

Antragsunterlagen zum
Planfeststellungsverfahren

Neubau der Energietransportleitung

ETL 179.200

Bützfleth - Helmste

Teil F – Materialband

F1-1 – Bodenschutzkonzept

Vorhabenträgerin:



Gasunie Deutschland Transport Services GmbH (GUD)

Pasteurallee 1

30655 Hannover

Tel.: +49 (0)511 640607 -0

E-Mail: projektanfragen@gasunie.de

Internet: www.gasunie.de

Projektleiter: Steffen Reger

Genehmigungsplanung: Anton Kettritz

Generalplaner:



ILF Beratende Ingenieure GmbH

Werner-Eckert-Straße 7

81829 München

Projektleiter: Carles Giro

Genehmigungsplanung:



GZP GmbH

Schauenburgerstraße 116

24118 Kiel

Teilprojektleiter: Philipp Reuter

Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren

Neubau der Energietransportleitung ETL 179.200 Bützfleth - Helmste

F1-1 – Bodenschutzkonzept

Stand: 31.01.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Veranlassung zur Planung	9
1.2	Verwendete Unterlagen	10
1.3	Vorhabenbeschreibung	11
1.3.1	Trassenverlauf	11
1.3.2	Räumlicher und zeitlicher Bauablauf.....	11
1.3.3	Regelrohrgraben.....	11
1.3.4	Arbeitsstreifen.....	12
1.3.5	Stationen	14
1.3.6	Rohrlagerplätze	14
1.4	Rechtliche Grundlagen.....	15
2	Naturräumliche Einordnung des Vorhabengebiets	18
2.1	Vorerkundung	18
2.2	Topologie	18
2.3	Geologie und Ingenieurgeologie	19
2.4	Böden.....	20
2.5	Hydrogeologie.....	27
2.6	Sulfatsaure Böden	29
2.7	Verdichtungsempfindlichkeit	31
2.8	Bodenerosion	32
2.9	Schutzwürdige Böden	34
2.10	Ertragsfähigkeit und Bodenfruchtbarkeit.....	34
2.11	Schutzgebiete	35
3	Potentielle vorhabenbezogene Beeinträchtigungen der Bodenqualität und Funktionserfüllung	36
3.1	Temporäre Bodenbeeinträchtigungen	36
3.1.1	Befahrung	36
3.1.2	Einrichtung temporärer Befestigungen.....	37
3.1.3	Um- und Zwischenlagerung	37
3.2	Dauerhafte Bodenbeeinträchtigungen.....	38
3.2.1	Versiegelung	38
3.2.2	Dauerhafte Einbringung von Fremdmaterial	39
3.2.3	Volumenverlust und Setzungen durch die Wasserhaltung .	40
3.2.4	Abfuhr und Verwertung von überschüssigem Boden.....	41

4	Bodenschutzmaßnahmen in der Bauphase	42
4.1	Bodenkundliche Baubegleitung.....	42
4.2	Bodenmanagement	45
4.2.1	Bodenabtrag	45
4.2.2	Zwischenlagerung.....	48
4.2.3	Wiederherstellung.....	50
4.3	Vermeidung von Erosion	53
4.4	Mineralisches Fremdmaterial	54
4.4.1	Einbau von Fremdmaterial zur Erfüllung technischer Vorgaben	54
4.4.2	Einbau von Fremdmaterial in die durchwurzelbare Bodenschicht landwirtschaftlich genutzter Flächen.....	55
4.5	Mineralisches Abfallmanagement/Verwertung von Ersatzbaustoffen ..	56
4.6	Altlasten und Altlastverdachtsflächen	58
4.7	Bodenfeuchte und mechanische Bodenstabilität	60
4.8	Tiefbauliche Eingriffe in Moore	60
4.9	Tiefbauliche Eingriffe in aktuell oder potentiell sulfatsaure Substrate	61
4.10	Befahren des Bodens.....	62
4.10.1	Maschinenkataster	63
4.10.2	Baustraßen	64
4.11	Wasserhaltung	66
4.12	Gewässerschutz	67
4.13	Gewässerbeschaffenheit	67
4.14	Umgang mit landwirtschaftlichen Drainagen	68
4.15	Umgang mit boden- und wassergefährdenden Stoffen	68
4.16	Rekultivierung.....	70
4.17	Dokumentation	71
4.18	Melioration	72
4.19	Folgebewirtschaftung	73
5	Kommunikation und Vermittlung von bodenschutzrelevanten Informationen	74
6	Quellenverzeichnis	75
6.1	Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke.....	75
6.2	Allgemeine Literatur und Quellen.....	76
Anhang 1: Bodenmanagementberechnungen		80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Höhenprofil der Leitungstrasse	18
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geologische Eigenschaften des Untergrunds im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [III]	19
Tabelle 2: Ingenieurgeologische Eigenschaften des Untergrunds im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [VI]	20
Tabelle 3: Leitbodentypen im Trassenverlauf.....	21
Tabelle 4: Lage der Grundwasseroberfläche im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [V]	27
Tabelle 5: Bodenkundliche Grundwasserstufen Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [IV]	27
Tabelle 6: Während der bodenkundlichen Kartierung [XX] angetroffenen Grundwasserstände (Untersuchungstiefe bis 2 m u. GOK)	28
Tabelle 7: Betroffenheit potentiell sulfatsaurer Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [XII].....	30
Tabelle 8: Ergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen des Versauerungspotentials (nur Proben mit ermittelter negativer SNKn) (gem. bodenkundlichem Kartierbericht Arcadis GmbH).....	31
Tabelle 9: Verdichtungsempfindlichkeit der Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [X] [XI].....	32
Tabelle 10: Erosionsgefährdung der Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [XV].....	33
Tabelle 11: Betroffenheit schutzwürdiger Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [VIII]	34
Tabelle 12: Ertragsfähigkeit (Bodenfruchtbarkeit) der Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [VII]	34
Tabelle 13: Betroffenheiten von Schutzgebieten im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [XVII].....	35
Tabelle 14: Flächen dauerhafter Bodenversiegelung	39
Tabelle 15: Gliederung der Bodenschutzmaßnahmen in der Bauphase	42
Tabelle 16: Abschätzung des Bodenaushubs je Leitbodentyp.....	46
Tabelle 17: Vorgesehene Bodentrennung je Leitbodentyp.....	48

Tabelle 18:	Abschätzung der insgesamt zwischenzulagernden Bodenmengen je Leitbodentyp	49
Tabelle 19:	Rechnerische Ermittlung der erforderlichen Fläche für die Verwertung von Überschussbodenvolumina durch flächige Verteilung im Arbeitsstreifen	52
Tabelle 20:	Berechnung der insgesamt entstehenden Überschussvolumina ¹ ..	56
Tabelle 21:	Bekannte Altstandorte in max. 300 m Entfernung zum Trassenverlauf gem. amtlicher Altlastenauskunft [XXII]	60
Tabelle 22:	Geplante temporäre Baustellenbefestigungen.....	65

Anhänge

Anhang 1	Bodenmanagementberechnungen
----------	-----------------------------

Plananlagen

Plananlage F1-2	Karten zum Bodenschutzkonzept	
Karte 1	Übersichtskarte	M 1:200.000
Karte 2	Übersichtskarte: Geologie	M 1:200.000
Karte 3	Übersichtskarte: Ingenieurgeologie	M 1:200.000
Karte 4	Übersichtskarte: Bodenkunde	M 1:200.000
Karte 5	Übersichtskarte: Sulfatsaure Böden	M 1:200.000
Karte 6	Übersichtskarte: Hydrogeologie	M 1:200.000
Karte 7	Übersichtskarte: Gefährdung der Bodenfunktionen durch Verdichtung	M 1:200.000
Karte 8	Übersichtskarte: Standortsspezifische Verdichtungsempfindlichkeit	M 1:200.000
Karte 9	Übersichtskarte: Ertragsfähigkeit	M 1:200.000
Karte 10	Übersichtskarte: Schutzwürdige Böden und Altlasten	M 1:200.000
Karte 11	Übersichtskarte: Erosion durch Wasser	M 1:200.000
Karte 12	Übersichtskarte: Erosion durch Wind	M 1:200.000
Karte 13	Übersichtskarte: Schutzgebiete	M 1:200.000
Karte 14	Bodenschutzpläne	M 1:5.000

Abkürzungsverzeichnis

AbfklärV	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost
Abs.	Absatz
AG	Auftraggeber
ArL	Amt für regionale Landesentwicklung
BauGB	Baugesetzbuch
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
BBodSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BE	Baustelleneinrichtung
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGU	Baugrunduntersuchung
BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
BioAbfV	Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf Böden
BM	Bodenmaterial
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
Ca.	circa
DepV	Verordnung über Deponien und Langzeitlager
DIN	Deutsches Institut für Normung
DN	Nenndurchmesser
DP	Auslegungsdruck
DüG	Düngegesetz
DüMV	Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln
DüV	Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ErsatzbaustoffV	Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke
etc.	et cetera
ETL	Energietransportleitung
GAPKondV	Verordnung zur Durchführung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik geltenden Konditionalität
gem.	gemäß
ggf.	gegebenenfalls
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GRK	Geotextilrobustheitsklasse

GUD	Gasunie Deutschland Transport Services GmbH
GÜK	Geologische Übersichtskarte
GW	Grundwasser
GWS	Grundwasserstufe
HDD	Horizontal Directional Drilling
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen
insb.	insbesondere
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
lit.	litera
LK	Landkreis
LNG	Liquefied Natural Gas
LNGG	Gesetz zur Beschleunigung des Einsatzes verflüssigten Erdgases
LSG	Landschaftsschutzgebiet
max.	maximal
m u. GOK	Meter unter Geländeoberkante
NHN	Normalhöhennull
Nr.	Nummer
NSG	Naturschutzgebiet
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
OGewV	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer
PFA	Planfeststellungsantrag
ROG	Raumordnungsgesetz
s.	siehe
SNK _N	Nettosäureneutralisationskapazität
u. a.	Unter anderem
ÜSG	Überschwemmungsgebiet
usw.	und so weiter
v. a.	vor allem
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e. V.
vgl.	vergleiche
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

1 Einleitung

1.1 Veranlassung zur Planung

Die Gasunie Deutschland Transport Services GmbH (GUD; Vorhabenträgerin) plant den Neubau und den Betrieb der Energietransportleitung (ETL) 179.200. Die geplante Trasse der ETL 179.200 startet an der Station Bützfleth S2 und schließt hier direkt an die ETL 179.100 an. Die etwa 18 km lange ETL 179.200 verläuft vollständig im Landkreis (LK) Stade und endet südöstlich von Stade in der Ortschaft Hagen.

Die ETL 179.200 ist Teil der Netzentwicklungsplanung nach dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und dient der Versorgungssicherheit mit Erdgas durch die Verstärkung und den Ausbau des Fernleitungsnetzes.

Sie ist als Leitung im Sinne des § 2 Abs. 1 Nr. 6 des LNG-Beschleunigungsgesetzes (LNGG) eine Gasfernleitung, die direkt an eine LNG-Anbindungsleitung nach § 2 Abs. 1 Nr. 3 LNGG angrenzt und für die Weiterleitung der Gasmengen von Anlagen nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 LNGG zwingend erforderlich ist.

Die GUD hat die GZP GmbH mit der Erstellung des vorliegenden Bodenschutzkonzepts beauftragt, welches als Teil der Antragsunterlagen zur Planfeststellung die Berücksichtigung des Schutzguts „Boden“ während des Baus der ETL beschreibt. Das Konzept hat zum Ziel, die Belange des Bodenschutzes im Rahmen der Baumaßnahme vorab zu bewerten, um durch eine Optimierung der Abläufe negative Auswirkungen auf das Schutzgut Boden zu vermeiden und zu minimieren. Zu folgenden Themen wird – auf Grundlage der DIN 19639 [10] – unter anderem Bezug genommen:

- Vorhabenbeschreibung und Planungsvorgaben
- Bodenbezogene Bestandserfassung und Bewertung
- Potentielle Auswirkungen der Baumaßnahme; vorhabenbezogene, zu erwartende Beeinträchtigungen der Bodenqualität und der Funktionserfüllung
- Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen mit konkreter Beschreibung der geplanten Maßnahmenumsetzung
- Empfehlungen zu Rekultivierungs- und Meliorationsmaßnahmen zur Wiederherstellung durchwurzelbarer Bodenschichten
- Vorgehen für die Vermittlung von bodenschutzrelevanten Informationen an die Beteiligten und Dokumentation der Bodenzustände während der Bauphase

Zunächst werden die verwendeten Unterlagen, das Bauvorhaben sowie die einschlägigen rechtlichen Grundlagen beschrieben. Anschließend erfolgt eine Zusammenfassung der bodenkundlichen, geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten im Trassenverlauf. Letztlich werden Anforderungen und konkrete Maßnahmen für eine bodenschonende Umsetzung der geplanten Arbeiten sowie

für die anschließende Rekultivierung der von den Baumaßnahmen betroffenen Flächen während der Bauphase formuliert.

1.2 Verwendete Unterlagen

Die für das Bauvorhaben vorliegenden Daten, welche die Grundlage der Ausführungen in dieser Unterlage bilden, sind im Folgenden sowie im Quellenverzeichnis (vgl. Kapitel 6 dieser Unterlage) aufgelistet.

Öffentlich verfügbare Daten:

- [I] Bodenkundliche Karte (1:50.000)
- [II] Bodenschätzungskarte (1:5.000)
- [III] Geologische Karten (1:50.000; 1:500.000)
- [IV] Karte der Grundwasserstufe (1:50.000)
- [V] Hydrogeologische Übersichtskarte (1:200.000)
- [VI] Ingenieurgeologische Karte (1:50.000)
- [VII] Karte der Ertragsfähigkeit (1:50.000)
- [VIII] Karte der schutzwürdigen Böden (1:50.000)
- [IX] Karte der Geotope (1:50.000)
- [X] Karte der standortabhängigen Verdichtungsempfindlichkeit (1:50.000)
- [XI] Karte der Gefährdung der Bodenfunktionen durch Bodenverdichtung (1:50.000)
- [XII] Karte der sulfatsauren Böden in niedersächsischen Küstengebieten, Tiefenstufe 0-2 m (1:50.000)
- [XIII] Karte der sulfatsauren Böden in niedersächsischen Küstengebieten, Tiefenstufe >2 m (1:50.000)
- [XIV] Standorte bekannter Altlasten und Altablagerungen
- [XV] Landwirtschaftliche Karten von Niedersachsen – Wasser- und Winderosion (1:50.000)
- [XVI] Naturräumliche Regionen und Unterregionen (1:50.000)

- [XVII] Schutzgebiete in Niedersachsen
- [XVIII] Topographische Karten (versch. Maßstäbe)
- [XIX] Luft- und Satellitenbilder

Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Informationen:

- [XX] Bodenkundlicher Kartierbericht; Untersuchungsergebnisse; Arcadis Germany GmbH (11.12.2024)
- [XXI] Geotechnisches Streckengutachten (Baugrunduntersuchung); Untersuchungsergebnisse; Arcadis Germany GmbH (17.07.2024)
- [XXII] Digitale Altlasteninformationen (Behördliche Auskunft)
- [XXIII] Digitale Daten der technischen Planung und der Trassenplanung

1.3 Vorhabenbeschreibung

1.3.1 Trassenverlauf

Die geplante Trasse der ETL 179.200 startet an der Station Bützfleth S2 und verläuft von dort aus südwestlich durch das Kehdinger Moor in Richtung Mittelsdorf. Sie passiert den Stader Ortsteil Haddorf in geringer Entfernung auf westlicher Seite und orientiert sich dann bis südlich von Wiepenkathen in Richtung Süden. Anschließend verläuft sie in südöstlicher Richtung durch die Schwingeniederung bis zum Stader Ortsteil Hagen. Ca. 1,1 km südöstlich von Hagen erreicht die Trasse ihren Endpunkt an der Übergabestation Deinste. Insgesamt beträgt die Leitungslänge damit ca. 17,9 km.

1.3.2 Räumlicher und zeitlicher Bauablauf

Für eine detaillierte Übersicht über den räumlichen und zeitlichen Ablauf der geplanten Baumaßnahme wird an dieser Stelle auf den Erläuterungsbericht der Antragsunterlagen verwiesen (vgl. A1-1 Erläuterungsbericht PFA).

1.3.3 Regelrohrgraben

Das Leitungsrohr der ETL 179.200 besitzt einen Nenndurchmesser von 0,9 m (DN900). Ausgehend von dieser Dimensionierung ergeben sich Anforderungen an den auszuhebenden Regelrohrgraben. Die Mindestüberdeckung (Abstand zwischen der Oberkante des Leitungsrohrs und der Geländeoberkante) muss zum Schutz

der Leitung gem. den Vorgaben des DVGW-Arbeitsblatts G 463 in allen Abschnitten mindestens 1,0 m betragen. Diese Vorgabe wird beim Bau der ETL 179.200 eingehalten, da eine Regelüberdeckung der Leitung von mind. 1,2 m vorgesehen ist und umgesetzt wird. Außerdem ist, in Abhängigkeit der örtlichen Bodeneigenschaften, der Einbau einer mindestens 20 cm mächtigen (Bettungs-)Schicht aus Sand oder anderweitig geeignetem, d. h. ausreichend feinkörnigem und verdichtbarem Material um das Rohr herum vorgesehen. Daraus ergibt sich eine Gesamttiefe des Rohrgrabens von ca. 2,30 m. In Einzelfällen (bspw. offene Querung von Kleingewässern; Gruppen-Beet-Strukturen) kann eine größere Tiefe erforderlich werden, um die Mindestüberdeckung von 1,0 m unterhalb der Geländekante auch in bewegten Geländestrukturen gewährleisten zu können.

Gem. der Vorgaben der DIN 4124 ist der Böschungswinkel von Baugruben mit einer Tiefe von >1,75 m maßgeblich von bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrunds abhängig. Ohne den Nachweis der Standsicherheit ist bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden ein Böschungswinkel von maximal 45° und bei mindestens steifen bindigen Böden ein Winkel von maximal 60° anzusetzen. Für diese beiden Fälle ergeben sich entsprechend unterschiedliche Breiten des Rohrgrabens an der Oberkante:

- 45°: 5,9 m
- 60°: 4,0 m

Je nach Steilheit der Böschung ergeben sich darüber hinaus rechnerisch verschiedene Aushubvolumina, unterschiedliche Dimensionierungen des Zwischenlagers sowie variierende Mengen an Überschussbodenmaterial (vgl. Anhang 1).

In Teil B1-25 der Antragsunterlagen (Regelplan - Rohrgraben und Verfüllung) sind sowohl die Regelbauweise des Rohrgrabens im offenen Gelände, als auch die verbauten Varianten des Rohrgrabens dargestellt. Letztere ermöglichen eine Begrenzung der Grabenbreite auf das erforderliche Minimum. Sie werden zum einen dort eingesetzt, wo die Trasse wenig stabile Böden (Marsch, Moor) durchquert, um die Standsicherheit des Grabens zu gewährleisten. Zum anderen kommen sie für die offene Verlegung in Verkehrsflächen zum Einsatz. In beiden Fällen werden die Seiten des Grabens mittels Spundung stabilisiert.

1.3.4 Arbeitsstreifen

Im Trassenverlauf kommen entsprechend den technischen Anforderungen sowie örtlichen Gegebenheiten verschiedene Arbeitsstreifenvarianten zum Einsatz. Sie unterscheiden sich maßgeblich in ihrer Breite und der Aufteilung der einzelnen Arbeitsbereiche. Grundsätzlich wird zwischen Arbeitsseite (Befahrung durch Bau-

stellenverkehr) und Aushubseite (Zwischenlagerung von Bodenaushub) unterschieden. Es kommen maßgeblich folgende Varianten des Arbeitsstreifens zum Einsatz:

Standard

Im Standardfall besitzt der Arbeitsstreifen eine Gesamtbreite von 38 m (vgl. Teil B1-19 der Antragsunterlagen: ETL 179.200. Regelplan - Arbeitsstreifen – Standard). Auf der Aushubseite steht ausreichend Fläche für die Zwischenlagerung des Unterbodens (B- und C-Boden) zur Verfügung. Auf der Arbeitsseite erfolgt die Befahrung durch den Baustellenverkehr sowie die Zwischenlagerung des Oberbodens.

Eingeengt

In Bereichen, wo aufgrund örtlicher Gegebenheiten (z. B. angrenzende Schutzgüter) eine Einengung des Arbeitsstreifens erforderlich ist, wird die Gesamtbreite auf 32 m verringert (vgl. Teil B1-21 der Antragsunterlagen: ETL 179.200. Regelplan - Arbeitsstreifen - Eingeengt). Wie im Standardfall erfolgt die Zwischenlagerung sowie die Befahrung durch Baustellenverkehr arbeitsseitig des Rohrgrabens und die Zwischenlagerung des Unterbodens (B- und C-Boden) aushubseitig. Die Verringerung der Gesamtbreite erfolgt durch eine Einengung der Baustraße auf eine Spur.

Minimum

Eine weitere Verringerung der Arbeitsstreifenbreite auf insgesamt 18 m stellt das technisch mögliche Minimum dar (vgl. Teil B1-22 der Antragsunterlagen: ETL 179.200. Regelplan - Arbeitsstreifen - Minimum). Dabei besteht die Baustraße lediglich aus einer Fahrspur und es wird auf die Zwischenlagerung von Bodenmaterial im Arbeitsstreifen verzichtet. Aushubbodenmaterial wird temporär in dafür vorgesehene, angrenzende Aufweitungen des Arbeitsstreifens verbracht.

Bündelung

Die Variante „Bündelung“ kommt zum Einsatz, wenn die geplante Leitung aufgrund des Bündelungsprinzips in Parallellage mit erdverlegten Bestandsleitungen verlegt wird und entspricht mit einer Breite von insgesamt 38 m in ihrer Dimensionierung dem Standardfall (vgl. Teil B1-24 der Antragsunterlagen: ETL 179.200 Arbeitsstreifen Bündelung). Der Unterschied besteht in der Aufteilung der Arbeitsbereiche innerhalb des Arbeitsstreifens, welche so eingerichtet wird, dass der Einfluss der ausgeführten Arbeiten auf die Bestandsleitung möglichst minimiert wird.

Spundung

In Trassenabschnitten, in denen aufgrund besonderer Anforderungen eine Verlegung des Leitungsrohrs im offenen Rohrgraben nicht möglich ist, kommt eine Spundung zum Einsatz. Dabei lassen sich zwei verschiedene Fälle unterscheiden. In der Variante „Standard (gespundet)“ besteht die Anforderlichkeit einer Spundung durch instabile Böden, jedoch ist eine Begrenzung der Arbeitsstreifenbreite aufgrund ausreichender Platzverhältnisse nicht erforderlich (38 m) (vgl. Teil B1-20 der Antragsunterlagen: ETL 179.200. Regelplan - Arbeitsstreifen - Gespundet). In Abschnitten, in denen die Trasse durch Gruppen-Beet-Strukturen verläuft sowie für die Querung von anderen Gewässerstrukturen ist für die Einhaltung der Mindestüberdeckung oberhalb der Leitung eine größere Tiefe und damit eine größere potentielle Breite des offenen Grabens erforderlich. Um den flächenhaften Eingriff zu minimieren, wird eine Spundung eingesetzt (vgl. Teil B1-23 der Antragsunterlagen: ETL 179.200. Regelplan - Arbeitsstreifen – Gruppen - Gespundet).

1.3.5 Stationen

Ebenfalls Teil des Bauvorhabens ist die Errichtung einer Streckenarmatur sowie der Übergabestation Deinste (Endpunkt der Trasse), welche jeweils für den regulären Betrieb der Leitung erforderlich sind (vgl. Plananlage F1, Karte 14):

- Übergabestation Deinste
 - Erweiterung des bestehenden Betriebsgeländes um: Ca. 2.500 m²
- Armaturenplatz Wiepenkathen
 - Betriebsgelände: Ca. 260 m²

Für detaillierte Beschreibungen der Baumaßnahmen an den Stationen wird an dieser Stelle auf den Erläuterungsbericht verwiesen (vgl. A1-1 Erläuterungsbericht PFA).

1.3.6 Rohrlagerplätze

Im Trassenverlauf werden an logistisch günstigen Positionen insgesamt vier Rohrlagerplätze errichtet, welche als Zwischenlager für Einzelrohre und andere Materialien dienen und von denen aus die termingerechte Ausfuhr des erforderlichen Materials für den Vorbau der Leitung erfolgt (vgl. Plananlage F1-2, Karte 14).

