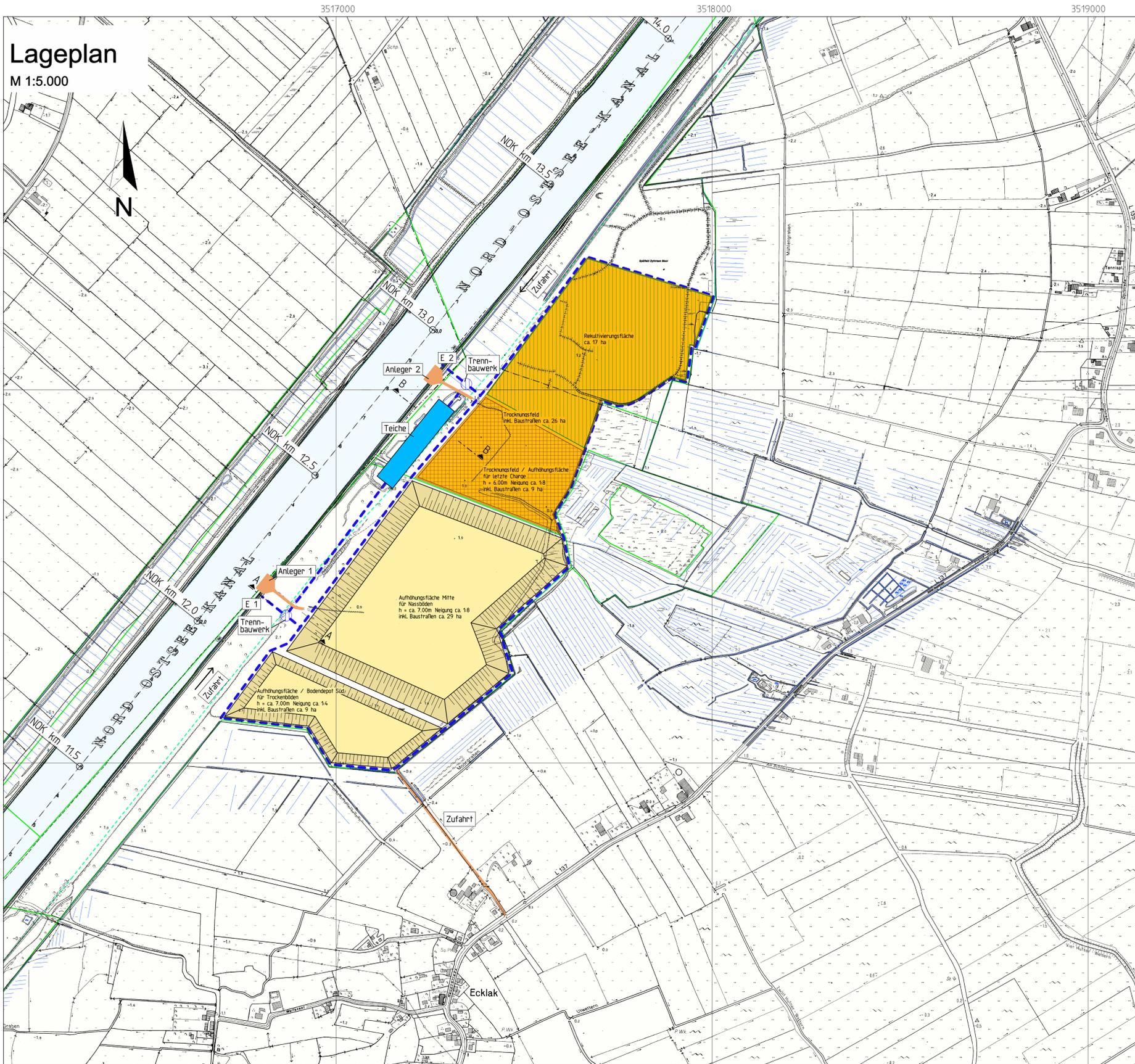
8.1.4 Begleitendes Monitoring

Der Betrieb der Wasseraufbereitung erfordert ein begleitendes Monitoring. Das Monitoring umfasst u.a. die Überwachung der Wasserqualität im Ablauf der jeweiligen Anlage. Während des Einfahrbetriebes bzw. mindestens im ersten Monat nach Inbetriebnahme werden z. B. wöchentlich, daran anschließend monatlich analytische Kontrollen vorgenommen. Für die chemischen Untersuchungen wird eine entsprechend zugelassene Untersuchungsstelle vorgesehen.

Die Anlage wird regelmäßigen Funktionskontrollen unterzogen, die Module gewartet und festgestellte Störungen unverzüglich behoben. Des Weiteren werden die Wassermengen und Volumenströme sowie u.U. die hydraulischen Auswirkungen im Umfeld der Maßnahme überwacht.

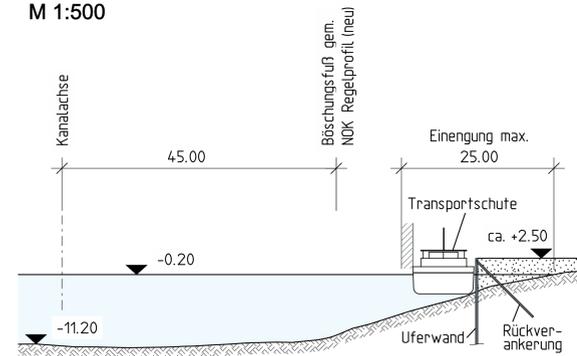
Alle Ergebnisse werden in einem Betriebstagebuch schriftlich festgehalten, welches zur Einsichtnahme für die Wasserbehörde zur Verfügung gehalten und i.d.R. bis 2 Jahre nach Beendigung der Maßnahme aufbewahrt wird.

