



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

Open Grid Europe GmbH
Kallenbergstraße 5
45141 Essen

Projekt-Nr. 43.8803	Datei P8803B231024_BSK	Diktat Schö/Behr	Büro Witten	Datum 24.10.2023
------------------------	---------------------------	---------------------	----------------	---------------------

Wilhelmshaven-Küstenlinie (WKL)

– Bodenschutzkonzept –

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Straße 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstraße 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
85521 Ottobrunn, Alte Landstraße 29, Tel. (089) 277 80 82-60, Fax 277 80 82-90, muenchen@dr-spang.de
14482 Potsdam, Walter-Klausch-Straße 25, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de
A-6330 Kufstein, Salurnerstraße 22, Tel. +43 (5372) 23 20-00, Fax 23 20-20, kufstein@dr-spang.at

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDE33HAN33
Stadtsparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTT



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Verwendete Datengrundlagen	5
1.3.1 Bodenkarten	5
1.3.2 Bodenschutzfachliche Erkundungsbohrungen	5
1.4 Unterlagen	6
2. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	11
2.1 Morphologie und Bebauung	11
2.2 Geologie und Gebietshistorie	12
2.3 Landschaft und Vegetation	13
2.4 Bodentypen im Untersuchungsgebiet laut Kartenwerken	14
3. VORHABENBESCHREIBUNG UND PLANUNGSVORGABEN	15
3.1 Beschreibung des Vorhabens	15
3.2 Maßnahmen zur Flächenminimierung	15
3.3 Massenbilanz	16
4. BODENBEZOGENE DATENERFASSUNG UND BEWERTUNG	16
4.1 Geländeerhebungen nach KA 5	16
4.1.1 Vorbemerkung	16
4.1.2 Bodentypen laut BK 50	17
4.1.3 Bodentypen und Bodeneigenschaften laut eigener Felderhebungen	18
4.2 Bewertung der Geländeerhebungen nach KA 5	22
4.3 Penetrologgeruntersuchungen und Bodendichte	24
4.4 Weitergehende Bewertung der Böden	26
4.4.1 Bodenfunktionsbewertung	26
4.4.2 Verdichtungsempfindlichkeit	38
4.4.3 Erosionsempfindlichkeit	41
4.4.4 Schadstoffsituation	44
4.4.5 Sulfatsaure Böden	45



5.	AUSWIRKUNGEN UND VORHABENBEZOGENE BEEINTRÄCHTIGUNGEN DER BODENQUALITÄT UND DER FUNKTIONSERFÜLLUNG	51
5.1	Wirkfaktoren	51
5.1.1	Baubedingte Wirkfaktoren	51
5.1.2	Anlagenbedingte Wirkfaktoren	53
5.1.3	Betriebsbedingte Wirkfaktoren	54
5.2	Anthropogene und natürliche Böden	54
6.	VERMEIDUNGS- UND MINDERUNGSMAßNAHMEN MIT KONKRETER BESCHREIBUNG DER GEPLANTEN MAßNAHMENUMSETZUNG	55
6.1	Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen in der Bauphase	55
6.2	Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Rekultivierung	63
6.3	Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Zwischenbewirtschaftung	64
6.4	Maßnahmen bei Funktionseinschränkung	65
7.	ERLÄUTERUNGEN ZUM BODENSCHUTZPLAN	66
8.	VERMITTLUNG VON INFORMATIONEN	71
9.	DOKUMENTATION	71
10.	FAZIT	73
11.	ANLAGEN	
Anlage 1:	Lageplan mit Bodentypen (40)	
Anlage 2:	Lageplan mit Bodenfunktionen (40)	
Anlage 3:	Lageplan mit Verdichtungsempfindlichkeiten (40)	
Anlage 4:	Lageplan mit Erosionsempfindlichkeiten (40)	
Anlage 5:	Lageplan mit potenziell sulfatsaurem Material (40)	
Anlage 6:	Bodenschutzplan (41)	
Anlage 7:	Maßnahmenblätter (28)	
Anlage 8:	Mindestdaten für Untersuchungen nach § 2 BBodSchG (22)	
Anlage 9:	Kleinrammbohrungen (66)	
Anlage 10:	Ergebnisse Penetrologger (3)	



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Gegenstand des Vorhabens ist die Errichtung der Wilhelmshaven-Küstenlinie (WKL), einer Doppelleitung zum Transport von Wasserstoff (H_2) sowie von Erdgas (CH_4). Ziel der WKL ist einerseits die Versorgung der ansässigen Industrie mit Erdgas und andererseits den von der ortsansässigen Industrie produzierten Wasserstoff entlang der Küste von Wilhelmshaven einzusammeln und in das Wasserstoffnetz der Open Grid Europe GmbH (H2ercules, Nordsee-Ruhrlink 1) zu überführen.