Gemäß geotechnischen Bemessungen erfolgt der Aufbau der Rohrlagerplätze mittels mineralischer, nicht gebundener Tragschicht, bestehend aus einer Schotterauflage über reißfestem Geotextil/Vlies. Alternativen gemäß DIN 19639 sind grundsätzlich zugelassen.

Der Oberbau erfolgt gemäß folgendem Schichtaufbau:

- Geotextil (vgl. Kapitel 4.10.2 dieser Unterlage)
- Schottertragschicht mit einer Mächtigkeit von 0,30 m bis 0,50 m

In Bezug auf den Unterbau, gelten die Vorgaben gemäß DIN 19639: Bei temporär bis zu max. 6 Monaten beanspruchten Bodenflächen sind die lastverteilenden Schutzmaßnahmen ohne Abtrag des Oberbodens direkt auf dem begrünten Oberboden anzulegen. Die Vegetationsdecke sollte nach Möglichkeit erhalten werden, insbesondere bei Grünlandflächen.

Bei einer Beanspruchungsdauer von über 6 Monaten ist der Oberboden generell abzutragen und an geeigneter Stelle innerhalb des Arbeitsstreifens bzw. der Rohrlagerplätze in Mieten zwischenzulagern. Die Zufahrten und somit die Anschlussbereiche an das öffentliche Straßen- und Wegnetz erfolgt in Asphaltbauweise.

Bei geotechnisch geeignetem Untergrund kann in Abstimmung mit der Bodenkundlichen Baubegleitung das Auslegen von Lastverteilungsplatten in Erwägung gezogen werden.

1.4 Rechtliche Grundlagen

Regelungen zum Bodenschutz finden sich im Baugesetzbuch (BauGB [1]) und insbesondere dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG [3]) sowie der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV [2]) und in der Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) sowie dem ergänzenden technischen Regelwerk.

Während durch § 1a Abs. 2 BauGB lediglich vorgeschrieben ist, dass „Mit Grund und Boden [...] sparsam umgegangen werden (soll) [...]“ und durch § 202 BauGB definiert ist, dass „Mutterboden, der [...] ausgehoben wird [...] vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen [ist]“, enthalten BBodSchG und BBodSchV sowie die ErsatzbaustoffV detailliertere Vorgaben. Die Anwendungsbereiche der jeweiligen Verordnungen unterscheiden sich insofern, als dass die ErsatzbaustoffV Vorgaben für die Verwendung von mineralischen Ersatzbaustoffen (gem. § 2 Nr. 1) in technischen Bauwerken macht, während die BBodSchV die Verwendung von entsprechenden Materialien für das Auf- bzw. Einbringen auf oder in eine Bodenschicht regelt.

Der Zweck des BBodSchG ist nach § 1 „[...] nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren [...] und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu

treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Bodenfunktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden“.

Nach § 2 Abs. 3 BBodSchG sind „schädliche Bodenveränderungen im Sinne dieses Gesetzes [...] Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen“. Dabei ist gem. § 4 Abs. 1 BBodSchG von jeder Person, die auf den Boden einwirkt dafür zu sorgen, dass „[...] schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden“. Es gilt die unter § 7 Satz 2 und 3 BBodSchG erläuterte Vorsorgepflicht einzuhalten: „Vorsorgemaßnahmen sind geboten, wenn wegen der räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen einer Nutzung auf die Bodenfunktionen die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist“.

Der Nachweis über die Entstehung schädlicher Bodenveränderungen ergibt sich insbesondere gem. § 3 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 BBodSchV aus der Messung von Schadstoffgehalten, welche die Vorsorgewerte gem. BBodSchV Anlage 1 Tabelle 1 oder 2 überschreiten oder gem. § 3 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 BBodSchV, wenn „eine erhebliche Anreicherung von anderen Schadstoffen erfolgt, die [...] in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen“. Neben chemischer Belastung sind schädliche Bodenveränderungen gem. § 3 Abs. 1 Satz 1 Nr. 3 BBodSchV auch dann zu besorgen, wenn „physikalische Einwirkungen den Boden verändern und dadurch die natürlichen Funktionen sowie die Nutzungsfunktion als Standort für die land- oder forstwirtschaftliche Nutzung erheblich beeinträchtigt werden können“.

Die BBodSchV definiert in §§ 6 – 8 die Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden zur Sicherung oder Wiederherstellung von Bodenfunktionen, wobei der Ort der Verbringung (auf bzw. in oder unterhalb bzw. außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht) besondere Berücksichtigung findet. Gem. § 6 Abs. 2 ist das „Auf- und Einbringen von Materialien oder die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht [...] nur zulässig, wenn 1. [...] das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung nach § 3 nicht zu besorgen ist und

2. mindestens eine [...] Bodenfunktion nachhaltig verbessert, gesichert oder wiederhergestellt wird.“

Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke finden sich in der ErsatzbaustoffV (siehe Anwendungsbereich gem. § 1 Abs. 1 Nr. 3). Gem. § 19 Abs. 1 dürfen mineralische Ersatzbaustoffe gem. § 2 Nr. 1 nur eingebaut werden, „wenn nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenveränderungen [...] nicht zu besorgen sind“. Dazu werden Materialwerte definiert, welche eine Klassifizierung der Qualität sowie die Definition unzulässiger bzw. zulässiger Einbauweisen erlauben (ErsatzbaustoffV Anlagen 1-3). Als Ausnahmetatbestand gem. § 1 Abs. 2 Nr. 3 lit. a gilt die ErsatzbaustoffV nicht für die „Zwischen- oder Umlagerung mineralischer Ersatzbaustoffe im Sinne des § 2 Nr. 1 im Rahmen der Errichtung, der Änderung oder der Unterhaltung von baulichen und betrieblichen Anlagen, einschließlich der Seitenentnahme von Bodenmaterial und Baggergut“.

Die Vorgaben der einschlägigen technischen Regelwerke und DIN-Normen zum Umgang und der Verwertung von Boden (DIN 19731, DIN 18915, DIN 19639, DVGW G 451) müssen für das geplante Vorhaben berücksichtigt werden. Neben dem BBodSchG und der BBodSchV können einzelne Fragestellungen das BNatSchG, das BImSchG, das DüG, das KrWG, das WHG, das BauGB sowie die ErsatzbaustoffV, die BioAbfV, die DüV, die DüMV, die AbfklärV und die DepV betreffen.

2 Naturräumliche Einordnung des Vorhabengebiets

2.1 Vorerkundung

Diesem Gutachten liegen die Ergebnisse einer bodenkundlichen Kartierung [XX] entlang der geplanten Trasse zugrunde, welche im Zuge der Baugrunduntersuchung (BGU) [XXI] durchgeführt wurde. Diese umfassen detaillierte Angaben zu Bodenarten, -typen und Schichtungen der im Trassenverlauf anstehenden Böden und stellen die Grundlage für das vorliegende Bodenschutzkonzept dar. Insgesamt wurden 179 Pürckhauer-Bohrstocksondierungen bis in eine Tiefe von ca. 2 m u. GOK durchgeführt, welche in einem bodenkundlichen Gutachten durch die *Arcadis Germany GmbH* ausgewertet wurden ([61]).

Für jedes aufgenommene Bodenprofil wurde gem. bodenkundlicher Kartieranleitung (KA5) der Mindestdatensatz für die Ermittlung und Bewertung von Bodenfunktionen (gem. Definition nach § 2 BBodSchG) [3] erfasst. Der Mindestdatensatz gem. DIN19639 [19] ist hierdurch ebenfalls vollständig abgedeckt. Für ausgewählte Untersuchungspunkte, welche im Verbreitungsgebiet potentiell sulfatsaurer Substrate liegen (Elbmarsch) wurden während der Baugrunduntersuchung Proben aus den Bohrprofilen entnommen und hinsichtlich ihres Versauerungspotentials analysiert (vgl. Kapitel 2.6 dieser Unterlage).

2.2 Topologie

Der Untersuchungsraum ist durch eine zwischen -1 m NHN und 22 m NHN ansteigende bzw. abfallende Topologie gekennzeichnet (\varnothing 8 m NHN; vgl. Abbildung 1). Insbesondere im Verlaufe der ersten 7,5 km ab dem Startpunkt der Trasse bei Götzdorf ist das Gelände mit Maximalwerten von bis zu 8 m NHN überwiegend flach (Kehdinger Moor). Anschließend steigen die Geländehöhen bis zu ihrem Maximum von 22 m NHN bei Wiepenkathen kontinuierlich an, bevor sie in Richtung der Schwinge-Niederung wieder auf 1 m NHN abfallen. Im letzten ca. 6,5 km langen Trassenabschnitt erhöht sich das Gelände wiederum auf bis zu 21 m NHN am Zielpunkt der Leitung südlich von Steinbeck.



Abbildung 1: Höhenprofil der Leitungstrasse

2.3 Geologie und Ingenieurgeologie

Das Projektgebiet befindet sich im Nordwestdeutschen Tiefland, in der Stader Elbmarsch sowie in der Stader (bzw. Zevener) Geest [XVI].

Gem. der geologischen Übersichtskarte 1:500.000 [III] ist die Landschaft im Trassenverlauf maßgeblich durch Schmelzwasser- und Geschiebeablagerungen der Saale-Kaltzeit sowie durch holozäne Gezeitenablagerungen und Moorsubstrate geprägt.

In Tabelle 1 ist die Trasse entsprechend ihrer geologischen Betroffenheiten gem. geologischer Karte 1 : 500.000 (GÜK500) Niedersachsen [III] ausgewertet und in Plananlage F1-2 (Karte 2) kartographisch dargestellt. Im nördlichen Abschnitt der geplanten Trasse (ca. 2,6 km) treten aufgrund der Nähe zur Elbe Brackwasser- und Gezeitenablagerungen auf. Anschließend durchquert die Leitung auf einer Länge von ca. 4,6 km m das Kehdinger Moor, wo torfige Niedermoorsubstrate anstehen. Diese sind lediglich durch einen ca. 1,1 km langen Geestabschnitt unterbrochen, in dem Geschiebelehm/-mergel vorliegen. In den darauffolgenden ca. 7,7 km dominieren Schmelzwasserablagerungen der Saale-Kaltzeit, welche im Wechsel mit kleinräumigen Abschnitten aus Hoch- und Niedermoortorfen der Schwinge-Moore stehen. Die südlichen ca. 2,9 Trassenkilometer sind wiederum durch Geschiebelehme/-mergel geprägt.

Tabelle 1: Geologische Eigenschaften des Untergrunds im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [III]

Geologie	Länge [km]	Anteil [%]
Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit/Sand, Kies//Schmelzwasserablagerungen	Ca. 5,6	Ca. 31,3
Holozän/Torf, z.T. Mudde//Niedermoor, z.T. Seeablagerungen	Ca. 4,9	Ca. 27,2
Jüngeres Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit/Schluff/Jüngere Grundmoräne (Geschiebelehm, -mergel)	Ca. 4,0	Ca. 22,6
Holozän/Schluff/tonig/ fluviale Gezeitenablagerungen	Ca. 1,6	Ca. 8,9
Holozän/Schluff/tonig/ Brackwasserablagerungen	Ca. 1,0	Ca. 5,7
Holozän/Torf//Hochmoor	Ca. 0,8	Ca. 4,3
Summe	Ca. 17,9	100

In Tabelle 2 ist die Trasse entsprechend ihrer ingenieurgeologischen Betroffenheiten ausgewertet (gem. ingenieurgeologischer Karte 1 : 50.000 (IGK50) Niedersachsen) [VI].

Hinsichtlich der ingenieurgeologischen Eigenschaften des Untergrunds ergibt die Auswertung, dass vor allem im Marschenbereich sehr gering bis gering konsolidierte bindige Lockergesteine mit weicher Konsistenz (z.T. organisch) vorkommen (ca. 17 %; vgl. Plananlage F1-2, Karte 3). Abschnitte, in denen Geschiebelehme/-mergel anstehen sind überwiegend als mäßig bis gut konsolidierte gemischtkörnige, bindige Lockergesteine klassifiziert (ca. 37 %).

Insgesamt ca. 27 % der ingenieurgeologischen Betroffenheit fällt auf nichtbindige, grobkörnige Lockergesteine, vor allem im Bereich der Schmelzwasserablagerungen. Darüber hinaus ergeben die organischen Lockergesteine der abschnittsweise auftretenden Mooregebiete in Summe ca. 18 %.

Tabelle 2: Ingenieurgeologische Eigenschaften des Untergrunds im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [VI]

Ingenieurgeologie/Baugrundklasse	Länge [km]	Anteil [%]
Mäßig bis gut konsolidierte gemischtkörnige, bindige Lockergesteine, lagenweise Sand und Kies	Ca. 6,7	Ca. 37,3
Nichtbindige, grobkörnige Lockergesteine, überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert	Ca. 4,9	Ca. 27,4
Sehr gering bis gering konsolidierte bindige Lockergesteine, weich, z.T. organisch, lagenweise Torf und Sand	Ca. 3,0	Ca. 17,0
Organische und biogene Lockergesteine	Ca. 2,2	Ca. 12,1
Organische Lockergesteine über nichtbindigen, grobkörnigen Lockergesteinen, überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert	Ca. 1,1	Ca. 6,3
Summe	Ca. 17,9	100

2.4 Böden

Das Vorhabengebiet befindet sich zu etwa einem Drittel in der Bodenregion des „Küstenholozän“ und zu etwa zwei Dritteln in der Bodenregion der „Geest“. Betroffene Bodengroßlandschaften sind „Küstenmarschen“ sowie „Geestplatten und Endmoränen“ [I].

Die Bodentypen im Trassenverlauf wurden durch Auswertung der online verfügbaren Bodenkarten des Landes Niedersachsen [I] (vgl. Plananlage F1-2, Karte 4) erfasst und mit den aus der durchgeführten, bodenkundlichen Kartierung [XX] gewonnenen Informationen kombiniert, um eine möglichst umfassende Datengrundlage zu schaffen. Anhand der daraus ableitbaren Erkenntnisse lassen sich die Böden im Planungsgebiet in sechs bodenkundliche Homogenbereiche (Leitbodentypen) unterteilen.

1. Marschböden: Kleimarsch (über tiefem Erdniedermoor)
2. Geestböden (sandig): Gley/Pseudogley/Podsol/Braunerde/
Trepasol
3. Geestböden (bindig): Gley/Pseudogley/Podsol/Braunerde/
Trepasol
4. Flachgründige Moore: Erdniedermoor (über Gley)
5. Tiefgründige Moore: Erdniedermoor (über tiefem Gley)
6. Anthropogene Böden: Plaggenesch(-Pseudogley)/
Pseudogley-Plaggenesch

Tabelle 3: Leitbodentypen im Trassenverlauf

<p>Marschböden Trassenkilometer 00+000 bis 02+300</p> <p><u>Bodentypen und Subtypen</u> Kleimarsch (MN) Kleimarsch//Niedermoor (MN//HN)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bodengruppen UL, UM, TM, TA, OU, OT, (lagenweise HZ, HN, SE) ▪ Sehr hohe bis äußerst hohe Verdichtungsempfindlichkeit ▪ Bei hohen Bodenfeuchteverhältnissen schlechte Befahrbarkeit ▪ Oberflächenentwässerung über Gräben ▪ Überwiegend mittlere bis sehr hohe Bodenfruchtbarkeit ▪ Überwiegend landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau/Grünland) ▪ Geringe hydraulische Leitfähigkeit ▪ Grundwasserstand zwischen 0,6 m u. GOK und 1,6 m u. GOK ▪ Generell Dreifachbodentrennung: <u>A-Boden</u>: Ap, Ah <u>B-Boden</u>: Gro <u>C-Boden</u>: Gr, Gor, Ghr, IIHr 	<p>Der erste, 2,3 km lange Trassenabschnitt bis zum Kehdinger Moor liegt im Bereich der Elbmarschen. Die vorkommenden Substrate umfassen sehr gering bis gering konsolidierte bindige Lockergesteine (weich, schluffig, tonig, z.T. organisch, lagenweise Torf und Sand).</p> <p>Für die betroffenen Böden ist mit einer sehr hohen bis äußerst hohen Verdichtungsempfindlichkeit zu rechnen. Die Befahrbarkeit ist bei hohen Bodenfeuchteverhältnissen schlecht und die Tragfähigkeit sehr gering bis gering.</p> <p>Die Landnutzung in den entsprechenden Bereichen ist landwirtschaftlich geprägt und die Böden besitzen eine sehr geringe bis äußerst hohe Ertragsfähigkeit (Bodenzahl: 55-82; Ackerzahl: 55-77).</p>
---	---

Geestböden (sandig)

Trassenkilometer

04+500 bis 04+750
 05+200 bis 05+350
 05+800 bis 06+050
 07+050 bis 07+200
 07+900 bis 08+100
 08+400 bis 08+550
 08+700 bis 08+950
 09+100 bis 09+400
 09+700 bis 11+300
 11+650 bis 12+600
 13+750 bis 14+350
 14+700 bis 15+050
 15+350 bis 15+450
 16+250 bis 16+500
 17+550 bis 17+900

Bodentypen und Subtypen

Gley (GG)

Gley-Podsol (GG-PP)

Gley-Braunerde (GG-BB)

Podsol (PP)

Podsol-Gley (PP-GG)

Podsol-Braunerde (PP-BB)

Pseudogley (SS)

Pseudogley-Braunerde (SS-BB)

Pseudogley-Podsol (SS-PP)

Braunerde (BB)

Braunerde-Podsol (BB-PP)

Braunerde-Pseudogley (BB-SS)

Pseudogley-Podsol (SS-PP)

Trepisol (YU)

Gley-Trepisol (GG-YU)

- Bodengruppen SU*, ST*, SE, SW, SU, GE, GW, GU, OH
- Überwiegend sehr geringe bis geringe Verdichtungsempfindlichkeit
- Mittlere bis gute/hohe Befahrbarkeit/Tragfähigkeit
- Oberflächenentwässerung über Gräben und Drainagen
- Überwiegend (sehr) geringes bis mittleres Ertragspotential
- Überwiegend landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau/Grünland)

Der größte Teil der Trasse liegt im Bereich der Geest (Geestplatten und Endmoränen). Abschnittsweise verläuft sie dabei durch Böden, welche als Hauptbodenart Sand und nur geringe Mengen an Schluff und Ton besitzen. Solche Substrate besitzen die vergleichsweise größte Widerstandsfähigkeit gegenüber der geplanten Baumaßnahmen und sind im Rahmen dieses Konzeptes als eigener Leitbodentyp ausgewiesen.

Im Rahmen dieses Konzeptes wurden sandige Geestböden dadurch definiert, dass nach Oberbodenabtrag (ca. 0,3 m) sandige Substrate (Bodenarten Ss bis Su3) in einer Mächtigkeit von mind. 1,0 m anstehen.

Betroffene Abschnitte kommen südlich des Kehdinger Moors über die gesamte Trasse gleichmäßig verteilt vor.

Die Substrate umfassen in erster Linie Fluss- und Schmelzwasserablagerungen.

Für die betroffenen Böden ist mit einer sehr geringen bis geringen Verdichtungsempfindlichkeit zu rechnen. Die Befahrbarkeit und Tragfähigkeit sind grundsätzlich mittel bis gut bzw. hoch.

Die Landnutzung in den entsprechenden Bereichen ist landwirtschaftlich geprägt und die Böden besitzen überwiegend eine sehr geringe bis mittlere Ertragsfähigkeit (Bodenzahl: 18-37; Ackerzahl: 20-37).

- Gute hydraulische Leitfähigkeit
- Grundwasserstand zwischen 0,9 m u. GOK und >2,0 m u. GOK
- Generell Dreifachbodentrennung:
 - A-Boden
(R-) Ap, Ah(e), Ae
 - B-Boden
(R+) B(s)h, B(h)s, B(h)v, G(r,h)o, Sw(-Bv)
 - C-Boden
C(v), G(o,h)r, Sd

Geestböden (bindig)

Trassenkilometer

04+850 bis 05+200
 05+350 bis 05+800
 06+050 bis 06+950
 07+200 bis 07+900
 08+100 bis 08+300
 08+550 bis 08+700
 09+400 bis 09+700
 11+300 bis 11+650
 15+450 bis 15+550
 16+500 bis 17+300
 17+400 bis 17+550

Bodentypen und Subtypen

Gley (GG)
 Gley-Podsol (GG-PP)
 Gley-Braunerde (GG-BB)
 Gley-Trepsol (GG-YU)
 Podsol (PP)
 Podsol-Trepsol (PP-YU)
 Pseudogley (SS)
 Pseudogley-Braunerde (SS-BB)
 Pseudogley-Podsol (SS-PP)
 Braunerde (BB)
 Trepsol (YU)

- Bodengruppen SU*, ST*, SE, SW, SU, GE, GW, GU, OH, UL, UM, TM, TL-TA
- Überwiegend geringe bis stellenweise äußerst hohe Verdichtungsempfindlichkeit
- Bei trockenen Bodenverhältnissen mittlere bis gute Befahrbarkeit, bei nassen Bodenverhältnissen

Trassenabschnitte in der Geest betreffen bereichsweise Böden, welche aufgrund eines höheren Anteils an Schluff und Ton einen stärker bindigen Charakter besitzen. Solche Substrate sind aus bodenkundlicher Perspektive anders zu behandeln als sandige Geestbereiche, da sie grundsätzlich anfälliger gegenüber physikalischen Bodenschädigungen sind.

Betroffene Abschnitte kommen südlich des Kehdinger Moors über die gesamte Trasse gleichmäßig verteilt vor.

Die Substrate umfassen in erster Linie Geschiebelehm und -mergel.

Für die betroffenen Böden ist mit einer geringen bis stellenweise äußerst hohen Verdichtungsempfindlichkeit zu rechnen. Die Befahrbarkeit ist bei trockenen Bodenverhältnissen mittel bis gut, bei nassen Verhältnissen mittel bis schlecht.

Die Landnutzung in den entsprechenden Bereichen ist landwirtschaftlich geprägt und die Böden besitzen überwiegend eine geringe bis mittlere Ertragsfähigkeit (Bodenzahl: 18-32; Ackerzahl: 36-39).

mittlere bis schlechte Befahrbarkeit.

- Oberflächenentwässerung über Gräben und Drainagen
- Überwiegend geringes bis mittleres Ertragspotential
- Überwiegend landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau/Grünland)
- Mittlere hydraulische Leitfähigkeit
- Grundwasserstand zwischen 0,8 m u. GOK und >2,0 m u. GOK
- Generell Dreifachbodentrennung:
 - A-Boden
(R-) Ap, Ah(e), Ae
 - B-Boden
(R+) B(s)h, B(h)s, B(h)v, G(r,h)o, Sw
 - C-Boden
C(v), G(o)r, Sd

Flachgründige Moore

Trassenkilometer

02+300 bis 02+450

06+950 bis 07+050

08+950 bis 09+100

17+300 bis 17+400

Bodentypen und Subtypen

Erdniedermoor (KVn)

Erdniedermoor ü. Gley (KVn/GG)

- Bodengruppen HZ, HN, F über SE, SW, SU, GE GW, GU
- Sehr hoch verdichtungsempfindlich
- Sehr schlechte Befahrbarkeit sowohl bei nassen als auch bei trockenen Bodenverhältnissen
- Oberflächenentwässerung über Gräben
- Überwiegend geringes bis sehr geringes Ertragspotential
- Überwiegend landwirtschaftliche Nutzung (Grünland)
- Mittlere hydraulische Leitfähigkeit
- Grundwasserstand zwischen 0,8 m u. GOK und 1,8 m u. GOK

Die Trasse verläuft abschnittsweise durch die Moore der Geest und beeinflusst somit organische (Torf-) Böden. Aufgrund der Mächtigkeit der organischen Schichten lassen sich flachgründige von tiefgründigen Mooren unterscheiden.

Flachgründige Moore besitzen eine Mächtigkeit von durchschnittlich ca. 55 cm (vereinzelt max. 70 cm) und sind von Geestböden unterlagert. Sie treten vorwiegend als anthropogen stark veränderte (kultivierte), vererdete Hoch- und Niedermoorböden auf, weshalb mineralische Oberbodenhorizonte vorliegen.

Die Landnutzung im entsprechenden Bereich ist landwirtschaftlich geprägt (Bodenzahl: 28-42; Ackerzahl: 28-42) und die Böden besitzen überwiegend eine sehr geringe bis geringe Ertragsfähigkeit.