Anlagen



Detail A

M 1:500



Legende:

- Flurstücksgrenzen WSV
- - - Gräben (geplant)
- Gräben (Bestand)
- E1 / E2 Einleitstellen
- Aufhöfungsflächen
- Trocknungsfeld
- Aufhöfungsfläche letzte Charge
- Rekultivierungsfläche
- - - Trinkwassertransportleitung

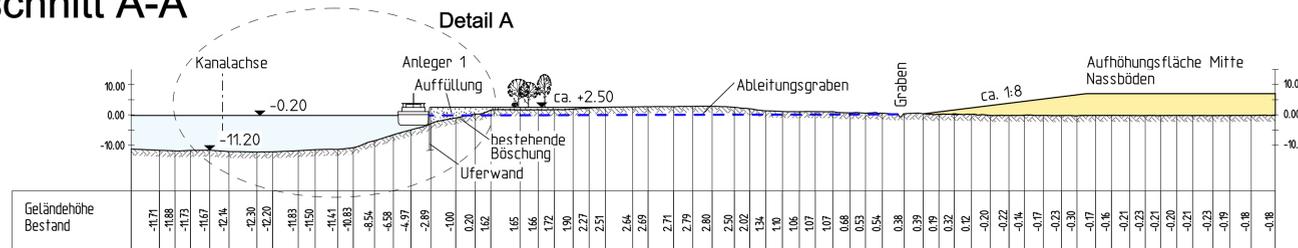
Hinweis:

Darstellung der Anlagen zur Wasserbehandlung (z.B. Teich, Trennbauwerke usw.) nur schematisch!

Kartengrundlage:
Deutsche Topographische Karte M 1:5.000 (DTK 5)

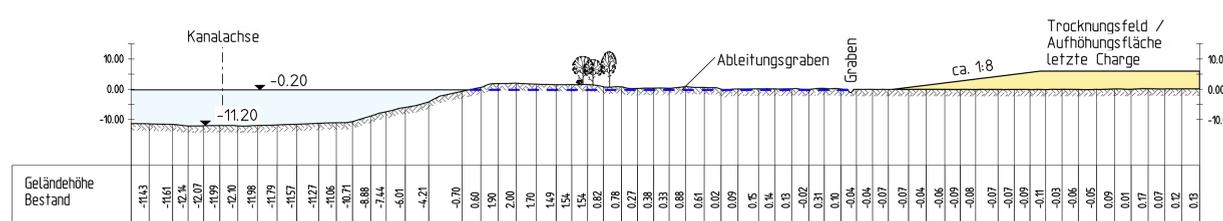
Querschnitt A-A

M 1:1.000



Querschnitt B-B

M 1:1.000



Alle Höhenangaben bezogen auf Normalhöhennull (NHN)



Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Wasser- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel

WSV.de

geprüft:

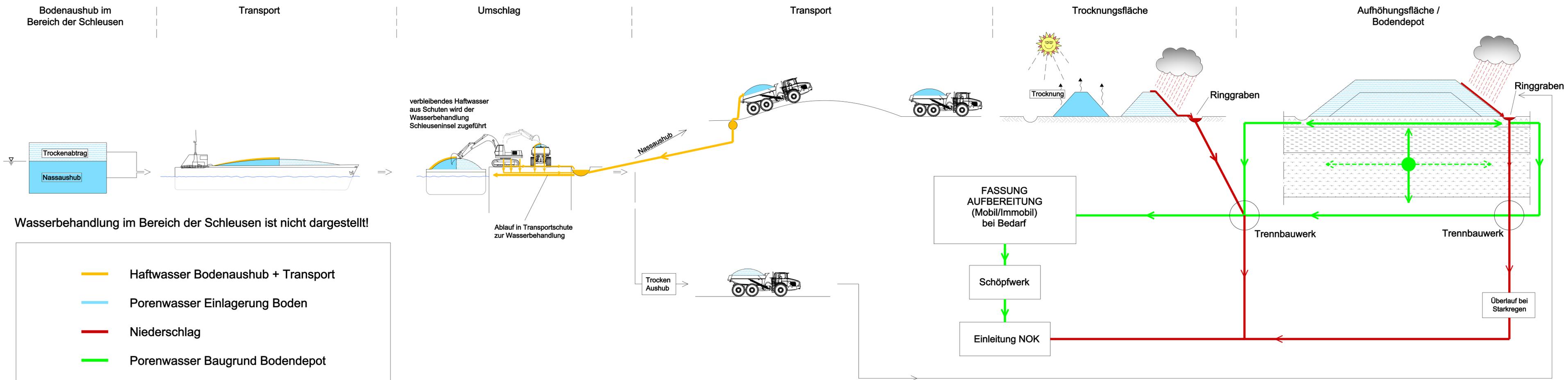
Bodenmanagementkonzept und Wasserbehandlung

Bodenlager "Spülfeld Dyhrsenmoor"

Neubau 5. Schleusenkammer und Neubau Torinstandsetzungsdock

Anlage 1:
Lageplan Bodenlager "Spülfeld Dyhrsenmoor"

bearbeitet: CP	Zeichnungs-Nr.: Anlage 1	Datum: 20.01.2009
gezeichnet: MJS	Maßstab: 1:5.000	Blattgröße: 535
geprüft:		Projekt-Nr.: 535



Wasserbehandlung im Bereich der Schleusen ist nicht dargestellt!



Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Wasser- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel

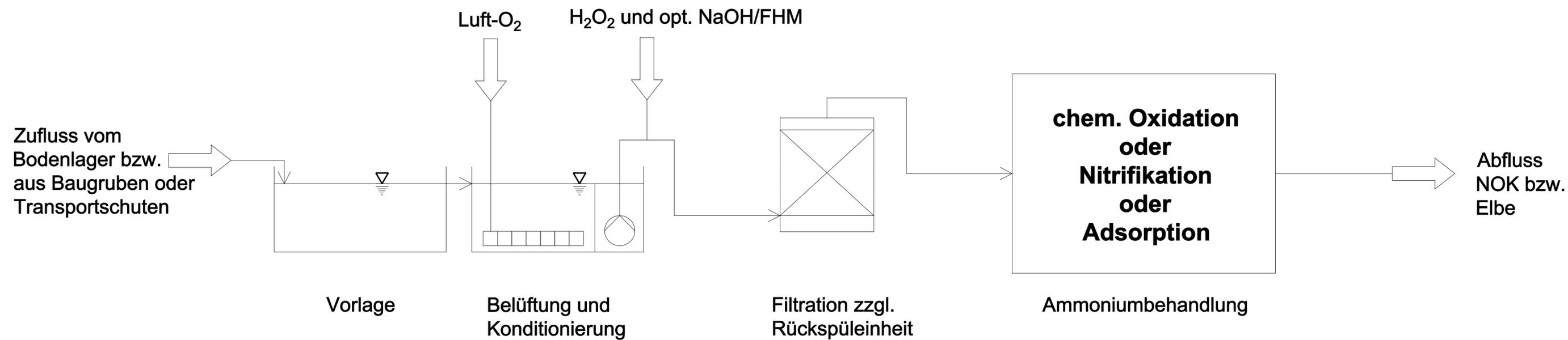
geprüft:

Bodenmanagementkonzept und Wasserbehandlung Bodenlager "Spülfeld Dyhrssenmoor"

Neubau 5. Schleusenammer
und
Neubau Torinstandsetzungsdock

Anlage 2:
Schematische Darstellung des Wasseranfalls Dyhrssenmoor

bearbeitet:	CP	Zeichnungs-Nr.:	Datum:	
gezeichnet:	MJS	Anlage 2	20.01.2009	
geprüft:	Maßstab:	Blattgröße:	Projekt-Nr.:
		ohne		535



Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Wasser- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel

WSV.de

geprüft:

**Bodenmanagementkonzept
und Wasserbehandlung
Bodenlager "Spülfeld Dyhrrsenmoor"**

Neubau 5. Schleusenammer
und
Neubau Torinstandsetzungsdock

**Anlage 3:
Verfahrensfließschema mobile Wasserbehandlung**

bearbeitet:	CP	Zeichnungs-Nr.:	Anlage 3		Datum:	20.01.2009
gezeichnet:	MJS	Maßstab:	Blattgröße:	Datei-Nr.:	Projekt-Nr.:	535
geprüft:	ohne				

Planungsgemeinschaft Brunsbütteler Schleuse

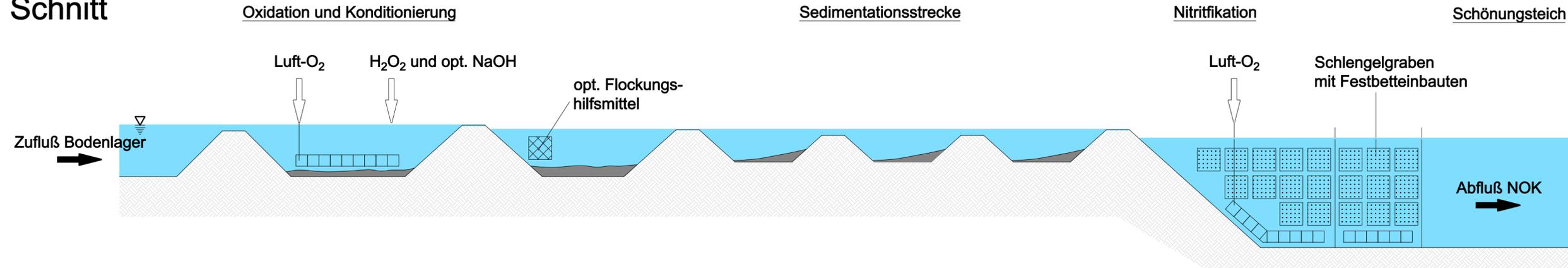
In Zusammenarbeit mit:

knabe ingenieure

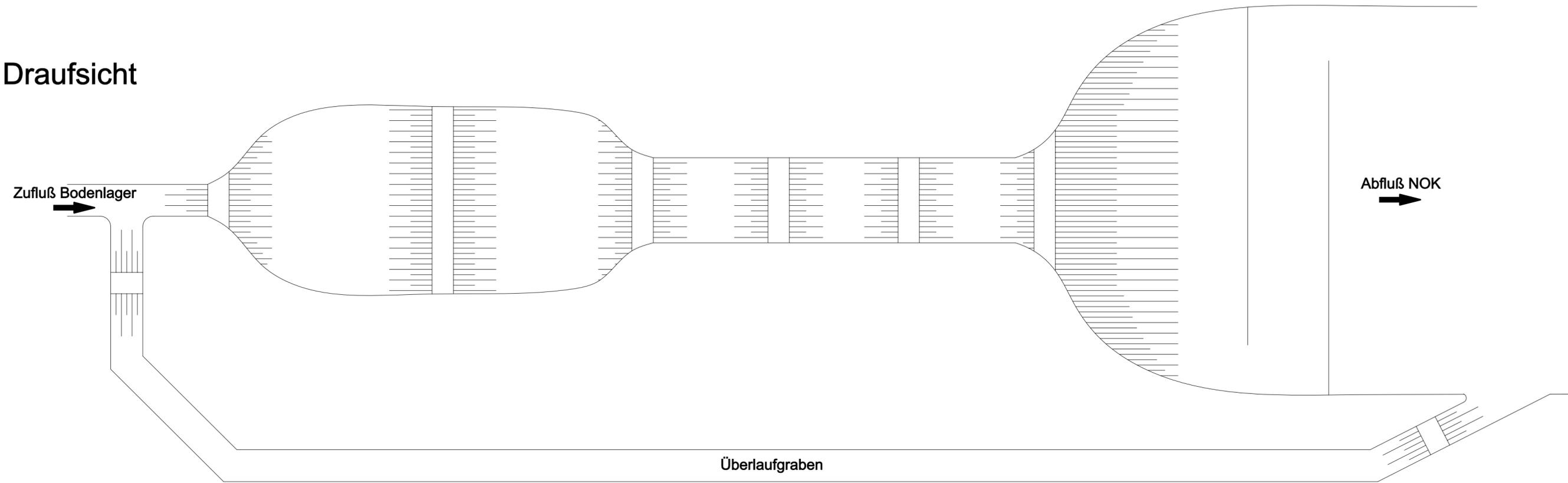
WTM ENGINEERS

PHW

Schnitt



Draufsicht



Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord
Wasser- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel



geprüft:
.....

Bodenmanagementkonzept und Wasserbehandlung Bodenlager "Spülfeld Dyhrssenmoor"