Die Stränge der Doppelleitung sind, auf Grund der vorhandenen Wilhelmshaven-Anbindungsleitung 2 (WAL 2), unterschiedlich lang. Der CH_4 -Strang startet an der der GDRM auf dem TES-Gelände (Voslapper Groden-Nord) und verläuft über ca. 10 km entlang der Küste Richtung Heppenser Groden zum Gelände der Nord-West Oelleitung GmbH (NWO). Dort endet die Rohrleitung in einer Molchschleuse. Die H_2 -Rohrleitung beginnt an einer separaten Molchschleuse auf dem NWO-Gelände (direkt neben der CH_4 -Molchschleuse) und verläuft dann parallel zur CH_4 -Rohrleitung nach Norden. Die H_2 -Leitung endet auf dem DFTG-Grundstück in einer Molchschleuse, wo die WKL in den H2ercules einbinden wird. Die H_2 -Leitung des WKLS ist rund 12,4 km lang.

Die WKL beinhaltet neben den beiden Rohrleitungen selbst alle weiteren zu ihrem Betrieb notwendigen technischen Einrichtungen. Hierzu zählen insbesondere die Molchschleusen, Absperrarmaturen sowie Anlagen des kathodischen Korrosionsschutzes. Mit den beiden Rohrleitungen werden darüber hinaus jeweils zwei Kabelschutzrohre (DA50 / PEHD) für das LWL-Betriebskabel auf der gesamten Länge mit verlegt.

1.2 Auftrag

Die Dr. Spang GmbH wurde von der Open Grid Europe GmbH beauftragt, für die geplante Gastransportleitung ein Bodenschutzkonzept zu erstellen, im Rahmen dessen feldbodenkundliche Untersuchungen nach DIN 19639 durchzuführen waren.



1.3 Verwendete Datengrundlagen

Als relevante Informationsquellen wurden auch die wesentlichen Datengrundlagen laut DIN 19639 in Abhängigkeit des Planungsstandes sowie eigene Erkundungen herangezogen. Von besonderer Bedeutung sind die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Informationen.

1.3.1 Bodenkarten

Als flächendeckende Grundlage zur Erfassung und Bewertung des Schutzgutes Boden steht die Bodenkarte von Niedersachsen 1:50.000 (BK50) in Form von Shapefiles zu Verfügung [U 28]. Diese enthält Informationen über vorkommende Bodentypen sowie einige Bodenfunktionen und -empfindlichkeiten.

Zusätzliche Informationen zu Bodenchemie, Bodenphysik und Bodenfunktionen konnten einzelnen weiteren Kartenwerken entnommen werden, welche auf dem NIBIS-Kartenserver zur Verfügung stehen (z. B. [U 24], [U 16], [U 31] und [U 19]). Auf Basis der entsprechenden Auswertung wurden die zu erwartenden Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen ermittelt und bewertet.

1.3.2 Bodenschutzfachliche Erkundungsbohrungen

Zur Beurteilung der bodenkundlichen Verhältnisse wurden insgesamt 22 Sondierungen in der Regel bis etwa 1 m Tiefe (Maximaltiefe 1,30 m) mit der Pürckhauer-Sonde entlang des Untersuchungsbereichs durchgeführt. Aufgrund der gemäß den Kartenwerken zu erwartenden homogenen Bodenverhältnisse wurde eine Bohrung alle 500 m für ausreichend befunden. Von der in der DIN 19639 geforderten Sondiertiefe von 2 m wurde aufgrund der hohen Eindring- und Ziehwidestände des Bodens abgewichen, welche sich auf die Trockenheit und die extrem dichte Lagerung der Sandböden zurückführen lässt. Die Bodentypen sollten entsprechend der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5, [U 1]) systematisch erfasst werden. Weiterhin wurde an drei Stellen eine Sondierung mittels Penetrologger zur Bestimmung des Eindringwiderstandes vorgenommen.

Die feldbodenkundliche Erkundung wurde von Mitarbeitern der Dr. Spang GmbH im Zeitraum vom 15. bis 19. August 2022 durchgeführt.



Zusätzliche Informationen lassen sich aus 66 für das Baugrundgutachten [U 10] durchgeführten Kleinrammbohrungen gewinnen. Für diese wurde bis in 5 bis 15 m Tiefe sondiert.

1.4 Unterlagen

Zur Bearbeitung des Projektes wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- [U 1] AD-HOC-AG BODEN (2005): **Bodenkundliche Kartieranleitung (5. verbesserte und erweiterte Auflage, KA 5)**. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- [U 2] BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2013): **Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 (BÜK1.000)**. Als Online-Dienst unter: <https://geoviewer.bgr.de>.
- [U 3] BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (2021): **Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung des Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung (Mantelverordnung für Ersatzbaustoffe und Bodenschutz)**. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021, Teil 1, Nr. 43. Vom 9. Juli 2021. Inkrafttreten 1. August 2023.
- [U 4] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1960): **Baugesetzbuch (BauGB)**. Zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16.6.2021 geändert: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BauGB.pdf>.
- [U 5] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1998): **Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG)**. Zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/>.
- [U 6] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2009): **Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG)**. Zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 25.6.2021 geändert: https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BNatSchG.pdf.