Für die betroffenen Böden ist mit einer äußerst hohen Verdichtungsempfindlichkeit und einer schlechten Befahrbarkeit des Bodens zu rechnen. Beide sind geringfügig besser zu bewerten als für „tiefgründige Moore“.

Eine besondere Gefährdung besteht für die organischen Substrate durch eine potentielle Mineralisierung nach Grundwasserabsenkung bzw. Aushub und Zwischenlagerung durch den Kontakt mit Sauerstoff.

- Generell Dreifachbodentrennung:
A-Boden
Ah
B-Boden
nHw
C-Boden
G(o)r, G(h)o, (II) C(v)

Da der im organischen Material gebundene Kohlenstoff so freigesetzt werden und in die Atmosphäre gelangen kann, besitzen Moorböden eine große Klimawirksamkeit. Um den Torfabbau zu verhindern, werden während des Bauablaufs entsprechende Maßnahmen ergriffen (z. B. Feuchthalten von Torfmieten; vgl. Kapitel 4.8 dieser Unterlage).

Tiefgründige Moore

Trassenkilometer

02+450 bis 04+500

04+750 bis 04+850

08+300 bis 08+400

12+600 bis 13+750

Bodentypen und Subtypen

Erdniedermoor (KVn)

Erdniedermoor ü. tiefem Gley (KVn/GG)

- Bodengruppen HZ, HN, F
- Sehr hoch verdichtungsempfindlich
- Sehr schlechte Befahrbarkeit sowohl bei nassen als auch bei trockenen Bodenverhältnissen
- Überwiegend äußerst bis sehr geringes bis geringes Ertragspotenzial
- Überwiegend landwirtschaftliche Nutzung (Grünland)
- Mittlere hydraulische Leitfähigkeit
- Grundwasserstand zwischen 0,4 m u. GOK und 1,9 m u. GOK; Ø 1,3 m u. GOK
- Generell Dreifachbodentrennung:
A-Boden
nHv, Ah, Ap, F
B-Boden
nHw F, Go
C-Boden (maßgeblich abhängig vom Grundwasserstand)
IIGr, IIGo, Cv

Tiefgründige Moore besitzen eine Mächtigkeit der organischen Horizonte von durchschnittlich 1,55 m. Die Landnutzung im entsprechenden Bereich ist landwirtschaftlich geprägt (Bodenzahl: 24-39; Ackerzahl: 24-39) und die Böden besitzen überwiegend eine sehr geringe bis äußerst geringe Ertragsfähigkeit.

Für die betroffenen Böden ist mit einer äußerst hohen Verdichtungsempfindlichkeit und einer schlechten Befahrbarkeit zu rechnen.

Wie auch für die flachgründigen Moore besteht für tiefgründige Moore die Gefahr der Mineralisierung von organischem Material und der damit einhergehenden Volumenabnahme sowie Freisetzung von CO₂. Die entsprechenden Schutzmaßnahmen gelten gleichermaßen (vgl. „Flachgründige Moore“; Kapitel 4.8 dieser Unterlage).

Anthropogene Böden (Plaggensch)

Trassenkilometer

14+350 bis 14+750

15+050 bis 15+350

15+550 bis 16+250

Bodentypen und Subtypen

Plaggensch (YE)

Pseudogley-Plaggensch (SS-YE)

Plaggensch-Pseudogley (YE-SS)

- Bodengruppen SU*, ST*, UM, TM, SE, SW, SU, GE, GW, GU
- Geringe Verdichtungsempfindlichkeit
- Bei trockenen Bodenverhältnissen mittlere bis gute Befahrbarkeit, bei nassen Bodenverhältnissen mittlere Befahrbarkeit.
- Oberflächenentwässerung über Gräben und Drainagen
- Mittleres Ertragspotential
- Landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau)
- Mittlere bis gute hydraulische Leitfähigkeit
- Grundwasserstand 1,3 m u. GOK und >2 m u. GOK
- Generell Vierfachbodentrennung¹:
A-Boden
Ap, Ah
B-Boden
(Sw-)E
C1-Boden
IIBv, IISw
C2-Boden
Cv, Sd
- Wo keine zusätzliche Trennung des Unterbodens erforderlich ist Dreifachbodentrennung¹:
A-Boden
Ap, Ah
B-Boden
E
C-Boden
C(v)

Südöstlich der Schwinge-Niederung kommen auf einer Länge von ca. 2 km im Trassenverlauf Plaggensch vor. Diese Böden bilden aufgrund ihres besonderen Schutzstatus (vgl. Ziffer 2.9) einen eigenen Leitbodentyp. Ihre Entstehungsgeschichte ist stark durch anthropogenen Einfluss geprägt, weshalb sie

eine besondere kulturhistorische Bedeutung besitzen. Um die Böden nicht nachhaltig zu verändern, ist es erforderlich die Esch-Horizonte zu separieren, gesondert zwischenzulagern und nach Abschluss der Baumaßnahme schichtenkonform rückzufüllen.

Für die betroffenen Böden ist mit einer meist geringen Verdichtungsempfindlichkeit zu rechnen. Die Befahrbarkeit ist bei trockenen Bodenverhältnissen mittel bis gut, bei nassen Verhältnissen mittel.

Die Landnutzung in den entsprechenden Bereichen ist landwirtschaftlich (ackerbaulich) geprägt und die Böden besitzen eine hohe Ertragsfähigkeit (Bodenzahl: 25-37; Ackerzahl: 28-37).

¹Verortung s. Plananlage F1, Karte 14

2.5 Hydrogeologie

Die geplante Leitung liegt im hydrogeologischen Großraum „Nord- und mitteldeutsches Lockergesteinsgebiet“ bzw. in den zwei hydrogeologischen Räumen „Nord- und mitteldeutsches Mittelpleistozän“ und „Marschen“. Die Trasse befindet sich zum überwiegenden Anteil im hydrogeologischen Teilraum „Zevener Geest“ und zu einem geringeren Anteil in der „Elbmarsch“ [V].

Gem. der hydrogeologischen Übersichtskarte im Maßstab 1 : 200.000 [V] liegt die mittlere Grundwasseroberfläche im Vorhabengebiet zwischen minimal >0 m bis 1 m NHN und maximal >10 m bis 15 m NHN (vgl. Tabelle 4 und Plananlage F1-2, Karte 6). Entsprechend der Karte der Grundwasserstufe (GWS) [IV] sind die niedrigsten Grundwasserflurabstände am Startpunkt der Trasse im Bereich Elbmarsch (GWS=1) und die größten Abstände im Bereich der Geest (Schmelzwasserablagerungen/Geschiebelehm bzw. -mergel; GWS=7) zu erwarten (vgl. Tabelle 5).

Im Zuge der Bodenkartierung wurden die angetroffenen Wasserstände dokumentiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 4: Lage der Grundwasseroberfläche im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [V]

Grundwasserflurabstand [m NHN]	Länge [km]	Anteil [%]
> 0 m bis 1	Ca. 6,2	Ca. 34,7
> 1 m bis 5	Ca. 4,2	Ca. 23,4
> 5 m bis 10	Ca. 6,1	Ca. 34,3
> 10 m bis 15	Ca. 1,4	Ca. 7,7
Summe	Ca. 17,9	100

Tabelle 5: Bodenkundliche Grundwasserstufen Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [IV]

Grundwasserstufe	Länge [km]	Anteil [%]
1	Ca. 0,6	Ca. 3,4
2	Ca. 2,7	Ca. 14,9
3	Ca. 5,0	Ca. 27,8
4	Ca. 0,7	Ca. 2,8
5	Ca. 1,0	Ca. 5,4
7	Ca. 8,0	Ca. 44,7
Summe	Ca. 17,9	100

Tabelle 6: Während der bodenkundlichen Kartierung [XX] angetroffenen Grundwasserstände (Untersuchungstiefe bis 2 m u. GOK)

Untersuchungspunkt	Grundwasserstand [m u. GOK]	Untersuchungspunkt	Grundwasserstand [m u. GOK]
V2a_001,0	Kein GW angetroffen	V2a_079,1	Kein GW angetroffen
V2a_002,0	1,62	V2a_080,0	Kein GW angetroffen
V2a_003,0	1,6	V2a_080,1	Kein GW angetroffen
V2a_004,0	Kein GW angetroffen	V2a_081,1	Kein GW angetroffen
V2a_005,0	Kein GW angetroffen	V2a_082,0	Kein GW angetroffen
V2a_006,0	1,05	V2a_082,1	Kein GW angetroffen
V2a_007,0	0,6	V2a_083,0	Kein GW angetroffen
V2a_008,0	0,6	V2a_083,1	Kein GW angetroffen
V2a_009,0	0,85	V2a_084,0	Kein GW angetroffen
V2a_010,0	1,5	V2a_085,0	Kein GW angetroffen
V2a_011,0	1,35	V2a_085,1	Kein GW angetroffen
V2a_012,0	1,43	V2a_086,0	Kein GW angetroffen
V2a_013,0	0,9	V2a_086,1	Kein GW angetroffen
V2a_014,0	1	V2a_087,0	Kein GW angetroffen
V2a_015,0	1,36	V2a_087,1	Kein GW angetroffen
V2a_016,0	1,65	V2a_088,0	Kein GW angetroffen
V2a_017,0	1,3	V2a_088,1	Kein GW angetroffen
V2a_018,0	1,4	V2a_089,0	Kein GW angetroffen
V2a_019,0	0,8	V2a_089,1	Kein GW angetroffen
V2a_020,0	0,5	V2a_090,0	Kein GW angetroffen
V2a_021,0	0,5	V2a_090,1	Kein GW angetroffen
V2a_022,0	0,4	V2a_091,1	Kein GW angetroffen
V2a_023,0	0,5	V2a_092,1	Kein GW angetroffen
V2a_024,0	0,4	V2a_093,0	Kein GW angetroffen
V2a_025,0	0,6	V2a_093,1	Kein GW angetroffen
V2a_026,0	1,3	V2a_094,0	Kein GW angetroffen
V2a_027,0	0,4	V2a_094,1	Kein GW angetroffen
V2a_028,0	1,1	V2a_095,0	Kein GW angetroffen
V2a_029,0	0,8	V2a_095,1	Kein GW angetroffen
V2a_030,0	1,4	V2a_096,0	Kein GW angetroffen
V2a_031,0	1,2	V2a_096,1	Kein GW angetroffen
V2a_032,0	1	V2a_097,0	Kein GW angetroffen
V2a_033,0	1,8	V2a_097,1	Kein GW angetroffen
V2a_034,0	0,6	V2a_098,0	Kein GW angetroffen
V2a_035,0	0,8	V2a_098,1	Kein GW angetroffen
V2a_036,0	1,5	V2a_099,0	Kein GW angetroffen
V2a_037,0	1,67	V2a_100,0	1
V2a_038,0	1,65	V2a_101,0	Kein GW angetroffen
V2a_039,0	1,85	V2a_102,0	Kein GW angetroffen
V2a_040,0	0,6	V2a_103,0	Kein GW angetroffen
V2a_041,0	1,15	V2a_104,0	Kein GW angetroffen
V2a_042,0	1,5	V2a_105,0	Kein GW angetroffen
V2a_043,0	1,65	V2a_105,1	Kein GW angetroffen
V2a_044,0	1,48	V2a_106,0	1,45
V2a_045,0	1,78	V2a_107,0	Kein GW angetroffen
V2a_046,0	0,78	V2a_108,0	Kein GW angetroffen
V2a_047,0	Kein GW angetroffen	V2a_109,0	1,87
V2a_048,0	1,95	V2a_110,0	1,5
V2a_049,0	1,27	V2a_111,0	1,8
V2a_051,0	1	V2a_112,0	1,69
V2a_052,0	1,1	V2a_113,0	1,6
V2a_054,0	1,3	V2a_114,0	1,7
V2a_055,0	1	V2a_115,0 alternativ	1,7
V2a_057,0	1	V2a_116,0 alternativ	1,32
V2a_058,0	1	V2a_117,0	Kein GW angetroffen
V2a_060,0	1,1	V2a_118,0	Kein GW angetroffen
V2a_061,0	0,83	V2a_119,0	1,05
V2a_062,0	1,2	V2a_120,0	Kein GW angetroffen
V2a_063,0	1,33	V2a_121,0	Kein GW angetroffen

Untersuchungs- punkt	Grundwasserstand [m u. GOK]	Untersuchungs- punkt	Grundwasserstand [m u. GOK]
V2a_063,1	Kein GW angetroffen	V2a_122,0	Kein GW angetroffen
V2a_064,0	1,5	V2a_123,0	Kein GW angetroffen
V2a_064,1	1,52	V2a_124,0	Kein GW angetroffen
V2a_065,0	Kein GW angetroffen	V2a_125,0	Kein GW angetroffen
V2a_065,1	Kein GW angetroffen	V2a_126,0	1,45
V2a_066,0	Kein GW angetroffen	V2a_127,0	1,07
V2a_066,1	Kein GW angetroffen	V2a_128,0	Kein GW angetroffen
V2a_067,0	Kein GW angetroffen	V2a_129,0	Kein GW angetroffen
V2a_067,1	Kein GW angetroffen	V2a_130,0	Kein GW angetroffen
V2a_068,0	Kein GW angetroffen	V2a_131,0	Kein GW angetroffen
V2a_068,1	Kein GW angetroffen	V2a_132,0	Kein GW angetroffen
V2a_069,0	Kein GW angetroffen	V2a_133,0	Kein GW angetroffen
V2a_069,1	Kein GW angetroffen	V2a_134,0	Kein GW angetroffen
V2a_070,0	Kein GW angetroffen	V2a_135,0	Kein GW angetroffen
V2a_070,1	Kein GW angetroffen	V2a_136,0	Kein GW angetroffen
V2a_071,0	Kein GW angetroffen	V2a_137,0	Kein GW angetroffen
V2a_071,1	Kein GW angetroffen	V2a_138,0	1,34
V2a_072,0	Kein GW angetroffen	V2a_139,0	Kein GW angetroffen
V2a_072,1	Kein GW angetroffen	V2a_140,0	Kein GW angetroffen
V2a_073,0	Kein GW angetroffen	V2a_141,0	Kein GW angetroffen
V2a_073,1	Kein GW angetroffen	V2a_142,0	Kein GW angetroffen
V2a_074,0	Kein GW angetroffen	V2a_143,0	Kein GW angetroffen
V2a_074,1	Kein GW angetroffen	V2a_144,0	Kein GW angetroffen
V2a_075,0	Kein GW angetroffen	V2a_145,0	Kein GW angetroffen
V2a_076,0	Kein GW angetroffen	V2a_146,0	Kein GW angetroffen
V2a_076,1	1,6	V2a_147,0	1,16
V2a_077,0	Kein GW angetroffen	V2a_148,0	1,78
V2a_077,1	0,9	V2a_149,0	1,6
V2a_078,0	Kein GW angetroffen	V2a_150,0	Kein GW angetroffen
V2a_078,1	1,6	V2a_151,0	Kein GW angetroffen
V2a_079,0	Kein GW angetroffen		

2.6 Sulfatsaure Böden

In Niederungs- und Küstengebieten Norddeutschlands sind in Böden, welche unter marinem/brackischem Einfluss entstanden sind, unterhalb der Grundwasseroberfläche häufig große Mengen an Eisensulfid (Pyrit) zu finden, welches nach Ablagerung von sulfatreichen Meeressedimenten unter Vorhandensein von organischer Substanz durch Reduktion entsteht (Sulfatreduktion). Im Boden wird das gelöste Sulfid häufig als Eisensulfid fixiert, welches unter anaeroben, reduzierenden Bedingungen stabil ist. Bei Kontakt mit Luftsauerstoff (beispielsweise nach Aushub) wird das Eisensulfid oxidiert (Pyritoxidation) und es kommt zur Bildung erheblicher Mengen an Säure (Schwefelsäure). Ist das Säurebildungspotential hierbei größer als die Säureneutralisationskapazität des Bodens, spricht man von potentiell sulfatsauren Substraten /potentiell sulfatsaurem Boden. Hat die Versauerung in solchen Substraten bereits eingesetzt, liegt ein aktuell (oder effektiv) sulfatsaurer Boden vor, in dem der pH-Wert bis auf Werte zwischen zwei und vier abfallen kann.

Sollten während der Bauausführung Vorkommen sulfatsaurer Böden nicht bekannt sein bzw. ein nicht fachgerechter Umgang mit diesen stattfinden, kann über viele Jahre hinweg der Pflanzenwuchs in den versauerten Bereichen unmöglich sein,

bzw. ein aufwändiger Bodenaustausch erforderlich werden. Das Gefährdungspotential sulfatsaurer Böden ergibt sich weiterhin durch die deutlich erhöhte Sulfatkonzentration im Boden- bzw. Sickerwasser, erhöhte Schwermetallverfügbarkeit und -löslichkeit sowie Schwermetallkonzentrationen im Sickerwasser. Des Weiteren kommt es zur Entstehung von hohen Gehalten an betonschädlichen Stoffen (SO_4^{2-} , Säuren) und einer hohen Korrosionsgefahr für Stahlkonstruktionen.

Im Vorhabengebiet kommen potentiell sulfatsaure Böden gem. der Auswertung amtlicher Daten [XII] im nördlichen Teil der Trasse (ca. 26 %), welcher innerhalb der Elbmarsch liegt, vor. Dort verläuft die Leitung auf einer Länge von ca. 4,8 km durch Bereiche verschiedener Gefährdungspotenziale (vgl. Plananlage F1-2, Karte 5). In Tabelle 7 sind die Auswertungsergebnisse zusammengefasst.

Insgesamt machen die Klassen GR_2A (Niedermoortorfe im Küstenholozän, z.T. mit sulfatsaurem Material) mit ca. 1,7 km (ca. 7,6 %) und GR_2B (Kalkfreies toniges Material; örtlich mit sulfatsaurem Material) mit ca. 1,5 km (ca. 8,5 %) den größten Anteil aus. Das Gefährdungspotential für diese Klassen ist örtlich mittel bis hoch. Ca. 1,4 km (ca. 7,6 %) der Trasse liegen in Bereichen der höchsten Gefährdungsklasse GR_1A, für die das Gefährdungspotential mit „sehr hoch“ klassifiziert ist.

Im Zuge der Bodenkartierung wurden im entsprechenden Trassenabschnitt Bodenproben aus den Bohrstöcken entnommen und hinsichtlich ihres Versauerungspotentials laboranalytisch untersucht. Dabei wurden an mehreren Proben negative Netto-Säureneutralisationskapazitäten (SNK_N) ermittelt. Tabelle 8 fasst die entsprechenden Laborergebnisse zusammen. In den entsprechenden Bereichen sind Schutzmaßnahmen gem. Kapitel 4.9 dieser Unterlage vorgesehen.

Tabelle 7: Betroffenheit potentiell sulfatsaurer Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [XII]

Klasse	Beschreibung	Gefährdungspotential	Länge [km]	Anteil [%]
GR_1A	Kalkfreies, aktuell und potenziell sulfatsaures Material	Sehr hoch	Ca. 1,4	Ca. 7,6
GR_2A	Niedermoortorfe im Küstenholozän, z.T. mit sulfatsaurem Material	Örtlich mittel bis hoch	Ca. 1,7	Ca. 9,3
GR_2B	Kalkfreies toniges Material; örtlich mit sulfatsaurem Material	Örtlich mittel bis hoch	Ca. 1,5	Ca. 8,5

Klasse	Beschreibung	Gefährdungspotential	Länge [km]	Anteil [%]
GR_3B	Schwefelarmes, verbreitet kalkhaltiges Material	Gering	Ca. 0,2	Ca. 0,9
Summe			Ca. 4,8	26,3

Tabelle 8: Ergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen des Versauerungspotentials (nur Proben mit ermittelter negativer SNKn) (gem. bodenkundlichem Kartierbericht Arcadis GmbH [XX])

Untersuchungspunkt	Klasse gem. SSB-Karte [XII]	Entnahmetiefe [m u. GOK]	SNKn [mmol/kg TM]
V2a_004,0	GR_2B	1,3 - 8,0	-250
V2a_007,0	GR_1A	1,5 - 3,6	-150
V2a_010,0	GR_2B	0,0 - 1,5	-30
V2a_022,0	GR_1A	0,0 - 3,1	-390
V2a_023,0	GR_1A	0,0 - 2,3	-250
V2a_024,0	GR_1A	0,0 - 3,0	-570
V2a_026,0	GR_1A	0,0 - 3,75	-130
V2a_027,0	GR_2A	0,0 - 3,75	-90
V2a_028,0	GR_2A	0,0 - 3,2	-580
V2a_029,0	GR_2A	0,0 - 3,6	-320
V2a_030,0	GR_2A	0,0 - 2,8	-590
V2a_033,0	GR_2A	0,0 - 4,0	-260
V2a_056,0	Keine Gefährdung	1,2 - 2,1	-10

2.7 Verdichtungsempfindlichkeit

Die Verdichtungsempfindlichkeit, bzw. die mechanische Stabilität von Böden, ist einerseits stark an den aktuellen Wassergehalt, andererseits wesentlich an das vorherrschende Substrat gekoppelt. Bei unsachgemäßer Befahrung während der Bauausführung können bei Böden mit geringer mechanischen Eigenstabilität Verdichtungen bis in den Unterboden verursacht werden. Diese sind dann meist nur mit großem technischem und finanziellem Aufwand meliorierbar. Verdichtungen in Böden mit hohen mechanischen Stabilitäten (vorwiegend Böden mit sandigem Ausgangssubstrat mit Einzelkorngefüge) können dagegen mit gutem Erfolg melioriert werden.

Im Rahmen der Bauausführung werden die Böden mit geeigneten Maßnahmen (z. B. mittels befestigten Baustraßen, bspw. über den Einsatz von Lastverteilungsplatten/Baggermatten oder mineralischen Baustraßen) vor schadhafte Bodenverdichtungen geschützt (vgl. Kapitel 4.10 dieser Unterlage).

Ein Instrument zur Gewährleistung von bodenschonender Befahrung bei nicht befestigten Bereichen stellt das Maschinenkataster dar (vgl. Kapitel 4.10.1 dieser Unterlage), welches im Zuge der bodenkundlichen Baubegleitung erarbeitet wird und die Druckfortpflanzung und Verdichtungsgefährdung der eingesetzten Fahrzeuge klassifiziert.

Anhand amtlicher Datenquellen lassen sich die Bodenverhältnisse in Bezug auf die Verdichtungsempfindlichkeit im Trassenverlauf charakterisieren. Tabelle 9 fasst die Auswertungen der BK50 „Standortspezifische Verdichtungsempfindlichkeit“ [X] und „Gefährdung der Bodenfunktionen durch Verdichtung“ [XI] zusammen und gibt die Anteile der jeweiligen Klassen an. Die räumliche Verteilung im Trassenverlauf ist in Plananlage F1-2, Karte 7 bzw. Plananlage F1-2, Karte 8 dargestellt.

Die größten Empfindlichkeiten (*Gefährdet* (ca. 17,5 %); *Hoch gefährdet* (ca. 29,1 %) bzw. *Sehr hoch* (ca. 39,3 %); *Äußerst hoch* (ca. 7,4 %)) bestehen in erster Linie für die Böden im Bereich der Marschen sowie innerhalb von Moorgebieten. Weniger empfindliche Böden befinden sich im Bereich der Geest, wobei die Klassifizierungen *Gering gefährdet* bzw. *Sehr gering* und *Gering* mit in etwa die Hälfte der Trasse betreffen. Lokal können jedoch auch dort verdichtungsanfällige Böden auftreten.