Neubau 5. Schleusenammer
und
Neubau Torinstandsetzungsdock

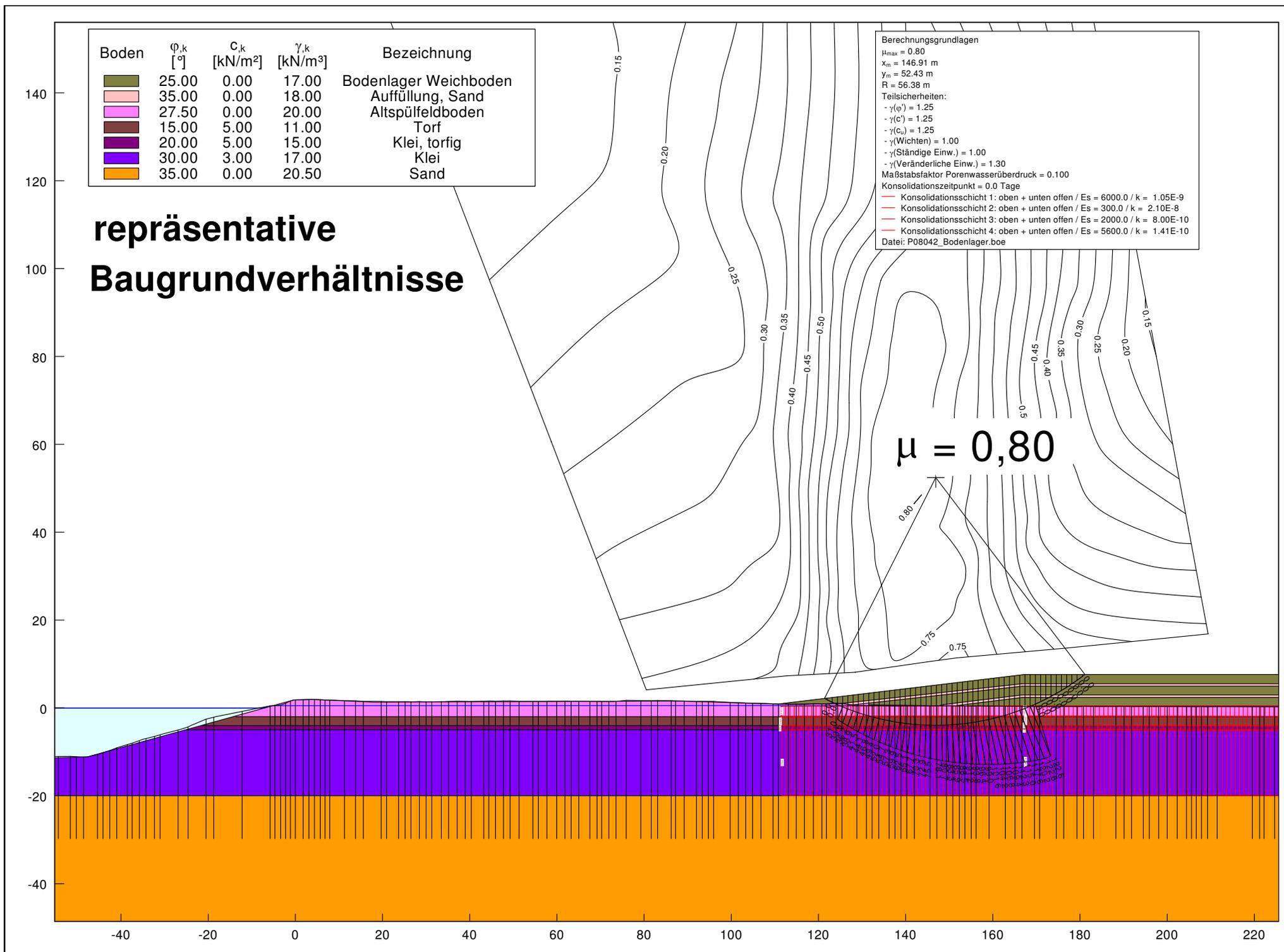
Anlage 4: Verfahrensfließschema immobile Wasserbehandlung

bearbeitet:	CP	Zeichnungs-Nr.:	Anlage 4		Datum:	20.01.2009
gezeichnet:	MJS	Maßstab:	Blattgröße:	Datei-Nr.:	Projekt-Nr.:	535
geprüft:	ohne				

Planungsgemeinschaft Brunsbütteler Schleuse

In Zusammenarbeit mit:





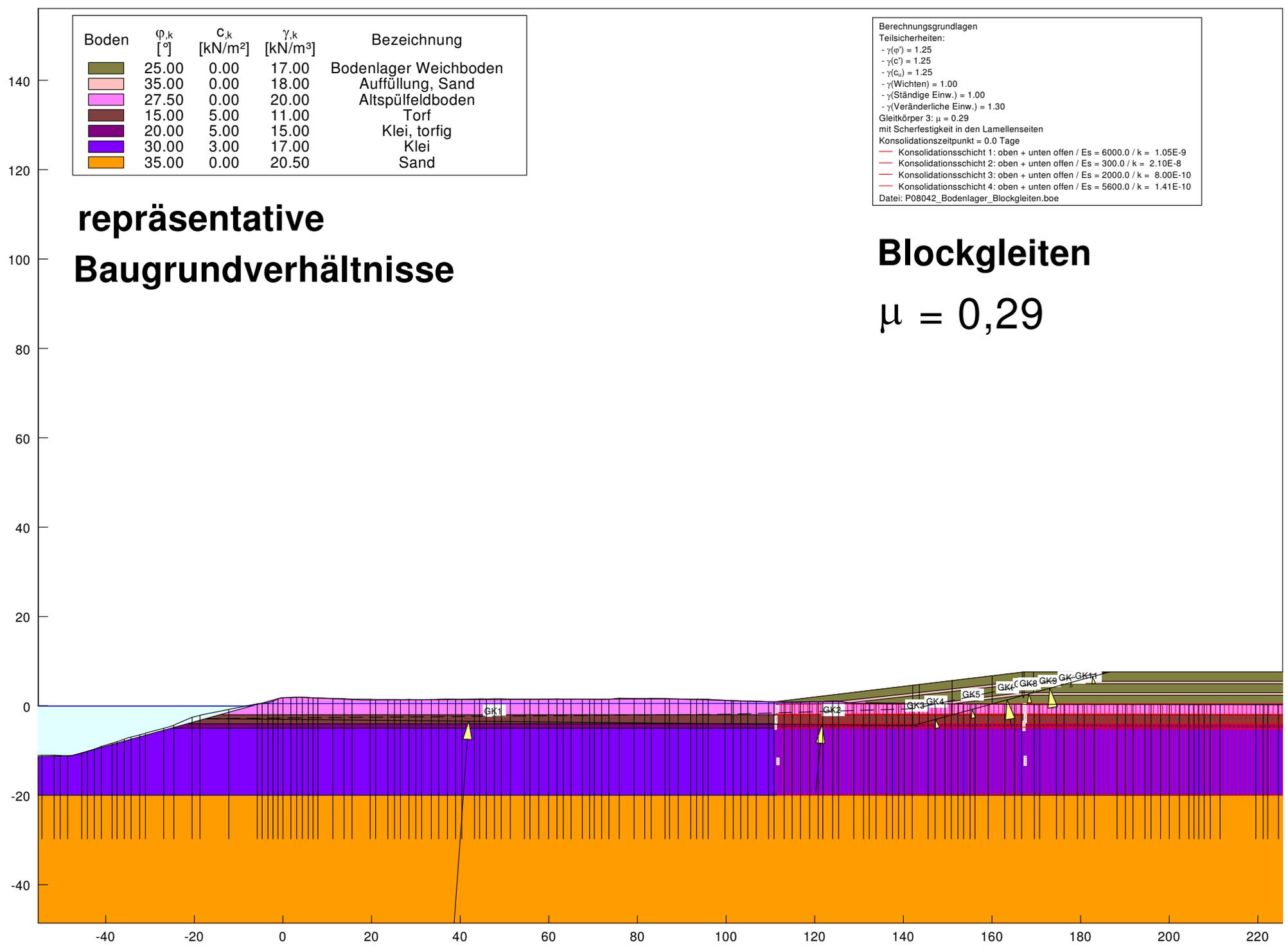
Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.00	17.00	Bodenlager Weichboden
	35.00	0.00	18.00	Auffüllung, Sand
	27.50	0.00	20.00	Altspülfeldboden
	15.00	5.00	11.00	Torf
	20.00	5.00	15.00	Klei, torfig
	30.00	3.00	17.00	Klei
	35.00	0.00	20.50	Sand