Tabelle 9: Verdichtungsempfindlichkeit der Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [X] [XI]

Gefährdung	Länge [km]	Anteil [%]	Gefährdung	Länge [km]	Anteil [%]
Gefährdung der Bodenfunktionen durch Verdichtung			Standortspezifische Verdichtungsempfindlichkeit		
Gering gefährdet	Ca. 9,4	Ca. 52,4	Sehr Gering	Ca. 0,6	Ca. 3,3
			Gering	Ca. 8,8	Ca. 49,1
Mäßig gefährdet	Ca. 0,2	Ca. 1,0	Mittel	Ca. 0,2	Ca. 1,0
Gefährdet	Ca. 3,1	Ca. 17,5	Sehr hoch	Ca. 7,0	Ca. 39,3
Hoch gefährdet	Ca. 5,2	Ca. 29,1	Äußerst hoch	Ca. 1,3	Ca. 7,4
Summe	Ca. 17,9	100	Summe	Ca. 17,9	100

2.8 Bodenerosion

Unter Erosion wird der Abtrag, Transport und die Ablagerung von Bodenmaterial durch die Kräfte von Wind und Wasser verstanden. Diese ist neben der Windgeschwindigkeit bzw. Niederschlagsintensität hauptsächlich abhängig von der aktuellen Bodenfeuchte, der Bodenart und dem Bewuchs bzw. der Flächennutzung sowie Hangneigung. Generell sind frisch bearbeitete Böden (noch ohne Bewuchs) nach Abschluss der Baumaßnahme besonders erosionsanfällig. Auch im Zuge der

Zwischenlagerung (ggf. nicht gesicherte Bodenmieten) kann die Erosion eine Rolle spielen.

Im Zuge der Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wind und Wasser (GAPKondV) [8] wurden durch das Land Niedersachsen feldblockscharfe Erosionsgefährdungsabschätzungen für Wind nach DIN 19706 (2004-05) [10] und für Wasser nach DIN 19708 (2005-02) [11] durchgeführt.

Die Erosionsgefährdungen durch Wind und Wasser im Trassenverlauf wurde mithilfe der landwirtschaftlichen Karten des Landes Niedersachsen ausgewertet, in Tabelle 10 zusammengefasst und in Plananlage F1-2, Karte 11 bzw. Plananlage F1-2, Karte 12 kartographisch dargestellt.

Insgesamt liegen entlang der Trasse variable Erosionsgefährdungen durch Wind vor, wobei die Gefährdung im Bereich der Marschen aufgrund des Vorkommens bindiger (toniger) Substrate grundsätzlich geringer ist als in Bereichen der Geest. In der Geest sind besonders feinsandige Substrate (Schmelzwassersande) von höheren Erosionsgefährdungen betroffen. Auch in Mooregebieten besteht in Abhängigkeit des Bodenfeuchtegehaltes überwiegend eine mittlere bis sehr hohe Gefährdung. Insbesondere bei trockenen Bodenverhältnissen und fehlender Vegetationsdecke während der Bauphase wird die Gefahr durch Winderosion hier zusätzlich verstärkt. Insgesamt fallen ca. 4,3 km (ca. 24,1 %) in die Klassen *Hoch* und *Sehr hoch*, während die Gefahr für ein Viertel der Trasse (ca. 4,5 km/ca. 24,9 %) als *Mittel* eingestuft ist. Den drei Klassen *Keine bis sehr gering*, *Sehr gering* und *Gering* fallen in der Summe ca. 7,1 km (ca. 39,9 %) zu.

Die Gefahr von Wassererosion ist in Folge der überwiegend flachen Topographie im Vorhabengebiet für die gesamte Trasse als nicht vorhanden bis gering einzustufen (vgl. Tabelle 10). Dennoch kann Wassererosion im Kontext der Zwischenlagerung von Relevanz sein, da es zu Abschwemmungen von Bodenmieten in Folge starker Niederschläge kommen kann.

Tabelle 10: Erosionsgefährdung der Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [XV]

Erosionsgefährdung durch Wind	Länge [km]	Anteil¹ [%]	Erosionsgefährdung durch Wasser	Länge [km]	Anteil¹ [%]
Keine bis sehr gering	Ca. 2,9	Ca. 16,4	Keine bis sehr gering	Ca. 8,9	Ca. 49,7
Sehr gering	Ca. 2,4	Ca. 13,3	Sehr gering	Ca. 6,5	Ca. 36,3
Gering	Ca. 1,8	Ca. 10,2	Gering	Ca. 0,5	Ca. 2,9
Mittel	Ca. 4,5	Ca. 24,9	-	-	-
Hoch	Ca. 3,0	Ca. 17,0	-	-	-
Sehr Hoch	Ca. 1,3	Ca. 7,1	-	-	-
Summe	Ca. 15,9	88,8	Summe	Ca. 15,9	88,8

¹Anteil an Gesamttrassenlänge (ca. 17,9 km)

2.9 Schutzwürdige Böden

Insgesamt liegen an ca. 13,8 % der Trasse schutzwürdige Böden gem. der Ausweisung des LBEG [VIII] vor. Die Betroffenheiten sind in Tabelle 11 zusammengefasst und in Plananlage F1-2, Karte 10 kartographisch dargestellt. Den größten Teil machen Böden mit hoher kulturgeschichtlicher Bedeutung aus, welche in Form von Plaggeneschen ca. 1,4 km (7,8 %) und in Form von Marschhufenbeeten ca. 0,2 km (ca. 1,3 %) der durch die Leitung betroffenen Böden ausmachen. Sie kommen über den gesamten Trassenverlauf überwiegend kleinräumig vor. Böden mit sehr hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit kommen mit ca. 0,8 km (ca. 4,7 %) ausschließlich im Bereich der Elbmarsch vor.

Tabelle 11: Betroffenheit schutzwürdiger Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [VIII]

Schutzgrund	Typ	Länge [km]	Anteil [%]
Hohe kulturgeschichtliche Bedeutung	Plaggenesch	Ca. 1,4	Ca. 7,8
	Marschhufenbeet	Ca. 0,2	Ca. 1,3
Hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit	Sehr hohe Bodenfruchtbarkeit	Ca. 0,8	Ca. 4,7
Summe		Ca. 2,4	13,8

2.10 Ertragsfähigkeit und Bodenfruchtbarkeit

Die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Böden besitzen gem. der amtlichen Datengrundlagen (BK50 Auswertung: Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit) [VII]) eine überwiegend *sehr geringe* bzw. *geringe* bis *mittlere* Ertragsfähigkeit (vgl. Tabelle 12 und Plananlage F1-2, Karte 9). Die summierte Länge der durch diese Klassen betroffenen Abschnitte beträgt ca. 16,5 km (ca. 91,9 %). Lediglich ca. 1,4 km (ca. 8,0 %) der Trasse betrifft Böden mit einer *sehr hohen* oder *äußerst hohen* Bodenfruchtbarkeit. Letztere befinden sich ausschließlich in der Marsch (Bodentyp: Tiefe Kleimarsch).

Tabelle 12: Ertragsfähigkeit (Bodenfruchtbarkeit) der Böden im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [VII]

Schutzgrund	Länge [km]	Anteil [%]
Sehr gering	Ca. 3,2	Ca. 18,0
Gering	Ca. 10,6	Ca. 58,9
Mittel	Ca. 2,7	Ca. 15,0
Sehr hoch	Ca. 0,6	Ca. 3,3
Äußerst hoch	Ca. 0,8	Ca. 4,7

Schutzgrund	Länge [km]	Anteil [%]
Summe	Ca. 17,9	100

2.11 Schutzgebiete

Der geplante Trassenverlauf schneidet gem. amtlicher Datengrundlagen [XVII] im südlichen Trassenabschnitt als besonders schützenswert ausgewiesene Gebiete (vgl. Plananlage F1-2, Karte 13). Der erhöhte Schutzstatus leitet sich zum einen von naturschutzrechtlichen Kriterien ab (Landschaftsschutzgebiet (LSG), Naturschutzgebiet (NSG), Flora-Fauna-Habitat-Gebiet (FFH)) und zum anderen von hydrologischen Aspekten (Trinkwasserschutzgebiet (WSG), Überschwemmungsgebiet (ÜSG)).

Insgesamt ist mit ca. 9,4 km ein Anteil von ca. 53,0 % der Trasse betroffen. Den größten Anteil davon nimmt das WSG „Stade Süd“ ein, welches in der Schutzzone III betroffen ist (ca. 4,9 km bzw. ca. 27,3 %). LSG machen mit ca. 1,8 km (ca. 10,1 %) ebenfalls einen relevanten Anteil aus, während FFH-Gebiete, Überschwemmungsgebiete und Naturschutzgebiete mit jeweils Anteilen von unter 10 % nur geringfügig betroffen sind. Die Betroffenheit der naturschutzrechtlich ausgewiesenen Schutzgebiete ergibt sich in erster Linie durch die Querung von Flüssen bzw. Flussniederungen (z. B. LSG „Schwingetal“, NSG „Steinbeck“). Die betroffenen Schutzgebiete liegen demnach in Längsausdehnung quer zum geplanten Trassenverlauf vor, wodurch eine Betroffenheit durch das Vorhaben zwar nicht ausgeschlossen, jedoch durch eine kurze Querung minimiert werden kann.

Tabelle 13: Betroffenheiten von Schutzgebieten im Trassenverlauf gem. amtlicher Kartengrundlagen [XVII]

Schutzgebietart	Länge [km]	Anteil [%]
Trinkwasserschutzgebiet	Ca. 4,9	Ca. 27,3
Landschaftsschutzgebiet	Ca. 1,8	Ca. 10,1
Flora-Fauna-HabitatGebiet (FFH)	Ca. 1,4	Ca. 7,9
Überschwemmungsgebiet	Ca. 1,2	Ca. 7,0
Naturschutzgebiet	Ca. 0,1	Ca. 0,7
Summe	Ca. 9,4	Ca. 53,0

3 Potentielle vorhabenbezogene Beeinträchtigungen der Bodenqualität und Funktionserfüllung

Bedingt durch das Vorhaben sind unterschiedliche Beeinträchtigungen des Bodens zu erwarten, welche diesen in seiner Qualität und seinen Funktionen beeinflussen können. Hierbei sind temporäre (baubedingte) Beeinträchtigungen von dauerhaften (anlagebedingten) Beeinträchtigungen zu unterscheiden.

3.1 Temporäre Bodenbeeinträchtigungen

Als temporäre Bodenbeeinträchtigungen zählen im Zuge dieses Vorhabens alle Einwirkungen auf bzw. Eingriffe in den Boden, die zeitlich befristet während der Bauarbeiten geschehen. Dazu zählen die Befahrung mit Baumaschinen, das Anlegen temporärer Baustraßenbefestigungen, die Um- und Zwischenlagerung des Bodens sowie die Entwässerung von Böden durch eine Bauwasserhaltung. Diese Eingriffe sind so zu gestalten, dass die betroffenen Bodenbereiche nach Abschluss der Beanspruchung möglichst zeitnah in einen dem ursprünglichen weitgehend entsprechenden Zustand zurückkehren können. Hierzu werden entsprechende Maßnahmen in Kapitel 4 dieser Unterlage formuliert, welche das Ziel haben, die Bodenfunktionen bestmöglich zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Durch konsequente Umsetzung der Maßnahmen ist von keiner oder nur von einer geringen dauerhaften Beeinträchtigung des Bodens in den entsprechenden Bereichen auszugehen.

Da auch alle temporären Bodenbeeinträchtigungen grundsätzlich zu negativen Beeinflussungen des Bodens führen können, sind die betreffenden Eingriffe sowohl räumlich als auch zeitlich auf das absolut notwendige Minimum zu beschränken sowie vorsorgende Maßnahmen zu wählen, welche die Bodenfunktionen vergleichsweise geringfügig und möglichst nicht nachhaltig schädigen [19]. Sofern dennoch schadhafte Bodenveränderungen auftreten, lassen sich diese durch die Umsetzung der in Kapitel 4 dieser Unterlage beschriebenen Maßnahmenvorschläge weitestgehend kompensieren. Dazu zählen zum Beispiel die Auffüllung von Versackungen mit Bodenmaterial zur Einebnung des Geländes oder die Auflockerung von verdichteten Oberböden.

3.1.1 Befahrung

Das Befahren des Bodens entlang der Trasse (genehmigte Zuwegungen und Arbeitsstreifen) ist für die Durchführung der Bauarbeiten zwar notwendig, die ursprüngliche Bodenfunktionserfüllung muss jedoch bestmöglich erhalten werden. Durch die Befahrung des Bodens besteht insbesondere für feuchte, bindige Böden die Gefahr von Bodenschadverdichtungen. Eine Bodenschadverdichtung geht unter

anderem mit einem herabgesetzten Porenraum einher, wodurch die Durchwurzelbarkeit und die Luftkapazität sowie die Wasserdurchlässigkeit des Bodens in beide Richtungen verringert werden. Die Bodenfeuchte und somit die Befahrbarkeit und Verdichtungsempfindlichkeit können im jahreszeitlichen Gang erheblich schwanken. Als ausschlaggebender Parameter für die Ableitung der Befahrbarkeit durch Baumaschinen gilt der Kontaktflächendruck (vgl. Kapitel 4.10 dieser Unterlage).

3.1.2 Einrichtung temporärer Befestigungen

Da in vielen Bereichen aufgrund verdichtungsempfindlicher oder nicht tragfähiger Böden eine Befahrung durch Baustellenverkehr ohne zusätzliche Befestigung nicht möglich ist, werden für die Dauer der Bautätigkeiten temporäre Baustraßen und BE-Flächen aus Lastverteilungsplatten, mineralischem Material oder Holzhackschnitzeln auf dem Ober- oder dem Unterboden angelegt. Diese sollen den Boden durch die Verteilung der vom Baustellenverkehr oder die durch Materiallagerung einwirkenden Lasten vor Bodenschadverdichtungen schützen, können jedoch selbst zu temporären Beeinträchtigungen führen. In betroffenen Bereichen entstehen oberflächliche Verdichtungen, welche im Nachhinein durch Lockerung beseitigt werden müssen. Insbesondere mineralische Baustraßen besitzen ein relevantes Eigengewicht, welches vor allem bei wenig tragfähigen Böden zusätzliche Setzungen hervorrufen kann. Beim Einsatz von Fremdmaterialien (z. B. Schotter, Sand, Holzhackschnitzeln, etc.) ist darüber hinaus eine Trennung vom anstehenden Boden durch Geotextil vorzusehen, um eine unkontrollierte Vermischung und somit dauerhafte Bodenbeeinträchtigungen zu verhindern.

3.1.3 Um- und Zwischenlagerung

Im Zuge des Anlegens des Rohrgrabens muss Bodenmaterial ausgehoben und in Form von Bodenmieten zwischengelagert werden. Durch den Aushub von Baugruben wird die ursprüngliche Strukturierung des Bodengefüges gestört. Darüber hinaus können durch die ausgeführten Erdarbeiten unterschiedliche Bodenhorizonte vermischt werden. Der Bodenaushub erfolgt daher schichtenkonform nach den angetroffenen Bodenschichten und mit zulässigen Wassergehalten bzw. passender Konsistenz.

Durch die Aushubarbeiten und die Zwischenlagerung in Bodenmieten wird das ursprüngliche Bodengefüge gestört. Zudem wird die ursprüngliche Lagerungsdichte verändert. In Folge der Zwischenlagerung in Mieten ändert sich der Wassergehalt der Böden. Bei bindigen und insbesondere bei organischen Böden (Moorböden) geht dieser Prozess mit einer starken Volumenabnahme einher. Der Sauerstoffzutritt führt bei organischen Böden dazu, dass der zuvor im organischen Material gebundene Kohlenstoff mineralisiert. In Böden, die zuvor unter dem Einfluss von

Grundwasser, also unter reduzierenden Verhältnissen standen, können bei der Zwischenlagerung durch die Belüftung Oxidationsprozesse starten. Dadurch werden die ursprüngliche Bodenstruktur und die ursprünglichen bodenchemischen Eigenschaften sowie die Verlagerbarkeit von Stoffen im Sickerwasser verändert.

Im Anschluss der Arbeiten ist der Leitungsgraben wieder schichtenkonform zu verfüllen. Um dauerhafte Bodenbeeinträchtigungen zu vermeiden, besteht hierfür die Voraussetzung eines geeigneten Wassergehalts bzw. einer geeigneten Konsistenz [19].

3.2 Dauerhafte Bodenbeeinträchtigungen

Als dauerhafte Bodenbeeinträchtigung zählen Eingriffe in den Boden, deren Auswirkungen auch nach Abschluss der Bauarbeiten fortbestehen. Im Zuge der dauerhaften Bodenbeeinträchtigungen ist davon auszugehen, dass die Bodenfunktionen in betroffenen Bereichen nachhaltig verändert, bzw. beeinflusst werden. Bei Umsetzung der in Kapitel 4 dieser Unterlage formulierten Maßnahmen können dauerhafte Bodenbeeinträchtigungen weitgehend vermieden bzw. zu einem gewissen Anteil kompensiert werden.

Als dauerhafte Beeinträchtigungen des Bodens durch das beschriebene Vorhaben (vgl. A1-1 Erläuterungsbericht PFA, Kapitel 1.3) sind folgende Eingriffe zu werten:

- Dauerhafte Flächenversiegelung (im Bereich der Stationsflächen)
- Einbau von Fremdmaterialien zur Erfüllung von technischen Aufgaben (z. B. Einsandung des direkten Rohrumfelds)
- Volumenverlust und Setzungen durch Bauwasserhaltung

Im beschriebenen Vorhaben entstehen dauerhafte Bodenbeeinträchtigungen in erster Linie im Bereich der Stationen/Streckenarmaturen. Um das Ausmaß der dauerhaften Bodenbeeinträchtigungen möglichst zu minimieren, werden die entsprechenden Eingriffe räumlich so klein wie möglich gehalten und die Orte so gewählt, dass diese vergleichsweise von geringer Bedeutung für die Bodenfunktionen sind [9]. Dies wurde bereits in der Planung, soweit bautechnisch und energiewirtschaftlich möglich, berücksichtigt.

3.2.1 Versiegelung

Durch die Bodenversiegelung wird das Versickerungsvermögen des Bodens unterbunden. Zudem steht der Boden bei oberfluriger Versiegelung nicht mehr anderen Bodenfunktionen wie z.B. der landwirtschaftlichen Nutzung oder als Lebensraum für Bodenlebewesen zur Verfügung.

Dauerhafte Bodenversiegelungen kommen im Trassenverlauf im Bereich der Stationen/Streckenarmaturen vor. Dort werden insbesondere die Zuwegungen befestigt und versiegelt. Tabelle 14 enthält eine Übersicht über die jeweils geplanten Versiegelungen. Bereiche, welche durch Rasengittersteine befestigt werden, stellen keine Vollversiegelung dar und werden an dieser Stelle nicht aufgeführt.

Tabelle 14: Flächen dauerhafter Bodenversiegelung

Station	Information	Fläche [m ²]
Übergabestation Deinste	Zufahrt (Rechteckpflaster)	Ca. 138
Armaturenplatz Wiepenkathen	Zufahrt (Rechteckpflaster)	Ca. 66
Summe		Ca. 204

3.2.2 Dauerhafte Einbringung von Fremdmaterial

Zur Erfüllung technischer Aufgaben wird mineralisches Fremdmaterial eingebracht. Dadurch wird natürlich anstehendes Bodenmaterial bereichsweise entfernt und einer ortsfremden Wiederverwertung zugeführt.

Beim Bau der Gasversorgungsleitung wird mineralisches Fremd- und Bodenmaterial planmäßig für folgende technische Aufgaben benötigt:

- Sand als Sauberkeitsschicht um das Leitungsrohr
 - Sand wird überall dort eingebaut, wo der anstehende Boden aus technischer Sicht nicht für den Einbau um das Leitungsrohr herum geeignet ist (z. B. Torf) oder nicht in geeigneter Weise aufbereitet werden kann.
 - Unter der Annahme, dass der Rohrgraben mit einem Böschungswinkel von 45° errichtet wird, wird ein Volumen von rund 1,86 m³ Fremdmaterial pro laufendem Meter Rohrgraben erforderlich. Wird der Graben mit einem Böschungswinkel von 60° errichtet, werden nur rund 1,46 m³ Fremdmaterial pro laufendem Meter benötigt. In gespundeten Abschnitten beträgt das Volumen rund 1,96 m³ pro laufendem Meter.
 - Unter Berücksichtigung der technischen und bodenkundlichen Rahmenbedingungen kann je nach Böschungswinkel des Rohrgrabens entlang der Trasse von einem Gesamtbedarf an Sand von insgesamt ca. 13.700-15.300 m³ ausgegangen werden (vgl. Anhang 1). Dabei wurde ein konservativer Berechnungsansatz gewählt (Austausch des anstehenden Bodens in allen Leitbodentypen außer „Geest (sandig)“ und „Plaggenesche“). Sofern vor Ort festgestellt wird, dass das ausgebaute Bodenmaterial abschnittsweise dennoch für die Einsandung geeignet ist, reduzieren sich die angegebenen Werte.

- Bentonit als Zuschlagsstoff für Bohrspülsuspensionen für HDDs
- Filterkies für Drainagen

Darüber hinaus ist nicht auszuschließen, dass Sand auch für bodenverbessernde Maßnahmen, z. B. zur Bodenstabilisierung eingesetzt wird. Hierfür gelten die Anforderungen gem. Kapitel 4.4.2 dieser Unterlage. Bei entsprechender Eignung kann dafür auch das Baustraßenmaterial verwendet werden.

3.2.3 Volumenverlust und Setzungen durch die Wasserhaltung

Während der Bauphase wird im Bereich des Leitungsgrabens eine Bauwasserhaltung betrieben, um die Baugruben trocken zu halten (vgl. Antragsunterlage E2-1: Erläuterungsbericht Wasserrechtliche Anträge). Dabei kommt üblicherweise entweder eine offene Bauwasserhaltung zur Abführung des Tagwassers oder eine geschlossene Bauwasserhaltung zum Einsatz. Die Wasserhaltungsanlagen werden mit Pumpen betrieben, welche den Grundwasserstand im Baufeld auf die gewünschte Tiefe absenken. Dabei wird innerhalb des Absenktrichters der Entnahmestelle der anstehende Baugrund entwässert. Durch die Entwässerung des Baugrundes kommt es zum Wegfall des Auftriebs auf die zuvor unter Auftrieb stehenden Bodenschichten. Die darunter anstehenden Bodenschichten erfahren so während der Bauphase eine erhöhte Auflast aus den darüber anstehenden Bodenschichten. Bei setzungsempfindlichen Böden kann dies zu Geländesetzungen im Bereich der Absenktrichter führen, die wiederum in Geländedepressionen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen und Setzungsschäden an benachbarten Gebäuden und Straßen resultieren können.

Eine andere (mögliche) dauerhafte Bodenbeeinträchtigung geht von der Volumenabnahme (Schrumpfung) bindiger Böden aus. Tonhaltige bindige Böden neigen bei längerer Grundwasserabsenkung durch beginnende Austrocknung zu Schrumpfungen. Durch diese Volumenabnahme resultieren an der Erdoberfläche außerhalb der Baugrube weitgehend irreversible Setzungen. Dadurch können auf landwirtschaftlichen Nutzflächen Geländedepressionen entstehen, in denen sich vermehrt Stauwasser bildet. Im Absenktrichter befindliche Bauwerke oder Straßen können durch die Austrocknung und Schrumpfung von bindigen Böden ebenfalls Setzungsschäden entwickeln.

Besonders empfindlich auf Entwässerungsmaßnahmen reagieren Moorböden und organische Weichschichten. Durch die Entwässerung der entsprechenden Bodenschichten werden neben der Volumenabnahme durch Austrocknung zusätzlich Mineralisierungsprozesse durch Sauerstoffzutritt in Gang gesetzt. Organische Substrate werden abgebaut und gehen dauerhaft verloren. Wasserhaltungsmaßnahmen sind daher zeitlich und in der Entnahmetiefe und Flächeninanspruchnahme auf das erforderliche Maß begrenzt.

3.2.4 Abfuhr und Verwertung von überschüssigem Boden

Sowohl durch das Leitungsrohr, als auch durch den ggf. eingebauten Sand entstehen Überschussbodenmassen, die verwertet werden müssen.

- Durch das Leitungsrohr entsteht rechnerisch ein Verdrängungsvolumen von 0,64 m³ pro laufendem Meter.
- Sofern zusätzlich der um die Leitung anstehende Boden durch Sand ausgetauscht wird, beträgt das überschüssige Bodenvolumen in Regelbauweise bei einer Böschung mit 45° ca. 2,5 m³ pro laufendem Meter und bei einer Böschung mit 60° ca. 2,1 m³ pro laufendem Meter. Im Falle einer Spundung ergibt sich ein Verdrängungsvolumen von ca. 2,6 m³.
- Unter Berücksichtigung der technischen und bodenkundlichen Rahmenbedingungen kann je nach Böschungswinkel des Rohrgrabens entlang der gesamten Trasse mit einem Überschussbodenvolumen von insgesamt ca. 19.400-19.800 m³ ausgegangen werden (vgl. Anhang 1).

Während des Rückbaus kann der Boden zwar mit einer gewissen Überhöhung eingebaut werden, um Setzungsprozesse auszugleichen, dennoch kann überschüssiges Material anfallen (vgl. Kapitel 4.2.3 dieser Unterlage). Überschüssiger Boden ist nach Feststellung seiner Stoffkonzentrationen in Materialklassen zu deklarieren und gem. der Ersatzbaustoffverordnung oder BBodSchV fachgerecht zu entsorgen und einer ortsfremden Wiederverwertung zuzuführen [17].

4 Bodenschutzmaßnahmen in der Bauphase

Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Bauphase lassen sich gem. Tabelle 15 gliedern und sind in den Bodenschutzplänen (vgl. Plananlage F1, Karte 14) verortet.

Tabelle 15: Gliederung der Bodenschutzmaßnahmen in der Bauphase

Nummer Bodenschutz- maßnahme	Kurzbezeichnung Bodenschutzmaßnahme	Erläuternde(s) Kapitel dieser Unterlage
1	Einsatz einer bodenkundliche Baubegleitung	4.1
2	Schonender Bodenabtrag/-ausbau	4.2.1
3	Schonende Bodenzwischenlagerung	4.2.2
4	Bodenschonende Flächenwiederherstellung	4.2.3
5	Erosionsvermeidung	4.3
6	Ordnungsgemäßer Einbau mineralischer Fremdmaterialien	4.4
7	Ordnungsgemäßer Umgang mit mineralischen Abfällen	4.5
8	Sicherer Umgang mit Altlasten	4.6
9	Schonender Umgang mit organischen Böden	4.8
10	Sicherer Umgang mit potentiell sulfatsauren Böden	4.9
11(a-f)	Schonende Befahrung des Bodens	4.10.1; 4.10.2
12	Schutz von Gewässern	4.11 – 4.13
13	Sicherstellung der Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen	4.14
14	Sicherer Umgang mit boden- und wassergefährdenden Stoffen	4.15
15	Rekultivierung, Melioration und Folgebewirtschaftung	4.16; 4.18; 4.19

4.1 Bodenkundliche Baubegleitung

Das oberste Ziel des Bodenschutzes beim Bauen ist die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und der natürlichen Funktionen der Böden ([28]: Kap II B, S. 5), [30]: Kap. 3.1, S.15, [31]: Kap. 5.3, S. 14, [32]: Kap. 4.2, S. 12.). Um dieses Ziel zu erreichen, müssen unnötige und übermäßige Bodenbelastungen, -verdichtungen und Störungen der natürlichen Bodenstruktur, Vermischung von Horizontierung bzw. Schichtung sowie stoffliche Belastungen im Zuge der Baumaßnahmen vermieden werden, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des

Grundstücks bzw. des Bodens verhältnismäßig ist (§ 7 Satz 3 BBodSchG). Behinderungen des Bauablaufs aufgrund empfindlicher Böden oder schlechter Witterungsbedingungen können durch geeignete Planung und technische Maßnahmen ggf. im Vorfeld oder in situ im Zuge der Baustellenplanung vermieden oder ausgeglichen werden. Dabei führt die konsequente Anwendung bodenschonender Arbeitsweisen zu einer optimalen Auslastung auf der Baustelle und kann das Bauzeitfenster, in dem witterungsbedingt bodenschonendes Arbeiten möglich ist, verlängern.

Um dieses Ziel umzusetzen, wird für das Bauvorhaben eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) eingesetzt. Während des Baus sorgt die BBB für die Einhaltung der Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes, bzw. berät hinsichtlich möglichst schonender Arbeitsweisen im Rahmen des Bodenmanagements (Bodenabtrag, Bodentrennung, Zwischenlagerung, Wiedereinbau, Rekultivierung) [15] [21].

Im Hinblick auf das Befahren des Bodens wird ein Maschinenkataster als vorsorgendes Instrument des mechanischen Bodenschutzes in Kombination mit einem Umweltmonitoring (Niederschlag/Bodenfeuchte) genutzt werden. Dazu werden die zum Einsatz kommenden Fahrzeugtypen aller beteiligten Auftragnehmer vor Beginn der Baumaßnahme der bodenkundlichen Baubegleitung zur Verfügung gestellt, damit diese frühzeitig die Einsatzbereiche der Maschinen ermitteln kann.

Im Zuge der BBB wird durch kontinuierliche Bodenwasserspannungs- und Niederschlagsmessungen der wasserspannungsabhängige mechanische Zustand des Bodens, auch unter Berücksichtigung der aktuellen Witterungsverhältnisse und der kleinräumigen Belastungshistorie einzelner Flurstücke, ermittelt werden. Ein solches Monitoring ermöglicht der BBB die Einschätzung kritischer Witterungs- und Bodenfeuchteverhältnisse (Konsistenz bindiger Böden) sowie der Verdichtungsgefährdung aller Maschinen und die Bewertung bodenschonender Arbeiten, auch in situ während des Bauprozesses. Daraus abgeleitete sinnvolle Alternativen zu besonders kritischen Maschinen, ungünstigen Witterungsbedingungen oder Arbeitsabläufen können dazu beitragen, möglichst ohne temporäre Bauunterbrechung bodenschonend weiterzubauen.

Folgende Aufgaben werden durch die bodenkundliche Baubegleitung im Projektablauf übernommen:

- Analyse vorhandener Bodendaten und Durchführung bzw. Auswertung von Vorerkundungen (z.B. Bodenkartierung).
- Beratung des Bauherrn in allen Fragen des Boden- und Gewässerschutzes.
- Abstimmung des Boden- und Gewässerschutzes mit den zuständigen Behörden und baubegleitende Erstellung von Boden-Gewässerschutzplänen.

- Durchgehende Begleitung der bauvorbereitenden Maßnahmen und der Bau-
maßnahmen als örtliche Bauüberwachung mit Umweltmonitoring (Boden
und Wasser) und Begutachtung und Dokumentation hinsichtlich der Einhal-
tung aller gesetzlichen Schutzvorgaben.
- Teilnahme und Beratung bei Baubesprechungen und Unterrichtung des
Baustellenpersonals über die Bodenschutzmaßnahmen.
- Kontrolle des sachgerechten Maschineneinsatzes (Befahrbarkeit, Tabuflä-
chen, Baustraßen, Überfahrten (Logistik)).
- Teilnahme an Bauabschnittsbesprechungen (Vorgehensweise im aktuellen
Bauabschnitt).
- Vorgabe und Kontrolle des Bodenmanagements (sachgerechter Ausbau,
Zwischenlagerung, Wiedereinbau; Einbaukontrollen).
- Abschätzung von Drainageerfordernissen im Rahmen der Wasserhaltung auf
Grundlage der vorhandenen Boden- und Grundwasserverhältnisse.
- Kontrolle der Gewässergüte und der Wasserhaltung (ggf. mittels Kurzzeit-
pegel zur Beweissicherung).
- Überwachung der gesetzten Langzeitpegel (Grundwassermessstellen)
- Begutachtung und Untersuchung von Erdbaustoffen (Materialkontrollen,
Eignungsprüfungen, Materialwerte).
- Beweissicherung im Schadensfall (Feldmessungen, Probenahmen, Stellung-
nahmen) und Meliorationsvorschläge.
- Empfehlungen zur sachgerechten Rekultivierung und Beratung zur Folgebe-
wirtschaftung.
- Dokumentation aller bodenrelevanten Belange (Bauberichte, Fotodokumen-
tation, Abnahmeprotokolle, etc.)
- Fachliche Begleitung bei Gesprächen mit Eigentümern/Pächtern/Behörden
zu bodenrelevanten Themen.

Um diese Aufgaben qualifiziert übernehmen zu können, werden umfangreiche Fachkenntnisse benötigt. Die Qualifikation der bodenkundlichen Baubegleitung sollte deshalb ein geo- oder umweltwissenschaftliches Studium und entsprechende Kenntnisse in Bodenkunde bzw. Bodenschutz und Hydrologie sowie entsprechende einschlägige praktische Projekt- bzw. Baustellenerfahrung umfassen. Von besonderer Bedeutung sind dabei umfangreiche Kenntnisse der Bodengenese, -verbreitung, -klassifikation, -kartierung und -ansprache, der Bodenphysik und -mechanik, insbesondere in den Bereichen Bodenverdichtung, Bodenwasserhaushalt sowie Probenahme- und Untersuchungsverfahren. Weiterhin müssen den eingesetzten Personen die entsprechenden aktuellen gesetzlichen Bestimmungen und technischen Regelwerke bekannt sein.

Im Folgenden sind die maßgeblichen Vorgehensweisen gemäß DIN 19639 [19] im Rahmen der Realisierung des Vorhabens beschrieben.

4.2 Bodenmanagement

Im Zuge der tiefbaulichen Arbeiten können Bodenvermischungen und/oder Verdichtungen durch nicht fachgerechten Bodenabtrag, Zwischenlagerung und Wiederherstellung zu erheblichen Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen und der landwirtschaftlichen Folgenutzung führen (Infiltration, Befahrbarkeit, Bodenfruchtbarkeit). Grundsätzlich sind bei allen Erdarbeiten die DIN 19731 [17], DIN 19639 [19] und die DIN 18915 [18] zu beachten.

Durch die im Vorfeld durchgeführten bodenkundlichen Aufnahmen [XX] wird u. a. abgeleitet wie die Bodentrennung durchgeführt werden muss, um einen umfassenden vorsorgenden Bodenschutz zu gewährleisten. Dies schließt die getrennte Zwischenlagerung der Aushubmassen sowie den schichtenkonformen Wiedereinbau relevanter Bodenhorizonte am Entnahmeort mit ein.

Die entlang des Rohrgrabens anfallenden Volumina an Aushubböden ergeben sich aus den Dimensionierungen des Grabens (vgl. Kapitel 1.3.3 dieser Unterlage) sowie der Berücksichtigung eines Auflockerungsfaktors. Aus diesen Informationen wurden die anfallenden Volumina an Ober- und Unterboden berechnet. Auf Grundlage der anfallenden Bodenvolumina und der in Kapitel 4.2.2 dieser Unterlage beschriebenen zulässigen Mietenhöhen, werden die erforderlichen Lagerflächen für Bodenmieten überschlägig berechnet (vgl. Anhang 1). Die empfohlenen Maßnahmen zum bodenschonenden Bodenmanagement sind in den folgenden Kapiteln (4.2.1 -4.2.3 dieser Unterlage) beschrieben.

4.2.1 Bodenabtrag

Im Zuge der Bauarbeiten ist es zeitlich und räumlich an verschiedenen Stellen erforderlich, Boden abzutragen und auszuheben. Dies gilt für alle Abschnitten, in denen die Verlegung des Leitungsrohrs in offener Bauweise erfolgt, um den Rohrgraben anzulegen. Zudem wird der Oberboden auch außerhalb des Rohrgrabenbereichs zur Befahrung (innerhalb des Arbeitsstreifens) im Bereich der Leitbodentypen 2 (Geest, sandig), 3 (Geest, bindig) und 6 (Plaggenesche) abgetragen (vgl. Kapitel 4.10.2 dieser Unterlage; Plananlage F1-2, Karte 14). In den entsprechenden Abschnitten ist die Befahrung bzw. die Herstellung einer temporären Befestigung auf dem Unterboden vorgesehen (vgl. Kapitel 4.10.2 dieser Unterlage), während in weniger stabilen Abschnitten (Marsch- und Moorböden) der Oberboden vor der Baustraßenerrichtung nicht abgetragen wird, um die eingeschränkte Tragfähigkeit nicht zusätzlich zu verringern. In Tabelle 16 sind die erwarteten Volumina

je Leitbodentyp zusammengefasst (vgl. Anhang 1). Die angegebenen Werte besitzen nicht den Anspruch exakte bzw. maximale Aushubmengen darzustellen, sondern dienen der Abschätzung der Größenordnung geplanter Bodenbewegungen und können während der tatsächlichen Bauphase abweichen.

Tabelle 16: Abschätzung des Bodenaushubs je Leitbodentyp

Leitbodentyp	Schichtung	Volumen gesamt [m ³] ¹
Marschböden	Oberboden ²	ca. 900 – 1.000
	B-Boden ³	ca. 3.000 – 3.100
	C-Boden ³	ca. 9.900
Geestböden (sandig)	Oberboden	ca. 35.000
	B-Boden	ca. 14.000
	C-Boden	ca. 24.000
Geestböden (bindig)	Oberboden	ca. 21.500 – 24.000
	B-Boden	ca. 5.000 – 6.500
	C-Boden	ca. 6.000 – 8.000
Flachgründige Moore	Oberboden	ca. 1.200 – 1.400
	B-Boden	ca. 400 – 600
	C-Boden	ca. 600 – 800
Tiefgründige Moore	Oberboden	ca. 2.000 – 2.100
	B-Boden	ca. 4.300 – 4.600
	C-Boden	ca. 7.800 – 7.900
Plaggenesche	Oberboden	ca. 7.400 – 8.300
	B-Boden	ca. 1.700 – 2.500
	C1-Boden	ca. 800 – 1.100
	C2-Boden	ca. 3.700 – 4.700
Summe	Oberboden	ca. 68.000 – 71.800
	B-Boden	ca. 28.400 – 31.300
	C-Boden	ca. 52.800 – 56.400
	Gesamt	ca. 149.200 – 159.500

¹ Kleinere Angabe: Böschungswinkel Rohrgraben = 60°;

Größere Angabe: Böschungswinkel Rohrgraben = 45°

² Oberbodenabzug im Arbeitsstreifen. Berechnet auf Grundlage der bodenkundlichen Kartierungsergebnisse und der Regelarbeitsstreifen

³ Unterbodenaushub nur im Rohrgrabenbereich. Berechnet auf Grundlage der bodenkundlichen Kartierungsergebnisse und der Rohrgrabengeometrie

Die durchzuführenden Bodenabtragsarbeiten werden durch die bodenkundliche Baubegleitung überwacht und ggf. optimiert. In Abhängigkeit von den Gegebenheiten vor Ort werden dabei folgende Punkte beachtet:

- Überprüfung der Baustellenerschließung und Bautechnik in Abhängigkeit von den zu erwartenden Böden, der aktuellen Bodenfeuchte und Witterung (BE-Flächen, Baustraßen, Zwischenlagerflächen, Maschinenwahl, etc.).
- Bodenabtrag nur im geplanten / genehmigten Bereich gem. Grunderwerbsverzeichnis und Rechtserwerbsplänen (vgl. Antragsunterlagen C1-2 „ETL 179.200 Rechtserwerbsverzeichnis“ und C1-3 „ETL 179.200 Rechtserwerbspläne“).
- Einzusetzende Maschinen für den Erdbau sollten nach ihrem letzten Baustelleneinsatz gereinigt sein, um Einträge von kontaminiertem mineralischem Material (bspw. mit invasiven Pflanzenarten) zu vermeiden
- Bindige Böden sollten beim Eingriff möglichst trocken sein (höhere Stabilität, geeignete Konsistenz).
- Grundsätzlich sollen bei gesättigten Oberbodenverhältnissen keine Erdarbeiten in bindigen Böden stattfinden [19]. Bis Konsistenzbereich ko3 kann der Oberbodenabtrag (in Abstimmung mit der BBB) rückschreitend erfolgen.
- Abtragsarbeiten werden rückschreitend mit Kettenbaggern (Kettenbreite ≥ 700 mm) oder Radbaggern, sofern sie die in Kapitel 4.10.2 dieser Unterlage angegebenen Kontaktflächendrücke einhalten durchgeführt (abhebend, nicht schiebend [17]).
- Oberboden wird im Rohrgrabenbereich in seiner gesamten Mächtigkeit abgezogen. Sofern ein Oberbodenabtrag auch abseits des Rohrgrabens stattfindet, erfolgt dies bis zu einer Mächtigkeit von maximal 0,4 m u. GOK.
- Auf den Oberbodenabtrag im Bereich der Fahrspur kann verzichtet werden, wenn die maximale Beanspruchungsdauer sechs Monate nicht überschreitet (vgl. DIN19639 [19]) und der Schutz des Bodens gegenüber physikalischen Beeinträchtigungen (insb. Verdichtung) durch geeignete Lastverteilungsmaßnahmen gewährleistet wird (vgl. Kapitel 4.10.2 dieser Unterlage). Dies wird baubegleitend durch die BBB überwacht.
- Wo parallel verlaufend mit anderen Bestandsleitungen, wird der Oberboden (innerhalb des(r) Bestandsschutzstreifen(s)) nicht abgetragen.
- Die Aushublagerung auf dem Oberboden darf nicht zur Vermischung mit dem Oberboden führen. Grünland ist vor Lagerung des Aushubs zu mulchen.

- Bodenabtrag erfolgt immer horizont-/schichtweise mit einem zahnlosen Löffel (Ober-, Unterboden, Untergrund (vgl. DIN19371 [17])); Trennung bei deutlichem Wechsel der vertikalen Abfolge von Bodeneigenschaften (vgl. DIN19639 [19]), bspw. Grundwassereinfluss bei Gleyböden: Trennung von Go- und Gr-Horizonten). Die geplante Bodentrennung (Tiefenstufen) ist für jeden Leitbodentyp in Tabelle 19 sowie in den Bodenschutzplänen (vgl. Plananlage F1, Karte 14, Blatt 00) angegebenen. Diese sind als Durchschnittswerte zu verstehen und können lokal abweichen. Konkrete, kleinräumig differenzierte Angaben zur Bodentrennung können den baubegleitend durch die BBB erstellten Boden- und Gewässerschutzplänen entnommen werden.

Tabelle 17: Vorgesehene Bodentrennung je Leitbodentyp

Nr. ¹	Leitbodentyp	Schichtung	Schichtunterkante [m u. GOK]
2a	Marschböden	Oberboden B-Boden C-Boden	0,25 1,15 >2 m
2b	Geestböden (sandig)	Oberboden B-Boden C-Boden	0,35 0,85 >2 m
2c	Geestböden (bindig)	Oberboden B-Boden C-Boden	0,35 1,00 >2 m
2d	Flachgründige Moore	Oberboden B-Boden C-Boden	0,35 0,90 >2 m
2e	Tiefgründige Moore	Oberboden B-Boden C-Boden	0,3 0,9 >2 m
2f	Plaggenesche	Oberboden B-Boden C1-Boden C2-Boden	0,30 0,75 0,95 >2 m

¹ Nummerierung der Bodenschutzmaßnahme gem. Tabelle 15

- Es erfolgt ein gesonderter Umgang mit schadstoffbelasteten Böden (Entsorgung; vgl. Kap. 4.5 dieser Unterlage).

4.2.2 Zwischenlagerung

Ein Bodenabtrag bedingt an anderer Stelle die zeitlich begrenzte Zwischenlagerung des entnommenen Materials in Form von Bodenmieten. In Tabelle 18 sind die entsprechenden Volumina je Leitbodentyp unter Berücksichtigung eines Auflockerungsfaktors (1,19 [62]) zusammengefasst (vgl. Anhang 1).

Tabelle 18: Abschätzung der insgesamt zwischenzulagernden Bodenmengen je Leitbodentyp

Leitbodentyp	Schichtung	Volumen inkl. Auflockerungsfaktor 1,19 [m ³] ¹
Marschböden	Oberboden	ca. 1.000 – 1.100
	B-Boden	ca. 3.600 – 3.700
	C-Boden	ca. 11.800
Geestböden (sandig)	Oberboden	ca. 41.600
	B-Boden	ca. 16.300
	C-Boden	ca. 28.600
Geestböden (bindig)	Oberboden	ca. 25.600 – 28.500
	B-Boden	ca. 5.600 – 7.800
	C-Boden	ca. 7.500 – 9.300
Flachgründige Moore	Oberboden	ca. 1.500 – 1.700
	B-Boden	ca. 500 – 700
	C-Boden	ca. 800 – 1.000
Tiefgründige Moore	Oberboden	ca. 2.400 – 2.500
	B-Boden	ca. 5.200 – 5.400
	C-Boden	ca. 9.300 – 9.400
Plaggenesche	Oberboden	ca. 8.800 – 9.900
	B-Boden	ca. 2.100 – 3.000
	C1-Boden	ca. 900 – 1.300
	C2-Boden	ca. 4.400 – 5.600
Summe	Oberboden	ca. 80.900 – 85.300
	B-Boden	ca. 33.300 – 36.900
	C-Boden	ca. 63.300 – 67.000
	Gesamt	ca. 177.500 – 189.200

¹ Kleinere Angabe: Böschungswinkel Rohrgraben = 60°;
Größere Angabe: Böschungswinkel Rohrgraben = 45°

Im Zusammenhang mit der Zwischenlagerung sind folgende Punkte zu beachten:

- Möglichst in einem Arbeitsgang Boden abtragen und seitlich ablegen.
- Längere Transportwege und Umlagerungen vermeiden.
- Trapezförmig profilierte Mieten möglichst direkt auf benachbarten Oberboden bzw. Unterboden anlegen.
- Schütthöhe Unterbodenmieten maximal 3 m (ggf. geringer), Oberbodenmieten bis 2 m [17]. Bei instabilen Bodenverhältnissen sollte die Mietenhöhe reduziert werden, um den Überlagerungsdruck möglichst gering zu halten.
- Bei längerer Lagerzeit mineralischer Böden sollen die Depots gut durchlüftet sein (möglichst trockene Schüttung).
- Mieten aus organischem Bodenmaterial sind mit Planen wasserundurchlässig abzudecken und vor Austrocknung zu schützen.

- Mieten und Baubedarfsflächen nach Möglichkeit nicht auf gering tragfähigen und dauerhaft vernässten Böden (moorige und anmoorige Böden) anlegen.
- Bei erforderlicher Beanspruchung von organischen Böden, lastverteilende Maßnahmen ergreifen und Boden im Vorfeld drainieren. Beanspruchung organischer Böden sind zeitlich und räumlich auf das erforderliche Maß zu reduzieren [19].
- Getrennte Lagerung von Ober- und Unterboden gem. Regelarbeitsstreifen (vgl. Kapitel 1.3.4 dieser Unterlage). Ein ggf. vierter Horizont, der auf der Aushubseite keinen Platz findet, wird seitlich zur Oberbodenmiete auf der Arbeitsseite gelagert. Substratvermischungen sind zu vermeiden.
- Im Bereich von Obstbauflächen ist eine geringe Überlappung der B-Bodenmiete und der C-Bodenmiete zulässig, um eine zusätzliche Verringerung der Arbeitsstreifenbreite und damit eine Minimierung des Eingriffs in die Wirtschaftsflächen zu erzielen. Hierbei wird zunächst die B-Bodenmiete angelegt und mit der Baggerschaufel profiliert. Anschließend wird der ausgehobene C-Boden direkt an die profilierte B-Bodenmiete und somit überlagernd abgelegt. Die Profilierung ermöglicht eine saubere Trennung beider Mieten im Zuge des Rückbaus und damit eine schichtengetreue Wiederverfüllung des Rohrgrabens. Das Vorgehen ist mit der BBB abzustimmen.
- Bei einer Lagerung von länger als zwei Monaten ist eine Zwischenbegrünung vorgesehen (unmittelbar nach Aufschütten der Miete; DIN 19731 beachten [17]). Gem. DIN 18915 [18] sind Saatgutmischungen mit tiefwurzelnden, wasserzehrenden und gegebenenfalls winterharten Pflanzen zu verwenden, z. B. Luzerne, Roggen, Lupine, Ölrettich, Senf.
- Mineralische Fremdmaterialien und Bauabfälle werden in separaten Mieten zwischengelagert und nicht mit dem Bodenaushub vermischt.
- Mieten nicht in Muldenlage anlegen.
- Ggf. Entwässerung einrichten.
- Mieten nicht befahren.

4.2.3 Wiederherstellung

Die Wiederherstellung des Bodens muss ebenso fachgerecht erfolgen wie der Aushub und die Zwischenlagerung, um in möglichst kurzer Zeit eine Regeneration des in seinen Funktionen beeinträchtigten Bodens zu erreichen. Wenn ortsfremder Boden zugeführt wird (z. B. Sand oder Austausch- bzw. Andeckungssubstrat) muss dessen Eignung hinsichtlich der physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie die Schadstofffreiheit im Vorfeld nachgewiesen sein (vgl. Kapitel 4.4 dieser Unterlage). Auch der fachgerechte Rückbau von bauzeitlich anderweitig genutzten Flächen (z. B. Materiallager, befestigte Baustraßen, Zuwegungen, Rohrlagerplätze) ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung.