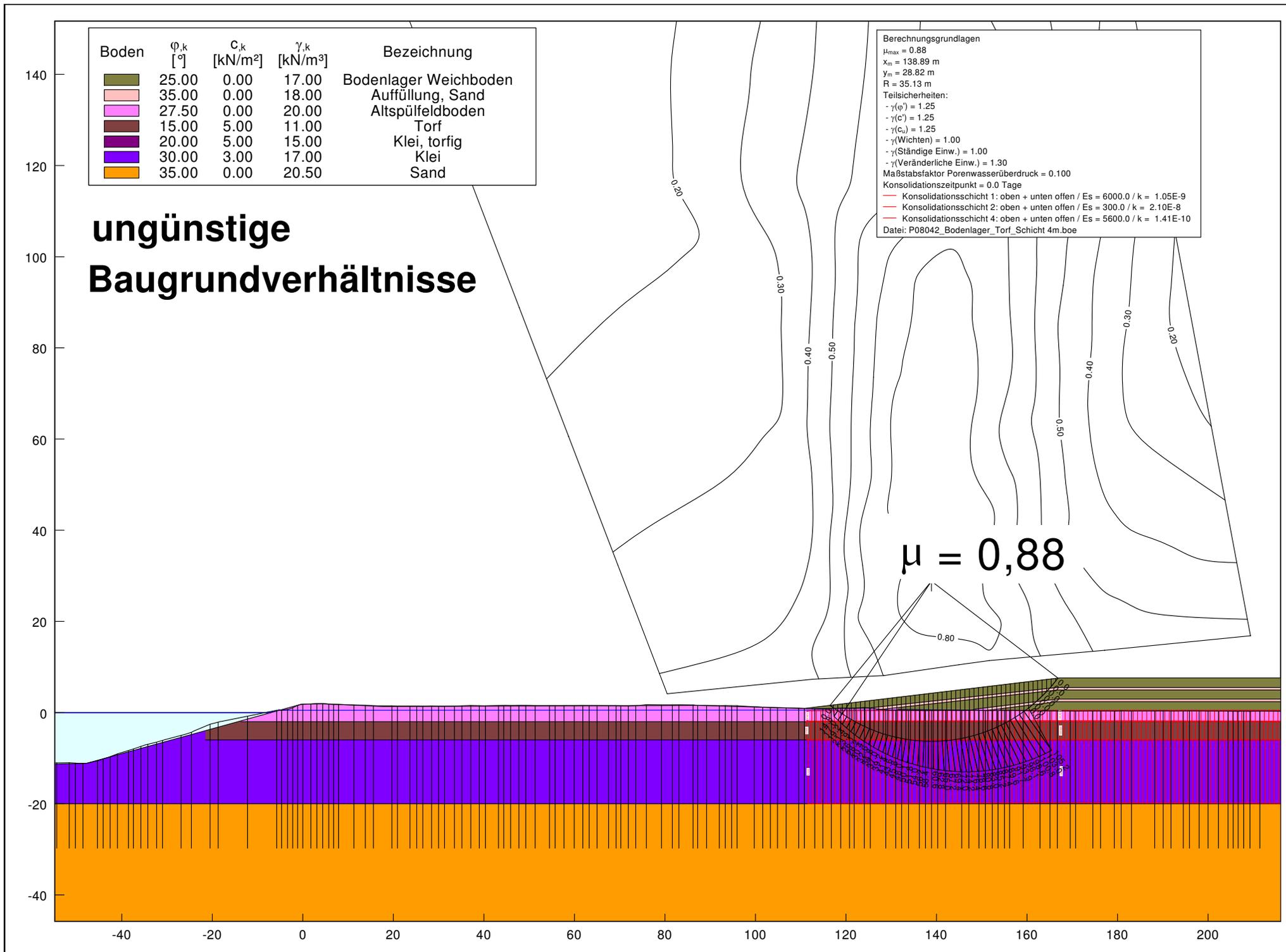
Berechnungsgrundlagen
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Gleitkörper 3: $\mu = 0.29$
 mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten
 Konsolidationszeitpunkt = 0.0 Tage
 - Konsolidationsschicht 1: oben + unten offen / $E_s = 6000.0 / k = 1.05E-9$
 - Konsolidationsschicht 2: oben + unten offen / $E_s = 300.0 / k = 2.10E-8$
 - Konsolidationsschicht 3: oben + unten offen / $E_s = 2000.0 / k = 8.00E-10$
 - Konsolidationsschicht 4: oben + unten offen / $E_s = 5600.0 / k = 1.41E-10$
 Date: P08042_Bodenlager_Blockgleiten.boe