Folgende Punkte sind im Themenbereich Wiederherstellung relevant:

- Erdarbeiten können in bindigen Substraten (in Abstimmung mit der BBB) bis Konsistenzbereich ko3 (vgl. DIN19639 [19]) des umzulagernden Materials stattfinden.
- Bodenhorizonte/ -schichten (Ober und Unterboden) sowie Grundwasserdeckschichten werden in ursprünglicher Tiefenlage schichtenkonform wieder eingebaut.
- Vermeidung übermäßiger Verdichtung oder Verschmierung des Unterbodens.
- Nach Wiederverfüllung der Baugrube mit dem Bodenaushub und dessen strukturschonender Verdichtung sollte die Lagerungsdichte und Durchlässigkeit weder höher, noch geringer als die des natürlicherweise anstehenden Bodens sein.
- Das Befahren von Bodenmieten ist insbesondere bei bindigen Böden zu vermeiden.
- Das Unterbodenplanum ist wie folgt zu erstellen: Rückverdichtung mittels, wo erforderlich neigbarer, Baggerschaufel (keine Schaffuß- oder Grabenwalze, insb. keine Vibration), B-Bodenplanum nötigenfalls mit Kettenfahrzeugen mit geringen Kontaktflächendrücken befahren und nicht glattstreichen.
- Oberbodenplanum: Befahren mit Kettenfahrzeugen. Leichte Überhöhung bei bindigen Böden einplanen, um dem Boden eine natürliche Setzung zu ermöglichen und spätere Geländedepressionen zu vermeiden.
- Ggf. Wiederherstellung von Gräben oder Grütten.
- Oberbodenaushub möglichst nicht abfahren, sondern Vorort wiederverwerten.
- Sollte in Ausnahmefällen Oberboden zur ordnungsgemäßen Wiederverfüllung fehlen, muss das ortsfremde Substrat bzgl. Zusammensetzung und Textur der Qualität des Bodens im Bereich der Auffüllung entsprechen und im Hinblick auf seine Eignung gem. Anforderungen der BBodSchV zertifiziert sein.
- Dokumentation des Bodenzustandes nach der Rekultivierung durch begleitende Untersuchungen durch die BBB (Horizontmächtigkeiten, Substratvermischungen, Verdichtungen; sog. Einbaukontrolle).

Durch die Verlegung der Leitung und ggf. den Einbau von Sand können Überschussbodenmengen entstehen (vgl. Kapitel 3.2.4 dieser Unterlage). Im Sinne des Bodenschutzes sowie der Abfallvermeidung sollten die entsprechenden Überschussvolumina unmittelbar vor Ort verwertet und nicht entsorgt werden. Um späteren Setzungen entgegenzuwirken, kann der Boden bei der Rückverfüllung des Rohrgrabens mit einer Überhöhung eingebaut werden. Diese sollte jedoch eine

Höhe von 0,15 m nicht überschreiten, da ansonsten eine problemlose Flächenbewirtschaftung durch landwirtschaftliche Maschinen nicht mehr gewährleistet werden kann. Um die Überhöhung zu reduzieren, kann bei Vorliegen entsprechender Eignung überschüssiges Bodenmaterial alternativ auf einer größeren Fläche (auf dem Unterboden oder Untergrund, je nach Materialeignung) aufgebracht werden. Hierzu wird der vorhandene Boden einseitig oder beidseitig des Rohrgrabens, jedoch innerhalb des Arbeitsstreifens, bedarfsweise abgetragen, das entsprechende Bodenmaterial aufgetragen und das vorab abgetragene Bodenmaterial wieder aufgetragen. Dies erfolgt nur, wenn eine vergleichbare Textur vorliegt und insbesondere nicht, wenn bindiges Überschussmaterial auf sandiges Bodenmaterial aufgebracht werden würde, um keine Stauschichten zu verursachen. In sandigen Böden (Leitbodentypen „Geest (sandig)“ und „Plaggenesche“) erfolgt kein Einbau mit Überhöhung, da das grobkörnige, gut verdichtbare Bodenmaterial keine natürliche Setzung erwarten lässt. Überschussbodenmaterial, welches nicht vor Ort verwertet werden kann, wird gem. geltender Vorschriften fachgerecht entsorgt (vgl. Kapitel 4.5 dieser Unterlage).

Die jeweils erforderlichen Flächen lassen sich aus den zu erwartenden Überschussvolumina sowie der zulässigen Überhöhung berechnen (bezogen auf das gesamte Überschussbodenmaterial aus B- und C-Boden; vgl. Tabelle 19).

Zum aktuellen Zeitpunkt ist es nicht bekannt, bis zu welcher Maximalbreite dieses Vorgehen tatsächlich stattfinden wird, daher dient die Berechnung an dieser Stelle lediglich als Anhaltspunkt.

Tabelle 19: Rechnerische Ermittlung der erforderlichen Fläche für die Verwertung von Überschussbodenvolumina durch flächige Verteilung im Arbeitsstreifen

Bodenaustausch/ Einsandung	Verdrängung durch	Böschungswinkel Rohrgraben	Überschussvolumen [m ³ /lfd. m]	Rechnerische Überhöhung im Grabenbereich [m] ¹	Erforderliche Fläche ² (ohne Rohrgraben) [m ² /lfd. m]
Offener Rohrgraben					
Nein	Leitungsrohr	45°	0,64	0,10	-
		60°	0,64	0,16	4,27 (0,27)
Ja	Leitungsrohr + Einsandung	45°	2,5	0,42	16,7 (10,8)
		60°	2,1	0,53	14,0 (10,0)
Spundung					
Nein	Leitungsrohr	-	0,64	0,32	4,27 (2,27)
Ja	Leitungsrohr + Einsandung	-	2,6	1,3	17,3 (15,3)

¹ Bei Verteilung des Überschussvolumens ausschließlich im Rohrgrabenbereich (Breite 60°=4,0 m; Breite 45°=5,9 m; Breite Spundung=2,0 m)

² Zur Reduzierung der Überhöhung auf 0,15 m durch Verteilung des Überschussbodens auf dem Unterboden rechts und links neben dem Rohrgraben

4.3 Vermeidung von Erosion

Im Rahmen der einzelnen Baumaßnahmen und den sonstigen Flächeninanspruchnahmen wird in Teilen die bestehende Vegetation (bspw. Grasnarbe) beeinträchtigt bzw. komplett zerstört (bspw. im Bereich von langfristig angelegten Baustraßen, Rohrlagerplätzen oder bei tiefbaulichen Eingriffen).

Grundsätzlich sind frisch rekultivierte Böden nach Abschluss der Baumaßnahmen besonders erosionsanfällig. Aus diesem Grund ist eine zügige Ansaat unabdingbar (vgl. auch Kapitel 4.18 dieser Unterlage), damit sich möglichst schnell eine schützende Vegetationsdecke bildet, welche die Gefahr der Erosion verringert. Auch beim Anlegen von Bodenmieten können Formen der Bodenerosion auftreten und müssen entsprechend berücksichtigt werden.

Folgende Punkte sind im Themenbereich Vermeidung von Erosion für den Trassenverlauf relevant (vgl. u. a. auch Empfehlungen des UBA [25] [26]):

- Gewährleistung einer möglichst kurzen Zeit ohne Bodenbedeckung der betroffenen Bereiche (schnelle Ansaat).
- Verkürzung der erosiven Angriffslänge mittels Teilflächenbearbeitung; gezielte Querrillenbearbeitung.
- Im Bereich von Ackerflächen sollte bei größeren betroffenen Flächen die Ansaat einer Zwischenfrucht geprüft werden.
- In Rücksprache mit der BBB: Ggf. Zuführen von organischer Substanz, ggf. Strukturkalkung (Fördern und Erhalten der Bodenstruktur).
- Bei längerfristigen Anlagen von Bodenmieten in erosionsgefährdeten Bereichen (insbesondere Winderosion):
 - Begrünung der Oberbodenmieten (die entsprechende Saatmischung wird in Rücksprache mit der bodenkundlichen und umweltfachlichen Baubegleitung festgelegt).
 - Ggf. Abdeckung von Unterbodenmieten und rein organischen Substraten (bspw. Geotextil, Silofolie).
 - Befeuchtung des Bodens bei ungenügender Begrünung und erwarteten starken erosiven Winden.
 - Nach Möglichkeit keine ungeschützten Zwischenstände während des Winterhalbjahres.

- Bei der Anlage von Baustraßen aus mineralischem Material oder Holzhack-schnitzeln wird das unterliegende Geotextil mit mind. 1,0 m Überlappung zu beiden Seiten der Baustraße verlegt, um eine Vermischung des anstehenden Bodens mit potentiell abgeschwemmten/erodierten Baustraßenmaterialien zu verhindern. Darüber hinaus ist eine geeignete Neigung zu berücksichtigen, welche den Abfluss von Niederschlagswasser gewährleistet, jedoch gleichzeitig keine Erosionserscheinungen an der Baustraße hervorruft.
- Sollte die die Baustraße den natürlichen, oberflächlichen Abfluss von Niederschlagswasser verhindern, können zusätzliche Wassererosionserscheinungen auftreten. Um dies zu vermeiden werden in entsprechenden Fällen Verrohrungen in der Baustraße eingerichtet, die den Abfluss gewährleisten.

4.4 Mineralisches Fremdmaterial

Im Rahmen der Baumaßnahme kommt es zum Einsatz von unterschiedlichen Arten an Fremdmaterial. Es handelt sich hierbei um Material, welches zur Erfüllung technischer Vorgaben dient (z. B. Sande für die Sauberkeitsschicht) und um Material, welches zur Beseitigung von möglichen Baumängeln (z. B. Versackungen) aufgetragen wird und die natürliche Bodenfunktionen übernehmen soll. In beiden Fällen wird das Ein- und Aufbringen von Material durch die BBB überwacht, bilanziert und dokumentiert.

4.4.1 Einbau von Fremdmaterial zur Erfüllung technischer Vorgaben

Bei der Verwendung von mineralischem Fremdmaterial, welches dauerhaft im Bereich unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht eingebaut werden soll, ist vorab eine Eignung nach (§ 19 Abs. 1 ErsatzbaustoffV) nachzuweisen. Hierzu muss das Material die Materialwerte der Klassen BM-0/0* der Ersatzbaustoffverordnung erfüllen. Dadurch werden nachteilige Veränderung der Grundwasser- und Bodenbeschaffenheit ausgeschlossen Nach § 21 Abs. 3 ErsatzbaustoffV ist der Einsatz von Stoffen oder Materialklassen, die nicht in der Ersatzbaustoffverordnung geregelt sind, nur auf Antrag mit Genehmigung nach einer einzelfallbezogenen Prüfung durch die zuständige Untere Abfall- und Bodenschutzbehörde zulässig.

Eignungszertifikate werden durch die BBB im Vorfeld des Einsatzes auf die vorgegebenen Anforderungen hin geprüft. Über Lieferscheine wird der Einbau dokumentiert und kann der zuständigen Behörde auf Verlangen vorgelegt werden. Zusätzlich ist vor Anlieferung des Fremdmaterials nachzuweisen, dass das Bodenmaterial den bautechnischen Anforderungen in Hinblick auf die Korngrößenverteilung und den bodenphysikalischen Eigenschaften entspricht.

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen noch keine Informationen vor, von welchen Herstellern/Zulieferern die Fremdmaterialien stammen, die während der Bauphase zum Einsatz kommen.

4.4.2 Einbau von Fremdmaterial in die durchwurzelbare Bodenschicht landwirtschaftlich genutzter Flächen

Sollte in Folge von baubedingten Bodenschäden oder Versackungen ein Austausch oder das Aufbringen von Material notwendig werden, muss die Eignung des Materials im Vorfeld nachgewiesen sein, um schädliche Bodenveränderung und eine Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen laut BBodSchG zu vermeiden. Gemäß § 6 Abs. 2 Nr. 1 BBodSchV bzw. § 7 Abs. 2 der BBodSchV und § 7 BBodSchG sind vor dem Auf- und Einbringen die notwendigen Untersuchungen der Materialien für ihre Eignung nachzuweisen. Hierfür gelten unter anderem die Vorgaben der Anlage 1, Tabelle 1 und 2 der BBodSchV oder der Anlage 1 Tabelle 3 der ErsatzbaustoffV.

Das zum Auftrag oder Austausch genutzte Material muss hinsichtlich seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften (insbesondere Textur, pH-Wert, Humusgehalt) geeignet und schadstofffrei sein. Dabei kann es sich auch um mineralisches Material aus dem Rückbau der Baustraßen handeln.

Zur Sicherstellung der Unbedenklichkeit dürfen die Materialwerte beim Auf- und Einbringen in oder auf eine durchwurzelbare Bodenschicht oder Herstellen einer durchwurzelbaren Bodenschicht bei landwirtschaftlicher Folgenutzung 70 % der Vorsorgewerte nach BBodSchV nicht überschreiten. Des Weiteren ist auf landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Böden die Ertragsfähigkeit nachhaltig zu sichern, wobei zu beachten ist, dass die Nährstoffzufuhr nach Menge und Verfügbarkeit dem Pflanzenbedarf der Folgevegetation angepasst wird [18]. Zudem darf Material, welches insbesondere im Bearbeitungshorizont eingesetzt werden soll, nur einen vernachlässigbaren Anteil an Störstoffen aufweisen.

Informationen über die benötigten Eigenschaften von Austausch- und Auftragsmaterial werden baubegleitend bei der bodenkundlichen Baubegleitung eingeholt. Grundsätzlich muss Material, welches für einen Austausch von Boden oder für einen Auftrag vorgesehen ist, zertifiziert bzw. durch die bodenkundliche Baubegleitung freigegeben worden sein, bevor es Verwendung findet. Dies gilt auch für das Material der Baustraßen.

Im Zuge des Bodenauftrags ist, wie während der gesamten Baumaßnahme, der vorhandene Oberboden nur minimal zu belasten und vor Verdichtungen, Verunreinigungen und anderen Schäden zu schützen. Die Befahrung für die Auftragsarbeiten soll bodenschonend erfolgen, um weitere Beeinträchtigungen zu vermeiden. Der Auftrag muss insbesondere so erfolgen, dass das Material ohne Verdichtung

eingebaut sowie die Gefügestabilität und Porenkontinuität gewährleistet ist. Nach DIN 19731 [17] ist beim Auftragen durch Berücksichtigung des Bodenwassergehaltes auf die Sicherung oder den Aufbau eines stabilen Bodengefüges hinzuwirken.

Bei Auftreten von Schäden oder Versackungen muss zeitnah auf den Verlust von Volumen in geeigneter Weise reagiert werden, um den Bereich in möglichst kurzer Zeit wieder landwirtschaftlich bewirtschaften zu können. Insbesondere auf der Fläche stehendes Wasser verhindert jegliche physikalische Regeneration und Nutzung des Bodens. Für den Bodenauftrag zur Beseitigung der Mängel, soll bei geeigneter Bodenfeuchte, bestenfalls die vorhandene Baustelleninfrastruktur genutzt werden, was die Entstehung von Zusatzkosten verhindert und den notwendigen Eingriff minimiert.

4.5 Mineralisches Abfallmanagement/Verwertung von Ersatzbaustoffen

Bei der Durchführung der Erdbauarbeiten können unterschiedliche mineralische Ersatzbaustoffe und Abfallarten anfallen, deren Umgang fachgerecht koordiniert und deren Verwertung oder Entsorgung ordnungsgemäß beurteilt und dokumentiert wird (Erfassung der Abfallarten oder Ersatzbaustoffe inkl. Mengenermittlung, Deklaration und der Festlegung der jeweiligen Verwertungsmöglichkeiten oder Entsorgungswege). Es gilt dabei den Grundsatz „Verwertung vor Beseitigung“ zu beachten [10].

Im Rahmen der Errichtung der Leitung fällt überschüssiges Material an, welches durch das zusätzliche Volumen des eingebrachten Leitungsrohrs sowie ggf. des Bettungsmaterials zustande kommt. Die in Tabelle 20 dargestellten Werte berücksichtigen nicht die mögliche Verteilung überschüssigen Bodenmaterials auf dem Unterboden in einem Bereich außerhalb des Rohrgrabens (vgl. Tabelle 19), da die konkrete Vorgehensweise in diesem Zusammenhang durch das bauausführende Unternehmen geplant wird. Somit stellt die durchgeführte Berechnung einen Worst-Case-Ansatz dar, wenngleich im Bauablauf voraussichtlich geringere Mengen an Überschussbodenmaterial anfallen werden.

Tabelle 20: Berechnung der insgesamt entstehenden Überschussvolumina¹

Leitbodentyp	Volumen [m ³]
Marschböden	Ca. 4.000
Geestböden (sandig)	Ca. 3.500
Geestböden (bindig)	Ca. 6.500
Flachgründige Moore	Ca. 350
Tiefgründige Moore	Ca. 4.600
Plaggenesche	Ca. 800

¹ Unter Berücksichtigung eines Rückbaues des Bodenmaterials mit einer Überhöhung von 0,15 cm (außer in den Leitbodentypen „Geestböden (sandig)“ und „Plaggenesche“)

Für den Umgang mit mineralischen Ersatzbaustoffen oder Abfällen ist folgendes zu beachten:

- Gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz [10] muss die Entstehung neuen Abfalls möglichst vermieden werden (vgl. Abfallhierarchie nach § 6 Abs. 1 KrWG). Sofern dies nicht möglich ist, müssen Ersatzbaustoffe bzw. muss mineralischer Abfall gemäß durchgeführter Deklaration möglichst hochwertig wiederverwendet bzw. verwertet werden.
- Für die Entsorgung/Verwertung muss ein Entsorgungsfachbetrieb beauftragt werden. Die Abfälle sind dann gegen Entsorgungs- oder Übernahmenachweise zu entsorgen/verwerten.
- Eine Beprobung des Zwischenlagers wird chargenweise zeitnah nach Aushub unter Berücksichtigung der Mengen in Anlehnung an die LAGA M32 PN98 [12] bzw. gem. § 8 der ErsatzbaustoffV [5] am jeweiligen Haufwerk durchgeführt. Ggf. werden bei Bedarf zusätzlich für eine zuvorkommende Klassifizierung in-situ Beprobungen durchgeführt.
- Die Verwertung oder die Einbauweise des Materials wird entsprechend den Vorgaben der ErsatzbaustoffV und der BBodSchV klassifiziert.
- Bodenmaterial kann für eine Verwertung in der durchwurzelbaren Bodenschicht auf landwirtschaftlichen Nutzflächen freigegeben werden, sofern die entstehende durchwurzelbare Bodenschicht 70 % der Vorsorgewerte gem. BBodSchV bzw. die Werte der Materialklasse BM-0 gem. ErsatzbaustoffV einhält [5].
- Für das Auf- oder Einbringen von Bodenmaterialien (nach § 7 oder § 8 Abs. 1 bis 3, Abs. 5 bis 6 und Abs. 8 BBodSchV) in den Boden in Mengen >500 m³ muss die Maßnahme der jeweils zuständigen unteren Bodenschutz-/Abfallbehörde rechtzeitig angezeigt werden (§ 6 Abs. 8 BBodSchV).
- Humusfreies, organoleptisch unauffälliges Bodenmaterial, welches der Materialklasse BM-0 oder BM-0* zugeordnet ist, kann mit Zustimmung der unteren Bodenschutzbehörde zur Herstellung natürlicher Bodenfunktionen (bodenähnliche Anwendung) in dafür geeignete und genehmigte landwirtschaftliche Flächen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht eingebracht, für die in der ErsatzbaustoffV vorgesehenen Einbauweisen verwendet oder für eine gleichwertige Verwendung an einen Entsorgungs-/Verwertungsfachbetrieb abgegeben werden.
- Material, welches den Materialklassen >BM-0 BM-0* zugeordnet wird (bis max. Materialklasse BM-F3), kann unter Abstimmung mit den zuständigen Behörden ggf. für die Verfüllung von Abgrabungen, zur Baugrundverbesserung oder den gesicherten Einbau in technische Bauwerke gem. Einbauweisen ErsatzbaustoffV genutzt oder an Fachbetriebe für die ordnungsgemäße Verwertung / Entsorgung abgegeben werden.

- Für Material der Materialklasse >BM-F3 gilt nach erweiterter Deklarationsanalytik gem. DepV die Entsorgung nach ermittelter Deponieklasse. Gefährlicher Abfall unterliegt den Vorgaben des Abfallnachweisverfahrens und wird an zertifizierte Entsorgungsfachbetriebe im Begleitscheinverfahren abgegeben. Ungefährliches Material wird im Übernahmescheinverfahren abgegeben.
- Das Material aus den Zwischenlagern wird nach Untersuchung und Beurteilung gegen Nachweis vom Entsorger bzw. Abnehmer übernommen.
- In allen Fällen ist der Verbleib des Materials nachzuweisen und zu dokumentieren. Entsorgungsnachweise sind zeitnah projektbegleitend zu erbringen und der bodenkundlichen Baubegleitung zu übermitteln sowie auf Verlangen den zuständigen Behörden vorzulegen.

Der im Zuge der Erdarbeiten anfallende Aushub ist soweit möglich vor Ort wieder zu verwerten. Die zuvor ausgehobenen Ober- und Unterbodenhorizonte sind zur Herstellung des ursprünglichen Bodenaufbaus schichtenkonform wieder einzubauen. Die Menge an Überschussboden, der abzufahren ist, ist auf ein Minimum zu reduzieren. Dies gilt insbesondere für stark humosen Oberboden und Torf, welcher oft schwerer einer ortsfremden Wiederverwertung zugeführt werden kann. Abzufahrender Boden ist zudem chemisch nach Ersatzbaustoffverordnung [5] zu analysieren, um den Boden gemäß seiner Materialklasse einer fachgerechten, ortsfremden Wiederverwertung zuzuführen. Die Beprobung des abzufahrenden Bodenmaterials erfolgt am Haufwerk nach Absprache mit dem Auftraggeber, der örtlichen Bauleitung und durch die BBB bzw. einer nach LAGA PN 98 [13] zertifizierten Person.

4.6 Altlasten und Altlastverdachtsflächen

Altlasten im Boden können durch Schadstoffausträge über die Wirkungspfade Boden-Grundwasser und Boden-Nutzpflanze sowie Boden-Mensch zu negativen Auswirkungen führen. Für die Bewertung, ob eine schädliche Bodenveränderung vorliegt, dienen analytische Messverfahren mit vorgegebenen Untersuchungsparametern und das Heranziehen der Prüf- bzw. Maßnahmenwerte nach BBodSchV. Im Entsorgungsfall greifen die Grenzwerte gem. entsprechender LAGA Mitteilungen, der ErsatzbaustoffV bzw. der Deponieverordnung. Werden Altlasten während der Baumaßnahme im Trassenbereich vorgefunden, erfolgen nachstehende Maßnahmen:

- Bei Antreffen einer Altlast im Trassen- oder Baustellenbereich werden die zuständigen Unteren Bodenschutz-/Wasserbehörden informiert und die durchzuführenden Maßnahmen abgestimmt.

- Qualifizierte Beprobung des ausgekofferten Bodens im Bereich von Altlastenverdachtsflächen sowie organoleptisch auffälliger Böden durch nach LAGA PN98 [13] zertifizierte Probennehmer.
- Lagerung des ausgehobenen zu beprobenden Materials auf einer Vliesunterlage und Sicherung des Materials mittels dichter Plane gegen Niederschlagswasserzutritt.
- Monitoring der relevanten Parameter des Abwassers aus der ggf. aktiven Bauwasserhaltung (erste Bewertung gem. Geringfügigkeitsschwellenwerte gemäß LAWA [14]).
- Die Deklarationsanalytik erfolgt gem. Parameterumfang der ErsatzbaustoffV und ggf. DepV [4] in Abstimmung mit der örtlichen Bauüberwachung durch ein akkreditiertes Labor.
- Sollte Material nicht wieder einbaufähig sein, wird dieses abtransportiert und einer fachgerechten Verwertung/Entsorgung zugeführt. Ein Entsorgungsnachweis ist erforderlich.
- Gefährlicher Abfall wird dabei im elektronischen Nachweisverfahren mit Entsorgungsnachweis und im Begleitscheinverfahren entsorgt.
- Die Entsorgung von ungefährlichem Material erfolgt im Übernahmescheinverfahren.
- Ggf. benötigtes (Austausch-) Material wird vor dem Einbau hinsichtlich seiner Eignung gemäß §§ 6-8 BBodSchV oder ErsatzbaustoffV geprüft bzw. zugelassen (ggf. Korngrößenanalyse, pH-Wert, Humusgehalt).

In einem Abstand von ca. 300 m um die geplante Leitungstrasse sind im Altlastenkataster Niedersachsens 100 Altlasten/Altstagnierungen verzeichnet (vgl. Plananlage F1, Karte 10) [XXII]. Zu letzteren zählen aktive und nicht mehr aktive Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen (Diesel-/Heizölanlagen überwiegend in Gebäuden), Lager für Jauche, Gülle und Silage sowie Kleinkläranlagen. Die Lokationen dieser Standorte liegen vor, werden im Rahmen dieses Konzepts jedoch nicht detailliert aufgeführt, da von ihnen keine unmittelbare Gefahr ausgeht.

Vier Standorte sind als „Altstandorte“ geführt (vgl. Tabelle 21). Angaben zur Art der Belastung, der Flächengröße bzw. dem Volumen liegen nicht vor. Sie sind mit einem Abstand von ca. 100-300 m zwar nicht unmittelbar durch die Baumaßnahme betroffen, dennoch besteht grundsätzlich die Möglichkeit einer Beeinflussung z. B. im Rahmen der Bauwasserhaltung. Grundsätzlich gelten hier die zuvor beschriebenen Schutzmaßnahmen sowie ggf. durch die Untere Abfall- bzw. Bodenschutzbehörde formulierte Auflagen.

Tabelle 21: Bekannte Altstandorte in max. 300 m Entfernung zum Trassenverlauf gem. amtlicher Altlastenauskunft [XXII]

ID	Art	Status	Entfernung zur Trasse [m]
20032762	Altstandort	Aktiv	Ca. 100
20131191	Altstandort	Aktiv	Ca. 120
20131098	Altstandort	Aktiv	Ca. 190
20131228	Altstandort	Aktiv	Ca. 300

4.7 Bodenfeuchte und mechanische Bodenstabilität

Neben Bodentyp und Bodenart sowie der eingesetzten Maschine, ist der Haupteinflussfaktor für die Befahrbarkeit die zum aktuellen Zeitpunkt vorherrschende Bodenfeuchte. Grundsätzlich sollte eine Befahrung möglichst im trockenen Zustand erfolgen, da trockene Böden tragfähiger (mechanisch stabiler) sind und übermäßige Verdichtungen und damit Beeinträchtigungen ertragsrelevanter Bodenfunktionen minimiert werden [27].

Da naturgemäß nicht dauerhaft trockene Böden vorliegen, muss ein Instrument für einen sachgerechten Maschineneinsatz vorliegen, welches die Befahrbarkeit nach Möglichkeit zulässt, jedoch gleichzeitig möglichst verhindert, dass exzessive Bodenverdichtungen mit entsprechend nachteiligen Auswirkungen verursacht werden. Dabei können und müssen oberflächliche Bodenverdichtungen akzeptiert werden, da diese im Zuge der Rekultivierung problemlos bei entsprechender Bodenwasserspannung wieder entfernt werden können. Unterbodenverdichtungen bzw. Verdichtungen in einer Tiefe von >30 cm unter der Baustraße (bei Errichtung von Baustraßen auf dem Unterboden) sollen dagegen unbedingt vermieden werden, da sie, wenn überhaupt (insb. bei bindigen Substraten und hohem Grundwasserstand), nur mit großem finanziellem und technischem Aufwand wieder melioriert werden können. Weiterhin wirken sich Verdichtungsschäden, insbesondere die des Unterbodens, negativ auf die Ertragsfähigkeit aus.

Zur Kontrolle der Lagerungsverhältnisse werden im Zuge der Einbaukontrollen baubegleitende Penetrologermessungen durchgeführt, um den tiefenabhängigen Eindringwiderstand, also den Verdichtungszustand der Böden (insbesondere im Bereich von Baustraßen) nach der bauzeitlichen Beanspruchung, im Vergleich zum bauzeitlich nicht in Anspruch genommenen benachbarten Boden (Beweissicherung Referenz) zu bestimmen und ggf. Meliorationsempfehlungen (z. B. Lockerungsmaßnahmen) abzuleiten.

4.8 Tiefbauliche Eingriffe in Moore

Einige Abschnitte der Trasse liegen in Bereichen mit mineralisch nur schwach überdeckten organischen oder rein organischen Substraten. Die Stabilität von Torfen

ist grundsätzlich stark von ihrem Zersetzungsgrad abhängig. Generell sollten folgende Besonderheiten im Zuge der tiefbaulichen Arbeiten in Mooren beachtet werden:

- Aufgrund der geringen Tragfähigkeit des Bodens sollten abseits von temporär befestigten Baustraßen nur Maschinen mit geringen Kontaktflächendrücken eingesetzt werden (z. B. Bagger mit Moorkettenlaufwerk, vgl. Kapitel 4.10.2 dieser Unterlage)
- Mieten aus organischen Substraten (Torf) unterliegen bei Kontakt mit Luftsauerstoff Mineralisierungsprozessen und dürfen nicht stark austrocknen (Zwischenlagerung so kurz wie möglich (Bauzeitenregelung); ggf. Mieten profilieren oder mit Folie abdecken), um Schrumpfung und Mineralisation der organischen Substanz so gering wie möglich zu halten.
- Die Wände der Baugruben sollten bei längerer Bauzeit in naturnahen Torfen (geringe Zersetzungsgrade) erforderlichenfalls gegen Austrocknung gesichert werden, um Volumenverluste und damit einhergehende Sackungen (Bildung von Setzungsmulden an der Oberfläche) zu vermeiden.
- Vermischungen von mineralischem mit organischem Material in der aeroben Bodenzone sollten unbedingt vermieden werden (insbesondere besteht bei Eintrag von Torf in den Oberboden die Gefahr von Volumen- und Stabilitätsverlusten).
- Wasserhaltungsmaßnahmen sollten auf das unbedingt erforderliche Maß beschränkt werden, um die Entwässerung, Belüftung und damit potentielle Sackungen angrenzender Bereiche zu minimieren.

4.9 Tiefbauliche Eingriffe in aktuell oder potentiell sulfatsaure Substrate

Das Antreffen aktuell und potentiell sulfatsaurer Substrate im Baufeld ist innerhalb der ersten fünf Trassenkilometer zu erwarten. Entsprechende erkundende Laboruntersuchungen wurden durchgeführt (vgl. Kapitel 2.6 dieser Unterlage). Da sulfatsaure Bodeneigenschaften zum Teil ein nesterartiges Auftreten haben, wird zusätzlich im Zuge des Öffnens von Baugruben nach Hinweisen auf z. B. das Vorkommen von schwarzem Eisensulfid oder gelblichen Eisenausfällungen (Jarosit) geachtet. Bei Hinweisen auf diese Merkmale werden ggf. weitere horizontspezifische Erkundungen des Bodens veranlasst, um die Bodentrennung weiter zu optimieren.

Bei Nachweis bzw. Antreffen von sulfatsaurem Material sind folgende Maßnahmen im Zuge der tiefbaulichen Arbeiten zu beachten und umzusetzen:

- Vermischungen von aktuell sulfatsaurem bzw. potentiell sulfatsaurem mit nicht sulfatsaurem Material (einzeln ausheben und zwischenlagern; i. d. R. Trennung nach Oberboden sowie aktuell und potentiell sulfatsaurem Material) sind bestmöglich auszuschließen.
- Lagerzeiten (v. a. von potentiell sulfatsaurem Material) sind so kurz wie möglich zu halten.
- Kurzfristige Zwischenlagerung auf benachbartem Oberboden ist möglich (Säureausträge können bei Hinweis auf Versauerungsprozesse ggf. von der BBB feldmethodisch ermittelt werden).
- Bauwasserhaltungsmaßnahmen auf das unbedingt erforderliche Maß beschränken.
- Austrocknung von sulfatsaurem Material bestmöglich vermeiden. Dies kann in Abstimmung mit der BBB durch das Profilieren von Bodenmieten und bei absehbar sehr warmer und trockener Witterung bzw. langer Lagerungszeit durch das Abdecken der Mieten mit Folie stattfinden.
- Beim Wiedereinbau wird der Boden aktuell und potentiell sulfatsaurer Depots bestmöglich vom anstehenden Oberboden entfernt.
- Potentiell sulfatsaurer Boden wird möglichst schichtenkonform unterhalb der Grundwasseroberfläche anaerob wieder eingebaut.
- Aktuell sulfatsaurer Boden wird in ursprünglicher Tiefenlage wieder eingebaut.
- Im Zuge der Rekultivierung sollten die betroffenen Flächen der ehem. Bodenlager vorsorglich gekalkt werden.
- Ggf. Durchführung begleitender Messungen der pH-Werte (ggf. vor und nach Oxidation mit H₂O₂) sowie Salzsäure-Schnelltests bei deutlichen Hinweisen nicht sachgemäßen Umgangs.
- Sollte eine Verfüllung am Ort des Ausbaus nicht möglich sein, muss das Material in Absprache mit der zuständigen Unteren Bodenschutz- und Abfallbehörde gem. Vorgaben des LBEG (vgl. [29]) bestenfalls im Bereich des Küstenholozäns subaquatisch entsorgt werden. Entsorgungsmöglichkeiten für sulfatsauren Bodenaushub über zertifizierte Entsorgungsunternehmen sind im Allgemeinen sehr begrenzt, weshalb die Abfallvermeidung grundsätzlich bevorzugt werden sollte.

4.10 Befahren des Bodens

Das Befahren des Bodens entlang der Trasse (genehmigte Zuwegungen) ist notwendig, wobei die Bodenfruchtbarkeit jedoch bestmöglich erhalten werden muss. Um dieses Ziel zu erreichen, werden unnötige und exzessive mechanische Bodenbelastungen/Verdichtungen und Störungen des Bodengefüges und seiner Funktionen sowie der natürlichen Horizontierung/Schichtung möglichst vermieden.

Für die Zuwegung zum Arbeitsstreifen während der Bauphase werden, soweit möglich, bestehende, befestigte Straßen und Zufahrten genutzt. Die notwendige Befahrung des Bodens entlang der Leitungstrasse wird grundsätzlich möglichst bodenschonend durchgeführt. Grundsätzlich ist es für alle Abschnitte außerhalb der Elbmarsch sowie der Moore vorgesehen (vgl. Plananlage F1-2, Karte 14), den anstehenden Oberboden im gesamten Arbeitsstreifen, außer im Bereich der Oberbodenmiete, abzutragen und bei Bedarf Baustraßen auf dem Unterboden anzulegen. Wo erforderlich, werden zusätzlich temporäre Befestigungen eingerichtet, um die Befahrung durch die Verringerung der einwirkenden Lasten in Relation zur Fläche insbesondere von wenig tragfähigen Böden zu ermöglichen und sie gleichzeitig ausreichend vor Schadverdichtungen zu schützen.

Sofern Oberböden direkt befahren werden, sind Kettenfahrzeuge mit möglichst langen und breiten Fahrwerken und geringem Kontaktflächendruck einzusetzen. Die Gerätewege sind möglichst kurz zu halten. Radfahrzeuge dürfen nur bei Unterschreitung des in Kapitel 4.10.2 dieser Unterlage definierten Kontaktflächendrucks abseits von befestigten Bereichen verkehren (z. B. Einsatz von Reifendruckregelsystemen).

Welche Art der für die Befahrung erforderlichen lastverteilenden Maßnahmen vorzusehen ist, ist in erster Linie abhängig von den Bodeneigenschaften im jeweils betroffenen Bereich (vgl. Plananlage F1-2, Karte 14). Entsprechende Daten liefert die bodenkundliche Kartierung [XX]. Darüber hinaus stellt auch die aktuelle Witterung (Niederschlag, Verdunstung) einen relevanten Einflussfaktor dar, sodass in Abstimmung mit der BBB ggf. kurzfristige Anpassungen des Befahrungskonzepts vorgenommen werden müssen.

4.10.1 Maschinenkataster

Bereits frühzeitig im Bauablauf müssen mittels eines Maschinenkatasters Strategien und Empfehlungen für die Böden bei unterschiedlichen Witterungsszenarien aufgestellt werden, um bodenschutzrelevante Vorgaben durch einen sachgerechten Maschineneinsatz einhalten zu können.

Hierfür wird im Vorfeld durch die bodenkundliche Baubegleitung auf Grundlage der erfassten Maschinendaten der einzusetzenden Baumaschinentypen und erhobenen Bodendaten (bodenkundliche Voruntersuchungen) für unterschiedliche Boden(feuchte)verhältnisse und Kontaktflächendrücke die zu erwartende Druckfortpflanzung und Verdichtungsgefährdung jeder am Bau beteiligten Maschine berechnet. Das Maschinenkataster ist beim Einsatz neuer Maschinen, die im Zuge der initialen Erstellung noch nicht erfasst wurden, während des Bauablaufs fortzuschreiben.

Diese Berechnung ist ein wichtiger Baustein eines vorsorgenden mechanischen Bodenschutzes, da für die Beurteilung der Verdichtungsgefährdung unterschiedlicher Böden durch Maschinenauflast der Spannungseintrag (σ) in den Boden entscheidend ist. Mit der Kombination der Ergebnisse der bodenmechanischen Voruntersuchungen für die Ableitung der Bodenstabilität und berechneten Spannungseinträge, kann jede Baumaschine, die abseits der befestigten Wege verkehren muss, dadurch schon im Vorfeld auf ihr Gefährdungspotential in Bezug auf langfristig die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigende Unterbodenverdichtungen hin bewertet werden.

Um die Bodenfeuchte zu erfassen, wird an repräsentativen Standorten (mindestens je betroffenem Leitboden und Substrat im Bereich der Baumaßnahme) ein Monitoring durchgeführt sowie die bereits vorhandenen bodenmechanischen Informationen genutzt. Während des Bauablaufes werden zudem die Niederschlagshöhen im Bereich des Baufeldes erfasst. Mit Hilfe dieser Daten lässt sich die Umlagefähigkeit der Böden und die Befahrbarkeit für jede Maschine definieren bzw. ermitteln, ob ein schadloser Einsatz unter den entsprechenden Witterungs-, bzw. Boden(feuchte)bedingungen möglich ist oder zu exzessiven Bodenbelastungen (=Unterbodenverdichtungen) führt (vgl. auch DIN 19639).

4.10.2 Baustraßen

Zum Erreichen der jeweiligen Baustellen bzw. der Trasse ist es im Zuge der Baustellenlogistik notwendig, auch solche Böden zu beanspruchen, die nicht unmittelbar durch tiefbauliche Maßnahmen beeinträchtigt werden. Die Beanspruchung entsteht hier durch das Anlegen der temporären Baustraße, die Lagerung von Bodenaushub sowie durch die Verkehrslasten. Um auf der einen Seite die für die Baustellenlogistik benötigte Standsicherheit zu gewährleisten und auf der anderen Seite die Spannungseinträge in den Boden so weit wie möglich zu verringern sowie keine Unterbodenverdichtungen und Geländeversackungen zu verursachen, ist es vorgesehen die beanspruchten Flächen in Abhängigkeit der Eigenschaften des Untergrunds, der Witterung sowie der durchgeführten Arbeiten abschnittsweise durch Baustraßen zu befestigen.

Alle Maschinen und Fahrzeuge, die gem. Maschinenkataster Verdichtungen verursachen können (worst-case Betrachtung bei Feldkapazität) welche tiefer als 30 cm reichen, dürfen den ungeschützten Boden nicht befahren. Folgende Grenzwerte für den Kontaktflächendruck der eingesetzten Maschinen lassen sich in Anlehnung an [21] für die verschiedenen Leitbodentypen definieren:

- Marsch: 80 kPa
- Geest (sandig): 160 kPa
- Geest (bindig): 120 kPa

- Flachgründige Moore: 60 kPa
- Tiefgründige Moore: 60 kPa
- Plaggenesche: 160 kPa

Die Baustraßen sind daher insbesondere für Radfahrzeuge von Bedeutung. Eine Befahrung abseits der Befestigungen ist bei Unterschreitung des jeweiligen Grenzwertes durch Fahrzeuge innerhalb des Arbeitsstreifens möglich. Dementsprechend kann die Befestigung, wenn ausschließlich Fahrzeuge mit niedrigerem Kontaktflächendruck zum Einsatz kommen, abschnittsweise entfallen.

Die temporären Befestigungen können auf verschiedene Arten und Weisen aufgebaut werden. In Tabelle 22 sind die im Trassenverlauf vorgesehenen Varianten beschrieben und in den Bodenschutzplänen (vgl. Plananlage F1-2, Karte 14) kartographisch dargestellt.

Tabelle 22: Geplante temporäre Baustellenbefestigungen

Nr. ¹	Leitbodentyp	Geplante Befestigung	Abweichung bei günstigen Bedingungen ²	Abweichung bei ungünstigen Bedingungen ²
11a	Marsch	LV auf dem Oberboden	-	LV über HS oder MB auf dem Oberboden
11b	Geest (sandig)	Ohne (Befahrung des Unterbodens)	-	LV oder MB auf dem Unterboden
11c	Geest (bindig)	MB auf dem Unterboden	LV auf dem Unterboden	LV über MB auf dem Unterboden
11d	Flachgründige Moore	MB auf dem Oberboden	LV auf dem Oberboden	LV über MB/HS auf dem Oberboden
11e	Tiefgründige Moore	MB auf dem Oberboden	LV auf dem Oberboden	LV über MB/HS auf dem Oberboden
11f	Plaggenesch	LV oder MB auf dem Unterboden	Ohne (Befahrung des Unterbodens)	LV oder MB auf dem Unterboden

LV = Lastverteilungsplatten MB = Mineralische Baustraße HS = Holzhackschnitzel

¹ Nummerierung der Bodenschutzmaßnahme gem. Tabelle 15

² Günstige/ungünstige Bedingungen ergeben sich aus den Witterungsbedingungen, lokalen Bodenfeuchteverhältnissen und technischen Anforderungen (z. B. Gewicht der eingesetzten Maschinen; Anzahl an Überfahrten)

Für Baustraßenabschnitte, die aus Lastverteilungsplatten errichtet werden gelten folgende Anforderungen:

- Evtl. muss eine Einebnung der Verlegebereiche stattfinden.
- Bei Waldquerungen werden Wurzelstöcke im Bereich der Fahrspuren im Boden belassen.

- Aufbau aus Lastverteilungsplatten (Stahl-, Aluminium-, Kunststoffplatten oder hölzerne Baggermatten). Hölzerne Baggermatten finden aus viehwirtschaftlichen Gründen keine Anwendung auf Grünlandflächen.
- Die Platten werden quer verlegt.
- In extrem instabilen, unebenen Böden lässt sich die Tragfähigkeit der Platten durch Einrichten eines Unterbaus aus zertifiziertem Rindenmulch, Holzhackschnitzel (frei von Schadstoffen und pflanzenschädigenden Stoffen, nicht auf Grünlandflächen), durch eine doppelte Ausführung oder den Einsatz von unterlagerndem Geotextil erhöhen.
- Nach Rückbau der Lastverteilungsplatten ist der in Anspruch genommene Bereich nach Empfehlung der bodenkundlichen Baubegleitung zu rekultivieren.

Für die Errichtung mineralischer Baustraßen gelten folgende Anforderungen:

- Vor dem Verlegen werden Hindernisse beseitigt.
- Bei Waldquerungen werden Wurzelstöcke im Bereich der Fahrspuren im Boden belassen.
- Für den Aufbau der mineralischen Baustraße müssen zertifizierte, schadstofffreie bzw. schwach belastete Baustoffe verwendet werden. Es gelten hierbei die Bestimmungen der ErsatzbaustoffV.
- Die Baustraße wird mit einem Geotextil als Trennschicht auf dem Oberboden realisiert.
- Das Geotextil muss mindestens GRK 3 nach TL Geok E-StB [20] aufweisen.
- Das Geotextil muss über die Baustraßenränder min. 1,0 m hinausragen, um einen Eintrag von wegsackendem Baustraßenmaterial mit dem nebenliegenden Oberboden zu vermeiden.
- Der Rückbau wird so durchgeführt, dass möglichst keine Baustoffreste auf der Oberfläche der beanspruchten Bereiche verbleiben.
- Der Rückbau der unterschiedlichen Baustoffe erfolgt getrennt und wird möglichst einer Wiederverwendung zugeführt.
- Nicht wieder verwertbares Material ist fachgerecht zu verwerten/entsorgen.

4.11 Wasserhaltung

Die notwendige Wasserhaltung richtet sich nach dem Bauwasserhaltungskonzept (vgl. Antragsunterlagen E2-2-3). Grundlage für die Bemessung und Auswahl der erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen ist die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit des anstehenden Bodens, der zur Bauzeit zu erwartende Grundwasserstand sowie das jeweils zu erreichende Absenkziel.

Aus bodenkundlich-hydrologischer Sicht sollten die Ausmaße der Wasserhaltung so gering wie möglich ausfallen (Absenzziel einhalten und möglichst kurzer Betrieb), um die anstehenden Böden möglichst wenig und nur kurz zu entwässern, Sackungen bzw. Volumenverluste zu vermeiden und die ableitende Vorflut so wenig wie nötig zu beanspruchen.

Nach Abschluss der Wasserhaltungsmaßnahmen müssen die eingesetzten Gerätschaften fachgerecht zurückgebaut werden. Spülfilter werden vollständig aus dem Boden entfernt und Vertikaldrainagen mind. 1,0 m u. GOK gekappt. Die entstandenen Hohlräume werden fachgerecht mit Quellton verfüllt.

4.12 Gewässerschutz

In unmittelbarer Nähe zum Baufeld befindliche Gewässer werden im Zuge der Wasserhaltungsmaßnahmen zur Einleitung von im Baugrubenbereich anfallenden Bauwassers temporär in Anspruch genommen. Die genaue Ausführung ergibt sich aus den Wasserrechtsanträgen (vgl. E2 „Wasserrechtliche Anträge“). Bei der Einleitung des baubedingt anfallenden Grund- und Oberflächenwassers sind schädliche Gewässerveränderungen nach dem Stand der Technik auszuschließen. Die BBB übernimmt in diesem Zusammenhang folgende Aufgaben zum Schutz der Gewässerökologie:

- Kontrolle der genutzten Vorfluter auf ordnungsgemäßen Abfluss (Sedimentfang, Strömungsdämpfer am Ende der Schlauchleitung im einzuleitenden Gewässer etc.).
- Kontrolle der Einleitpunkte hinsichtlich genehmigter Lage und böschungschonender Einleitung (z. B. durch beschwerte Vliesunterlage).
- Kontrolle der Ablaufleitungen hinsichtlich Dichtigkeit und ausreichender Länge bis zu geeigneten Einleitstellen, um flächenhafte Vernässungen angrenzender landwirtschaftlicher Flurstücke und Baustellenbereiche zu vermeiden.
- Kontrolle der Einleitmengen und ggf. der Qualität des Pumpwassers mittels Vorort-Messungen im Hinblick auf ggf. in der Genehmigung definierte Parameter.
- Kontrolle hinsichtlich des ordnungsgemäßen Rückbaus von temporären verrohrten Grabenüberfahrten und Wiederherstellung der Gewässer, Ufer sowie Beseitigung von Sedimenteinträgen, etc.

4.13 Gewässerbeschaffenheit

Die Bauwasserhaltung und die Einleitung des Grundwassers werden in den wasserrechtlichen Anträgen behandelt (vgl. Antragsunterlagen E2-2-3 „Antrag auf Entnahme und Einleitung von Grundwasser zur Bauwasserhaltung LK Stade“ und

E2-2-5 „Antrag auf Entnahme und Einleitung von Wasser für Bohrspülungen“). Durch die dort beschriebenen Maßnahmen einschließlich einer bedarfsweisen Aufbereitung des Wassers aus der Wasserhaltung wird sichergestellt, dass durch die Bautätigkeiten keine nennenswerten negativen Auswirkungen auf die Gewässerbeschaffenheit zu erwarten sind.

4.14 Umgang mit landwirtschaftlichen Drainagen

Sollten im Rahmen der Baumaßnahme landwirtschaftliche Drainagen durchschnitten oder beeinträchtigt werden, werden die vorgefundenen Drainageleitungen im Rahmen des Rohrleitungsbaus eingemessen und in der Örtlichkeit kenntlich gemacht. Der Abfluss von Wasser in den betroffenen und angrenzenden Flächen wird während der Baumaßnahme gewährleistet. Dies wird mittels temporärer Maßnahmen, wie einer Sammelleitung (Abfangdrain), vor dem Öffnen des Rohrgrabens realisiert werden.