repräsentative Baugrundverhältnisse

Blockgleiten

$\mu = 0,29$





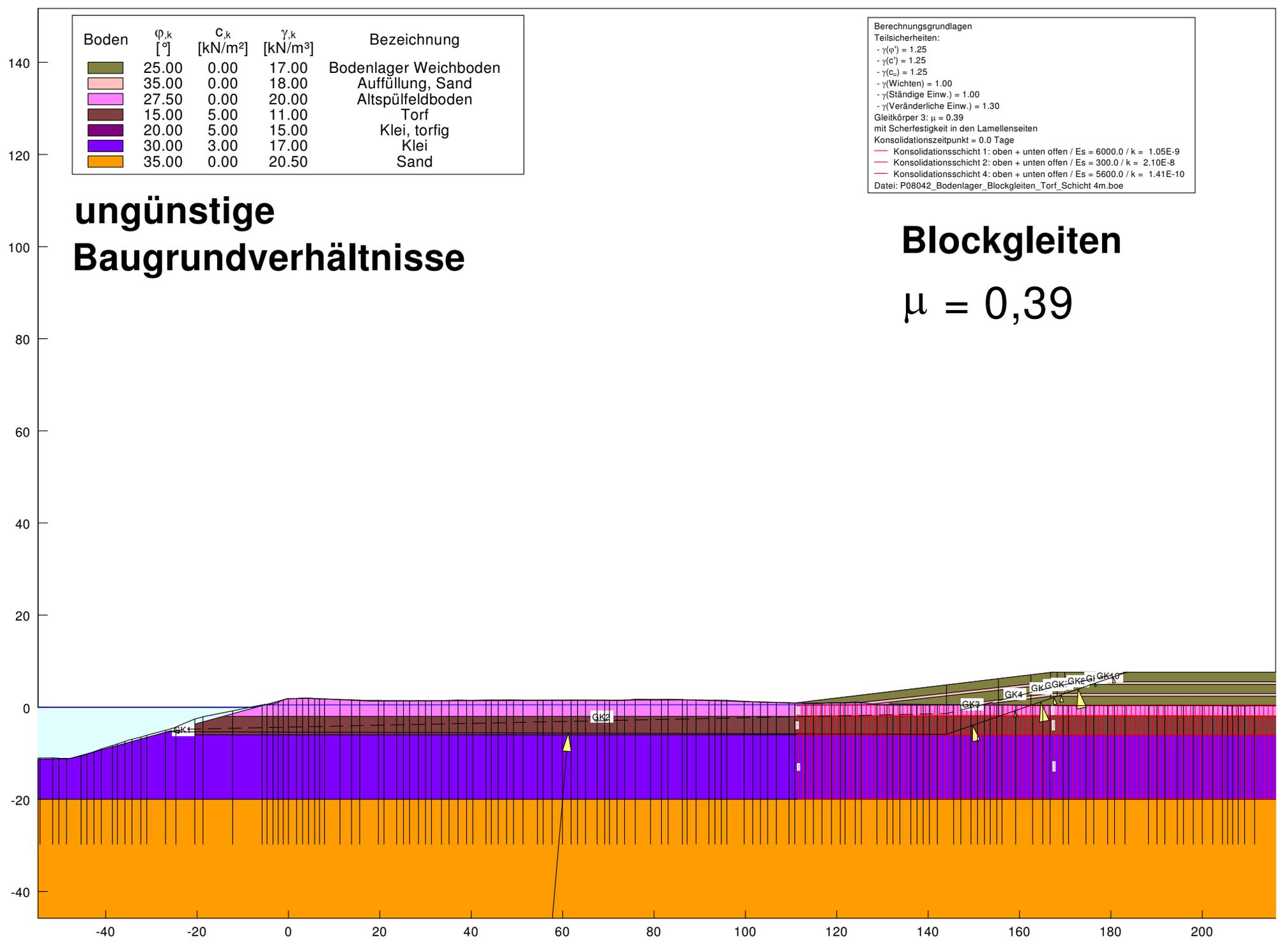
Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	25.00	0.00	17.00	Bodenlager Weichboden
	35.00	0.00	18.00	Auffüllung, Sand
	27.50	0.00	20.00	Altspülfeldboden
	15.00	5.00	11.00	Torf
	20.00	5.00	15.00	Klei, torfig
	30.00	3.00	17.00	Klei
	35.00	0.00	20.50	Sand

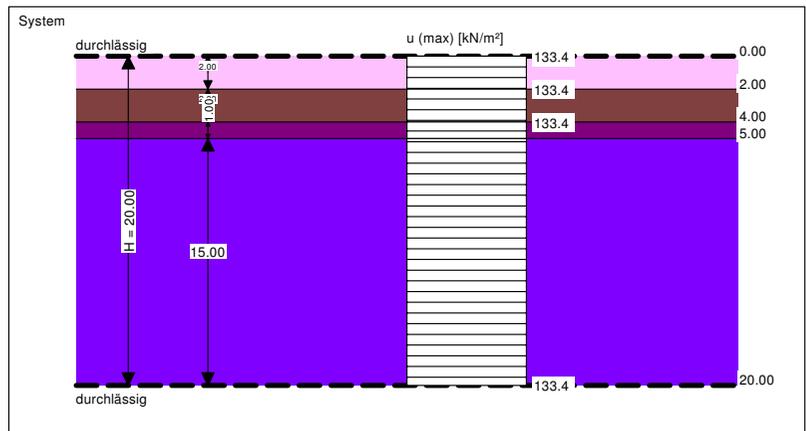
Berechnungsgrundlagen
Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Gleitkörper 3: $\mu = 0.39$
 mit Scherfestigkeit in den Lamellenseiten
 Konsolidationszeitpunkt = 0.0 Tage
 - Konsolidationsschicht 1: oben + unten offen / $E_s = 6000.0 / k = 1.05E-9$
 - Konsolidationsschicht 2: oben + unten offen / $E_s = 300.0 / k = 2.10E-8$
 - Konsolidationsschicht 4: oben + unten offen / $E_s = 5600.0 / k = 1.41E-10$
 Date: P08042_Bodenlager_Blockgleiten_Torf_Schicht 4m.boe

ungünstige Baugrundverhältnisse

Blockgleiten

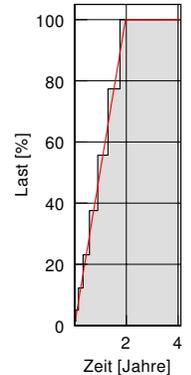
$\mu = 0,39$





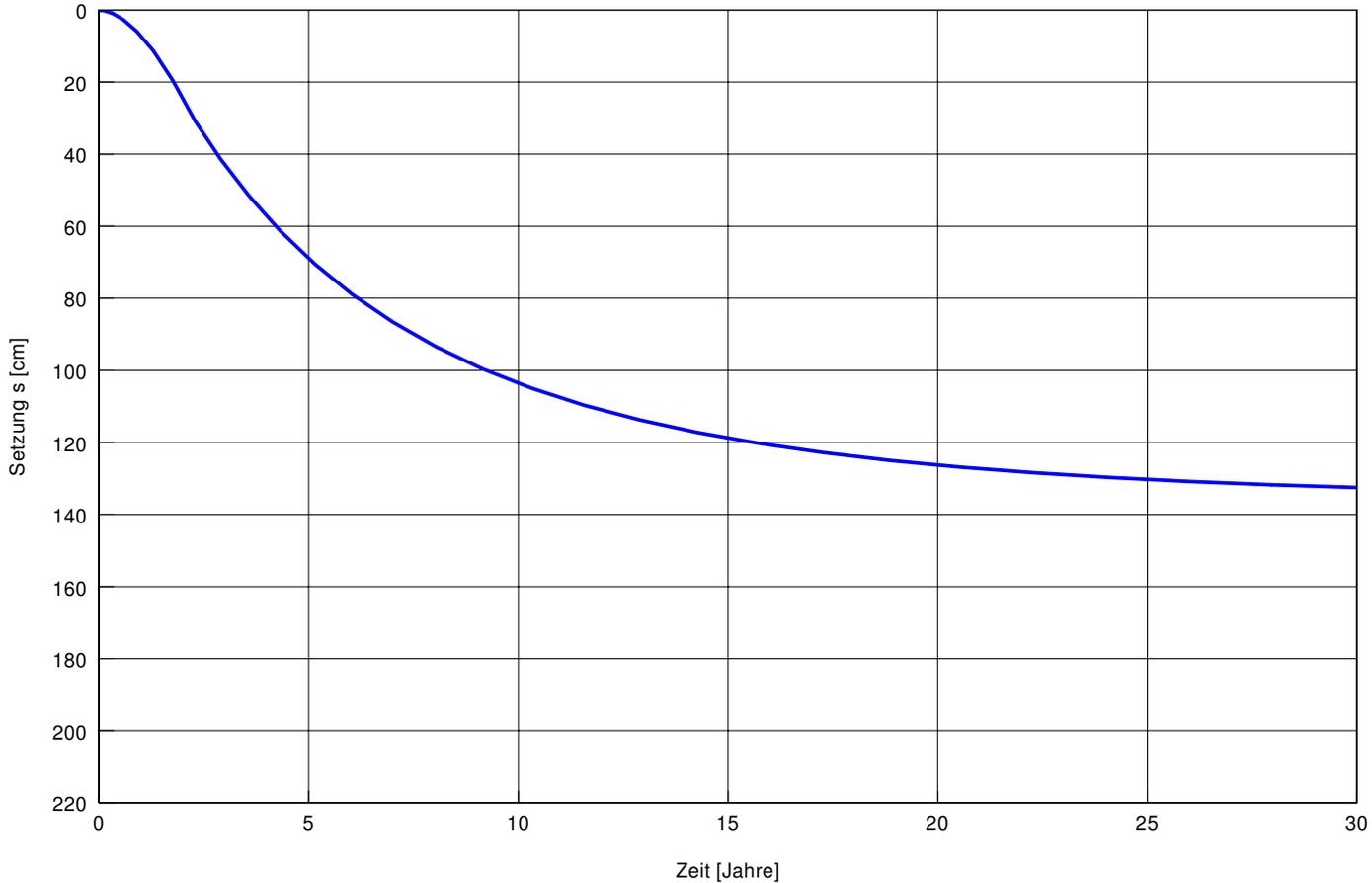
Boden	E_s [MN/m ²]	k [m/s]	c_v [m ² /s]	Bezeichnung
Altspülfeldboden	6.0	$1.05 \cdot 10^{-9}$	$6.30 \cdot 10^{-7}$	Altspülfeldboden
Torf	0.3	$2.10 \cdot 10^{-8}$	$6.30 \cdot 10^{-7}$	Torf
Klei, torfig	2.0	$8.00 \cdot 10^{-10}$	$1.60 \cdot 10^{-7}$	Klei, torfig
Klei	5.6	$1.41 \cdot 10^{-10}$	$7.90 \cdot 10^{-8}$	Klei

Eindimensionale Konsolidationstheorie
 Schrittweite (Tiefe) = 0.050 m
 Endsetzung = 135.782 cm

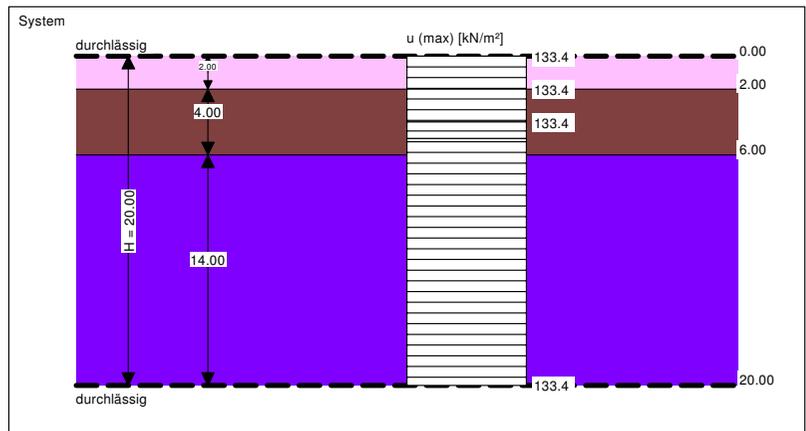


repräsentative Baugrundverhältnisse

Zeit [Jahre]	$T_v^{(1)}$ [-]	U [-]	s [cm]
0.01	0.000	0.000	0.004
0.05	0.002	0.000	0.042
0.15	0.008	0.002	0.276
0.33	0.016	0.008	1.025
0.58	0.029	0.020	2.734
0.90	0.045	0.044	5.960
1.29	0.064	0.084	11.340
1.76	0.087	0.144	19.547
2.29	0.114	0.227	30.845
2.90	0.144	0.305	41.382
3.58	0.178	0.380	51.604
4.32	0.215	0.452	61.351
5.14	0.256	0.519	70.485
6.04	0.300	0.581	78.911
7.00	0.348	0.638	86.575
8.03	0.399	0.688	93.461
9.14	0.454	0.733	99.579
10.32	0.512	0.773	104.965
11.56	0.574	0.808	109.665
12.88	0.640	0.838	113.739
14.27	0.709	0.864	117.251
15.74	0.782	0.886	120.260
17.27	0.858	0.905	122.829
18.87	0.937	0.921	125.013
20.55	1.021	0.934	126.863
22.30	1.107	0.946	128.425
24.12	1.198	0.955	129.739
26.01	1.292	0.964	130.842
27.97	1.389	0.970	131.762
30.00	1.490	0.976	132.528