Nach Abschluss der Erdarbeiten werden durchschnitene oder beeinträchtigte Drainagen von einer Fachfirma wiederhergestellt. Hierzu wird im Vorfeld ein Drainagekonzept erarbeitet und das konkrete Vorgehen mit den Grundeigentümern/Bewirtschaftern besprochen. Zwischenzeitlich kann eine temporäre Funktionalität des Entwässerungssystems durch Drainagebrücken realisiert werden. Hierbei werden verwitterungsträge Holzbohlen an der rechten und linken Böschungskante des Rohrgrabens in den gewachsenen Boden eingelassen, um eine Absackung des Drainagestranges im Zuge von Setzungsprozessen des Bodens im Bereich des Rohrgrabens zu verhindern. Vor der Instandsetzung wird hierbei der Rohrgraben bis zur Unterkante der Drainagebrücken zurückverfüllt und verdichtet.

Falls eine Wiederherstellung des alten Drainagesystems nicht mehr möglich ist, wird ein neues System angelegt. Grundsätzlich sind auch die Drainagearbeiten bei ungeeigneten Witterungsbedingungen zu unterbrechen, um Beeinträchtigungen und Schädigungen der Bodenstruktur zu vermeiden. Des Weiteren sind, auch bei den Drainagearbeiten, alle für den Bodenschutz relevanten Aspekte (Bodentrennung, Befahrung, Rückverdichtung, schichtenkonforme Rückverfüllung, etc.) zu beachten. Die neu eingerichteten und durch die Bauausführung beeinträchtigten Drainagen sind nach Abschluss der Arbeiten mittels Durchspülens auf ihre Funktion zu überprüfen.

4.15 Umgang mit boden- und wassergefährdenden Stoffen

Durch Einhaltung und Umsetzung von technischen und wasserrechtlichen Standards (u. a. Vorgaben des WHG [7] und der OGewV [6] bzw. GrwV [9]) können

Belastungen von Grund- und Oberflächenwasser verhindert werden. Hierbei sind insbesondere § 62 WHG „Anforderungen an den Umgang mit wassergefährlichen Stoffen“, § 34 WHG „Durchgängigkeit oberirdischer Gewässer“, § 130 NWG „Anzeige von wassergefährdenden Vorfällen“ und auch die Grenzwerte der GrwV- und OGewV zu beachten und ausweislich des Fachbeitrags Wasserrahmenrichtlinie (WRRL; vgl. Antragsunterlagen D4 „Fachbeitrag nach EU-WRRL“) eingehalten werden einzuhalten.

Es werden folgende generelle Grundsätze für den Umgang mit boden- und wassergefährdenden Stoffen abgeleitet; zusätzliche Maßnahmen werden in einem separaten Havariekonzept der bauausführenden Firma definiert:

- Wasser darf nur gemäß erteilter behördlicher Erlaubnis in Oberflächengewässer an genehmigten Einleitstellen eingeleitet werden.
- Vor der Einleitung von Wasser wird dieses durch ein Absetzbecken (Sedimentfang) geleitet.
- Die Qualität des anfallenden Wassers wird baubegleitend regelmäßig überwacht, erforderlichenfalls muss eine Abwasseraufbereitung vor der Einleitung in die Vorflut oder eine fachgerechte Verbringung des Abwassers erfolgen.
- Es wird darauf geachtet, dass wassergefährdende Stoffe (Mineralöle, Treibstoffe, etc.) ausschließlich in dichten, fachgerechten Behältern mit Auffangwannen gehalten werden. Der Umgang mit entsprechenden Stoffen findet ausschließlich in den dafür vorgesehenen Bereichen statt. Bindemittel sind vor Ort vorzuhalten.
- Dieselkolbenpumpen müssen mit Auffangwannen ausgestattet sein, welche regelmäßig zu kontrollieren und ggf. abzupumpen sind.
- Der Einsatz von Lastverteilungsplatten zur Befestigung der Baustraßen kann zusätzlich Stoffeinträge in den Boden und das Grundwasser minimieren.
- Für den Fall, dass während der Durchführung von Horizontalbohrungen Bohrspülung austritt (Ausbläser), werden folgende Schritte umgesetzt:
 - Einstellung der Bohrarbeit und Information an AG.
 - Sicherung der Ausbläserstelle. Installation von Pumpen und Förderung der Spülung zu Start- oder Zielseite.
 - Einpumpen von Stopfmitteln.
 - Ggf. Zurückziehen des Bohrstrangs zur Wiederherstellung des Rückflusses.
 - Anpassung der Spülungsparameter und/oder Bohrparameter
 - Falls nicht verschließbar, aber kontrollierbar wird die Bohrung bei Zustimmung des AG fortgesetzt
 - Vorhalten von geeigneter Ausrüstung zur Spülungsbekämpfung (Pumpen, Aggregat, Schläuche, Bagger, Zisterne)

- Einsatz ausschließlich umweltverträglicher Spülungsmaterialien
- Sofern es gemäß Betriebserlaubnis der eingesetzten Maschinen möglich ist, sind biologisch abbaubare Betriebsstoffe (Hydrauliköle, etc.) zu nutzen.
- Sollte es zu Bodenverunreinigungen kommen, sind diese fachgerecht zu beseitigen (Entsorgung oder geeignete Bodenbehandlung). Die bodenkundliche Baubegleitung ist umgehend zu informieren. Die Entsorgung ist zu dokumentieren. Tropfmengen sind sofort aufzunehmen. Eine Zwischenlagerung von verunreinigten Materialien muss immer in dafür geeigneten Bereichen bzw. in geschlossenen Auffangbehältern erfolgen.
- Sollte es Hinweise der Kontamination von Boden- und/oder Grundwasser geben bzw. die Ablagerung von bodenfremden Materialien festgestellt werden, wird dies umgehend der Unteren Bodenschutz-/Wasserbehörde sowie der bodenkundlichen Baubegleitung gemeldet.

4.16 Rekultivierung

Eine starke Bedeutung nimmt die Rekultivierung der in Anspruch genommenen landwirtschaftlichen Nutzflächen zum Ende eines Projektes ein, da diese, zusammen mit einer angepassten Folgebewirtschaftung, ein wesentlicher Faktor zur schnellstmöglichen Wiedererlangung der ursprünglichen Bodenfruchtbarkeit bzw. Ertragsfähigkeit darstellt (vgl. Plananlage F1-2, Karte 9). Aus diesem Grund wird eine Dokumentation der Rekultivierungsmaßnahmen zur Beweissicherung der Wiederherstellung durchgeführt. Die bodenkundliche Baubegleitung steht für eine Beratung mit standortspezifischen Rekultivierungsempfehlungen zur Verfügung. Mit Verfahren zur schnellstmöglichen Stabilisierung und Restrukturierung der Böden sowie einer unterstützenden Folgebewirtschaftung nach erfolgter Rekultivierung kann so zeitnah die ursprüngliche Bodenfruchtbarkeit, -Befahrbarkeit bzw. Ertragsfähigkeit wiedererlangt werden.

Folgende Punkte sind im Themenbereich Rekultivierung relevant:

- Die Rekultivierung der in Anspruch genommenen Flächen soll zeitnah nach Wiederherstellung der Fläche (mit ursprünglichem Geländere Relief) bei möglichst abgetrocknetem Oberboden erfolgen (bei Bedarf Kontrolle durch begleitende Wasserspannungs- und Niederschlagsmessungen).
- Im Normalfall (bei schonender und kontrollierter Bauausführung bzw. Maschinenwahl) entstehen nur oberflächliche Bodenverdichtungen im Bereich der Baustraßen bzw. Fahrspuren.

- Lockerungsbedarf bzw. -tiefe ergeben sich aus der berechneten Druckfortpflanzung des Baustellenverkehrs, der Überrollhäufigkeit und der Eintrags-ebene der mechanischen Beanspruchung (B-Boden). Sie kann aber bei gesonderten Fragestellungen auch über Messungen der Eindringwiderstände ermittelt werden.
- Der Einsatz flach lockernder Geräte (z. B. Grubber bis max. 0,3 m Bodentiefe) ist bei Anwendung des bodenschonenden Befahrungskonzeptes für den Oberboden zumeist ausreichend.
- Tiefere Lockerungsarbeiten im Bereich der Fahrwege ohne Befestigungen sollten nicht wendend erfolgen, um Vermischungen unterschiedlicher Bodenschichten zu verhindern.
- Eine Kontrolle des Lockerungserfolges erfolgt über Messungen der Eindringwiderstände und wird entsprechend protokolliert.
- Nach erfolgtem Oberbodenauftrag und der Erstellung des Oberbodenplans sowie Lockerung ggf. vorliegender Verdichtungen sollte bei trockenen Verhältnissen mit einer geeigneten Maschine (leichter Schlepper) eine erste Ansaat für die Folgebewirtschaftung durchgeführt werden. Nach Rücksprache mit der BBB ist eine Ansaat mit einer Saatmischung welche die zusätzliche Regeneration des beeinträchtigten Bodens auf biologischem Weg bestmöglich fördert, sinnvoll.

4.17 Dokumentation

Während der Bauausführung überwacht die BBB die Vorgaben zum Bodenschutz, identifiziert Gefährdungen oder Baumängel und erbringt im Schadensfall Nachweise über entstandene Bodenschäden [19]. Anhand von Kontrollmessungen (z. B. Wasserspannungsmessungen, Penetrologermessungen, ggf. Probenahmen und Labormessungen) können die Bauarbeiten überwacht werden, um Verstöße gegen Bodenschutzvorgaben auf der Baustelle auszuschließen oder nachzuweisen und zu dokumentieren.

Von großer Bedeutung ist dabei, dass mit der geplanten Kombination aus vorsorgendem Schutzkonzept und baubegleitender Kontrolle Gefährdungen oder unplanmäßige Beeinträchtigungen der Bodenbeschaffenheit identifiziert und unmittelbar Gegenmaßnahmen noch während der Bauausführung eingeleitet werden können.

Die Beeinträchtigung von Böden hinsichtlich ihrer Fruchtbarkeit oder ihrer ökologischen Funktionalität wird anhand bestimmter chemischer (Vorsorge, Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV, Makronährstoffgehalte gem. VDLUFA [36]) und physikalischer Parameter (Vorbelastung, Eindringwiderstand, Wasserleitfähigkeit, Infiltrationsrate, Luftkapazität, usw.) mit Hilfe von Grenz- und Schadschwellenwerten klassifiziert [19]. Nach Abschluss der Bauarbeiten erfolgt abschnittsweise

eine Kontrolle der in Anspruch genommenen Flächen und bei Bedarf eine Empfehlung zur Beseitigung von Mängeln (vgl. Kapitel 4.18 dieser Unterlage).

4.18 Melioration

Sollten trotz Beachtung der Vorgaben des Bodenschutzes durch die begleitenden Untersuchungen in Einzelfällen tiefer reichende Bodenschadverdichtungen nachgewiesen werden, die nicht mit den üblichen Standardbodenbearbeitungen zu lockern sind, sind diese im Rahmen der Rekultivierung zu meliorieren. Die Melioration sollte so erfolgen, dass keine Erosionsschäden aus den gewählten Maßnahmen zu erwarten sind. Folgende Möglichkeiten sind je nach Befund zur Schadensbehebung sinnvoll:

Mechanische Melioration (primäre Lockerung von Verdichtungen):

- Lockerungs- oder Austauschbedürftigkeit ermitteln (Eindringwiderstandsmessungen, Bohrung)
- Lockerung nur bei entsprechender Bodenfeuchte (Konsistenz bei bindigen Böden wird beachtet)
- Hublockerungs- und Abbruchlockerungsverfahren:
 - Starre Verfahren (bspw. Tiefen-, Schichtengrubber, Parapflug)
 - Bewegliche Verfahren (bspw. Wippschar-, Abbruchlockerer, Stechhub- und Hubschwenklockerer)

Hydromelioration (sekundäre Lockerung, Bedarfsdränung):

- Bodenfeuchte regulieren.
- Schrumpfdynamik fördern/ Restrukturierungsverhalten verbessern (Quellung, Schrumpfung)

Biomelioration:

- Über tiefwurzeln, winterharte und stark wasserzehrende Pflanzen (z. B. Luzerne, Lupine, Raps oder Ölrettich)
- Zufuhr organischer Substanz fördert Bioturbation durch Bodenorganismen (Megafauna im Edaphon)
- Organische Substanz als Bodenhilfsstoff für sandige Böden (Rottemist, Gründüngung, Kompost, Torf).

Auch solche gesonderten Maßnahmen werden, falls die BBB diese für erforderlich erachtet, im Vorfeld mit den zuständigen Bodenschutzbehörden abgestimmt und mit dem Eigentümer / Bewirtschafter der jeweiligen Fläche besprochen werden.

4.19 Folgebewirtschaftung

Die angepasste Folgebewirtschaftung der in Anspruch genommenen landwirtschaftlichen Nutzflächen stellt einen wesentlichen Faktor zur schnellstmöglichen Wiedererlangung der ursprünglichen Bodenfruchtbarkeit/Ertragsfähigkeit dar. Empfehlungen hinsichtlich der Folgebewirtschaftung können dabei den Landeigentümern bzw. -bewirtschaftern helfen, die Regeneration des in seinen Funktionen durch die Baumaßnahme beeinträchtigten Bodens zu beschleunigen, um das schnellstmögliche Erreichen der ursprünglichen Bodenfruchtbarkeit, -befahrbarkeit bzw. der ursprünglichen Ertragsverhältnisse zu gewährleisten.

Die Folgebewirtschaftung führt einerseits in den im labilen Zustand befindlichen rekultivierten Böden zur Intensivierung biologischer Aktivität zur Unterstützung einer dauerhaften Stabilisierung und Restrukturierung und andererseits zu hydraulischen Spannungen durch Austrocknungen und Wiederbenetzungen in tonhaltigen Böden, um durch Schrumpfung- und Quellungsvorgänge die erneute Strukturbildung im (Unter-) Boden und damit Verbesserung ertragsrelevanter Bodenfunktionen und die einhergehende Zunahme der Bodenstabilität zu gewährleisten. Nachfolgende Grundsätze sollten im Zuge der Folgebewirtschaftung beachtet werden:

- Bodenfeuchtezustand beachten: Befahren nur in abgetrocknetem Zustand (<Feldkapazität).
- Bodendruck beachten (möglichst leichte Maschinen, Zwillingbereifung, Reifendruckregler).
- Schonende, extensive Folgebewirtschaftung (bspw. konservierende Bodenbearbeitung oder on-land Pflügen – im Gegensatz zu „in der Furche Pflügen“). Auf Grünlandflächen sollte von dem ersten Schnitt abgesehen werden, um ein Aussamen der Gräser und somit eine schnelle Verdichtung des Wurzelfilzes und somit Stabilisierung des Bodengefüges zu ermöglichen.

5 Kommunikation und Vermittlung von bodenschutzrelevanten Informationen

Um einen generellen Informationsfluss im Projektverbund zu gewährleisten, sind regelmäßige Teilnahmen der BBB an den Baubesprechungen vorgesehen. Baubegleitende Empfehlungen zur Bodentrennung oder Befahrung werden aus Felduntersuchungen, Wassergehaltsmessungen, Deklarationsanalysen oder den Monitoringdaten (z.B. von Grundwassermessstellen) vor Ort abgeleitet und umgehend der Projektleitung sowie der Bauleitung der ausführenden Firmen in Form von Boden- und Gewässerschutzpläne schriftlich mitgeteilt bzw. entsprechend abgestimmt.

Im Fall witterungsbedingter Baueinschränkungen unterstützt die bodenkundliche Baubegleitung den Vorhabenträger beratend und erarbeitet Empfehlungen und Stellungnahmen zu alternativen bodenschonenden Bauweisen, gesonderten Maßnahmen (Gefügekalkung, begrenzter Maschineneinsatz, witterungsbedingte Unterbrechung des Einbaus von bindigen Böden, gesonderte temporäre Befestigungen etc.) oder zur Weiterführung nicht betroffener Einzelgewerke und wird erforderlichenfalls ihre Bedenken äußern.

Die BBB wird alle bodenkundlichen Belange im Bauablauf in Form von wöchentlichen Kurzberichten bildlich und schriftlich festhalten und zeitnah alle relevanten Informationen, Empfehlungen und Bedenken an die Projektleitung, die Vorhabenträgerin sowie ggf. an die zuständigen Bodenschutzbehörden übermitteln.

Alle Ergebnisse von baubegleitenden Analysen werden, wenn nötig, im Projektverlauf in Form von Prüfprotokollen (Deklarationsanalysen) oder Kurzberichten (Einbau- oder Verdichtungskontrollen; Eignungsnachweise) der Projektleitung sowie der Bauleitung der ausführenden Firmen schriftlich zur Verfügung gestellt.

Für anfallende mineralische Abfälle, insbesondere gefährliche Abfälle, müssen die Massen und die festgelegten Entsorgungswege dokumentiert und in Form von Bilanzen gemäß Nachweisverfahren insb. auch den zuständigen Behörden zur Verfügung gestellt werden. Im Falle des Auffindens nicht verzeichneter Altlasten erfolgt eine schriftliche Mitteilung mit Lagekoordinaten an die untere Bodenschutz- bzw. Abfallbehörde zwecks Meldung für das Altlastenkataster und weiterer Abstimmung. Mit Hilfe von Deklarationsanalysen folgen Empfehlungen zum Umgang und zur Zwischenlagerung, Verwertung oder Entsorgung.

Nach Beendigung der Baumaßnahmen und der Rekultivierung erstellt die BBB im Zeitraum der Nachsorge eine Abschlussdokumentation mit der Zusammenstellung der Monitoringdaten, des Maschinenkatasters, der Prüfberichte (der Labor- und Feldmessungen), der Eignungsprüfungen (Fremdüberwachung), der Eignungsnachweise sowie der Wochenberichte und ggf. erarbeiteter gesonderter Gutachten oder Stellungnahmen.

6 Quellenverzeichnis

6.1 Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regelwerke

- [1] Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20. Dezember 2023 (BGBl. I S. 394).
- [2] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 09. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598, 2716) geändert worden ist.
- [3] Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Gesetz vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306).
- [4] Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 03. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 225) geändert worden ist.
- [5] Ersatzbaustoffverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. 2598), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 186) geändert worden ist
- [6] Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist
- [7] Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist
- [8] GAP-Konditionalitäten-Verordnung vom 7. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2244), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 16. Dezember 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 417) geändert worden ist
- [9] Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist
- [10] Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 2. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56)

geändert worden ist

6.2 Allgemeine Literatur und Quellen

- [11] Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover.
- [12] Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (2001): Mitteilung 32 „Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen“, Stand: 12/2001, Frankfurt/Main.
- [13] Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (2019): LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen. Stand: Mai 2019.
- [14] Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016.
- [15] Bundesverband Boden (BVB) (2013): BVB-Merkblatt Band 2: Bodenkundliche Baubegleitung BBB – Leitfaden für die Praxis. Stand 2013, Berlin.
- [16] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.) (BMLFUW) (2012): Richtlinien für die sachgerechte Bodenrehabilitierung land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz – Arbeitsgruppe Bodenrehabilitierung, 2. Auflage, Wien
- [17] DIN 19731:2023-10: Bodenbeschaffenheit- Verwertung von Bodenmaterial.
- [18] DIN 18915:2018-06: Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten.
- [19] DIN 19639:2019-09: Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben.
- [20] FGSV (2005): Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus E-StB v05.

- [21] Gebhardt, S. & Zink, A. (2013): Gutachten zum Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen. https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/B/boden/Downloads/Gutachten.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- [22] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2014): GeoBerichte 28 - Bodenschutz beim Bauen - Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen, Hannover.
- [23] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2015): Geofakten 30 - Verkehrsgefährdung durch Winderosionsereignisse - Methodik zur Ausweisung von Risikoschwerpunkten und Handlungsempfehlungen zur Risikominimierung, Hannover.
- [24] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2022): NIBIS® Kartenserver. <https://nibis.lbeg.de>
- [25] Umweltbundesamt (UBA) (2017): Bodenerosion durch Wind - Sachstand und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr. Dessau-Roßlau. März 2017.
- [26] Umweltbundesamt (UBA) (2019): „Erosion - Bodenerosion durch Wasser – eine unterschätzte Gefahr?“, vom 29.07.2019, veröffentlicht auf www.umweltbundesamt.de unter dem Link: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/erosion#bodenerosion-durch-wasser-eine-unterschatzte-gefahr>
- [27] VDI 6101:2014-07: Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden.
- [28] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2017): Handlungsempfehlungen zur frühzeitigen Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes in Planungsverfahren zur Erdverkabelung.
- [29] Schäfer, W., Pluquet, E., Weustink, A., Blankenburg, J. & Gröger, J. (2010): Geofakten 25 - Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub aus (potenziell) sulfatsauren Sedimenten, LBEG, Hannover
- [30] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2019): Geoberichte

28. Bodenschutz beim Bauen. Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen.
- [31] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO (2018): Bodenschutz beim Netzausbau. Empfehlung zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden für erdverlegte Höchstspannungsleitungen.
- [32] Bundesnetzagentur (2018): Bodenschutz beim Stromnetzausbau. Rahmenpapier.
- [33] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2009): Geoberichte 15. Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen.
- [34] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2009): Geofakten 19. Durchführungspläne für die Beweissicherung zum Bewilligungsbescheid zur Entnahme von Grundwasser. 5. Auflage
- [35] Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2017): Geofakten 31. Erhalt und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in der Planungspraxis]
- [36] Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (2015): Standpunkt – Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftlichen Flächen als Grundlage für eine teilschlagspezifische Düngung mit Kalk und Grundnährstoffen.
- [37] DIN 4124:2002-10: Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- [38] DVGW G 451:2016-09: Bodenschutz bei Planung und Errichtung von Gastransportleitungen
- [39] DIN 18196:2006-06: Erd- und Grundbau-Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- [40] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023a): Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50 000. Stand 02.09.2024.
- [41] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023b): Bodenzahl

- der Bodenschätzung von Niedersachsen 1 : 5 000. Stand 02.09.2024.
- [42] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023c): Geologische Karte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Grundkarte. Stand 02.09.2024.
- [43] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2000): Geologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 500 000. Stand 02.09.2024.
- [44] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023d): Hydrogeologische Karte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Lage der Grundwasseroberfläche. Stand 02.09.2024.
- [45] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (1982): Hydrogeologische Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 200 000 - Lage der Grundwasseroberfläche. Stand 02.09.2024.
- [46] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023e): Ingenieurgeologische Karte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Baugrund. Stand 02.09.2024.
- [47] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2019): Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit). Stand 02.09.2024.
- [48] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023f): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen 1 : 50 000 - Böden mit hoher Bodenfruchtbarkeit. Stand 02.09.2024.
- [49] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023g): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen 1 : 50 000 - Böden mit kulturgeschichtlicher Bedeutung. Stand 02.09.2024.
- [50] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023h): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen 1 : 50 000 - Böden mit naturgeschichtlicher Bedeutung. Stand 02.09.2024.
- [51] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023i): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen 1 : 50 000 - Seltene Böden. Stand 02.09.2024.

- [52] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023j): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen 1 : 50 000 - Böden mit besonderen Standortigenschaften. Stand 02.09.2024.
- [53] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023j): Geotope in Niedersachsen. Stand 02.09.2024.
- [54] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023l): Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Standortabhängige Verdichtungsempfindlichkeit. Stand 02.09.2024.
- [55] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023m): Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50 000 - Gefährdung der Bodenfunktionen durch Bodenverdichtung. Stand 02.09.2024.
- [56] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023n): Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten 1 : 50 000. Stand 02.09.2024.
- [57] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023o): Altablagerungen in Niedersachsen. Stand 02.09.2024.
- [58] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023p): Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser. Stand 02.09.2024.
- [59] LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2023q): Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wind. Stand 02.09.2024.
- [60] NLWKN - Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2011): Naturräumliche Regionen in Niedersachsen. Stand 02.09.2024.
- [61] Arcadis Germany GmbH (2024): Bericht. Bodenkundliche Kartierung. ETL179.200
- [62] Krause, T. & Ulke, B. (2016): Zahlentafeln für den Baubetrieb_Baumaschinen_4 Maschinen für den 4.1 Erdbau_Ladefaktoren.

Anhang 1: Bodenmanagementberechnungen

S. nächste Seite