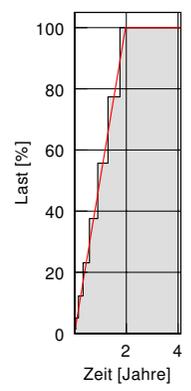


⁽¹⁾ $T_v [-] = c_v(t) \cdot t / H^2$



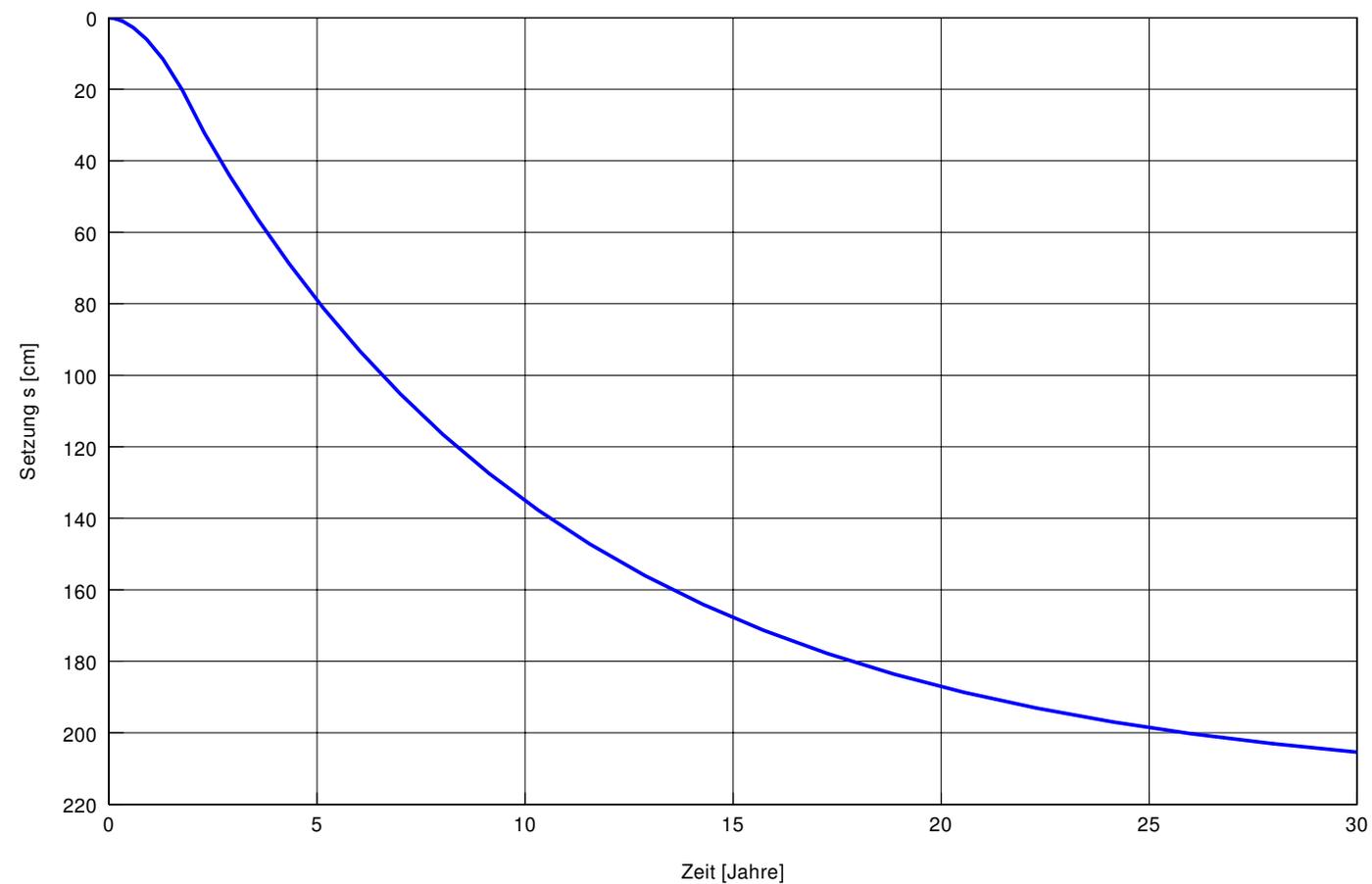
Boden	E _s [MN/m ²]	k [m/s]	c _v [m ² /s]	Bezeichnung
[Pink]	6.0	1.05 * 10 ⁻⁹	6.30 * 10 ⁻⁷	Altspülfeldboden
[Brown]	0.3	2.10 * 10 ⁻⁸	6.30 * 10 ⁻⁷	Torf
[Purple]	5.6	1.41 * 10 ⁻¹⁰	7.90 * 10 ⁻⁸	Klei

Eindimensionale Konsolidationstheorie
Schrittweite (Tiefe) = 0.050 m
Endsetzung = 215.663 cm



ungünstige Baugrundverhältnisse

Zeit [Jahre]	T _v ⁽¹⁾ [-]	U [-]	s [cm]
0.01	0.000	0.000	0.004
0.05	0.002	0.000	0.042
0.15	0.008	0.001	0.276
0.33	0.016	0.005	1.026
0.58	0.029	0.013	2.746
0.90	0.045	0.028	6.024
1.29	0.064	0.054	11.566
1.76	0.087	0.093	20.161
2.29	0.114	0.150	32.249
2.90	0.144	0.205	44.151
3.58	0.178	0.261	56.370
4.32	0.215	0.319	68.751
5.14	0.256	0.376	81.121
6.04	0.300	0.433	93.318
7.00	0.348	0.488	105.196
8.03	0.399	0.541	116.626
9.14	0.454	0.591	127.500
10.32	0.512	0.639	137.737
11.56	0.574	0.683	147.268
12.88	0.640	0.724	156.054
14.27	0.709	0.761	164.079
15.74	0.782	0.794	171.334
17.27	0.858	0.825	177.833
18.87	0.937	0.851	183.606
20.55	1.021	0.875	188.685
22.30	1.107	0.895	193.115
24.12	1.198	0.913	196.949
26.01	1.292	0.928	200.237
27.97	1.389	0.941	203.034
30.00	1.490	0.952	205.395



⁽¹⁾ T_v [-] = c_v(t) * t / H²