- [U 7] DEUTSCHER WETTERDIENST (2000): **Windgeschwindigkeit in der Bundesrepublik Deutschland, Jahresmittel in 10 m über Grund, Bezugszeitraum 1981 bis 2000.** Verfügbar unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/windkarten/deutschland_und_bundeslaender.html.
- [U 8] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1998): **DIN 19731: Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial**, Beuth Verlag, Berlin, Mai 1998.
- [U 9] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2019): **DIN 19639: Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben**, Beuth Verlag, Berlin, September 2019.
- [U 10] DR. SPANG GMBH (2023): **Gasversorgungsleitungen Wilhelmshaven-Anbindungs-Leitung 2 & 3 (WAL 2 & WAL 3)**. Streckengutachten. Revision 01. Stand 09.03.2023.
- [U 11] EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT (2013): **Gebrauchsanweisung Penetrologger 06.15.31**.
- [U 12] EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (EUA) (2018): **Bodenversiegelungen 2018**. COPERNICUS Land Monitoring Program. Reklassifiziert durch das LBEG Niedersachsen. Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 13] EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR (EUA) (2019): **Boden, Land und Klimawandel**. 13.11.2019: <https://www.eea.europa.eu/de/signale/eua-signale-2019/artikel/boden-land-und-klimawandel>.
- [U 14] GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN (2019): **Verdichtungsempfindlichkeit**. Februar 2019, Krefeld: https://www.gd.nrw.de/wms_html/bk50_wms/pdf/VER.pdf.
- [U 15] LAND NIEDERSACHSEN (1999): **Niedersächsisches Bodenschutzgesetz (NBodSchV)**. Vom 19.02.1999 (NdS. GVBl. 1999, 46), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 16.05.2018 (NdS. GVBl. S.66).
- [U 16] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (2010): **Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten 1 : 50.000 – unterhalb von 2 m Tiefe**. Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.



- [U 17] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2010): **Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub aus (potenziell) sulfatsauren Sedimenten.** Geofakten 25. Online verfügbar unter: https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/52975/Geofakten_25.pdf.
- [U 18] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2017): **Methodik zur Einteilung von landwirtschaftlichen Flächen nach dem Grad ihrer Erosionsgefährdung durch Wind gemäß § 6 Abs. 1 der Agrarzählungen-Verpflichtungsverordnung in Niedersachsen.** Januar 2017, Hannover.
- [U 19] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (1991): **Geologische Karte 1 : 25.000:** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 20] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (1998): **Rüstungsaltpasten.** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 21] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2000): **Altablagerungen.** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 22] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2007): **Geotope in Niedersachsen.** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 23] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2009): **Boden-Dauerbeobachtungsflächen auf landwirtschaftlich genutzten Standorten.** Online verfügbar unter: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>.
- [U 24] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2010): **Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten 1 : 50.000 – Tiefenbereich 0-2 m.** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 25] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2011): **Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten in Niedersachsen.** Geofakten 27. Hannover, 2011.



- [U 26] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2013): **Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene.** GeoBerichte
26. Hannover, 2013.
- [U 27] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2015): **Schlammgrubenverdachtsflächen.** Als WMS-Dienst verfügbar unter:
www.nibis.lbeg.de.
- [U 28] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2017): **Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50.000.** Als WMS-Dienst verfügbar unter:
www.nibis.lbeg.de.
- [U 29] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2018): **Geofakten 24: Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten: Entstehung, Vorerkundung und Auswertungskarten.** Hannover, 2018.
- [U 30] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2020): **Auswertungsmethoden im Bodenschutz.** GeoBerichte 19. Hannover, 2020.
- [U 31] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2021): **Standortpotenziale grundwasserabhängige Landökosysteme in Niedersachsen 1 : 50.000 – Standorte.** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 32] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2021): **Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser gemäß Anlage 2 der Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung (Cross Compliance).** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.
- [U 33] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG)
(2021): **Abschätzung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wind gemäß Anlage 3 der Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung (Cross Compliance) – Basisraster.** Als WMS-Dienst verfügbar unter: www.nibis.lbeg.de.



- [U 34] LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE NIEDERSACHSEN (LBEG) (2019): **Schutzwürdige Böden in Niedersachsen**. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. Geoberichte Heft 8, vierte Auflage. Hannover, 2019.
- [U 35] LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDESVERMESSUNG NIEDERSACHSEN (2022): **Digitales Landschaftsmodell (Basis-DML)**. Als Shapefiles verfügbar unter: <https://opengeodata.lgln.niedersachsen.de/>.
- [U 36] NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (NLfB) (2005): **Abschätzung der partikulären Stoffeinträge (Sandfrachten) durch Bodenerosion am Beispiel ausgewählter Gewässerabschnitte an Hache, Delme und Rohrbach - Teil A Veranlassung und Methodik**. September 2005, Bremen.
- [U 37] NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (NLfB) (2005): **Geofakten 18: Berücksichtigung von Bodenfunktionen in der Landschaftsrahmenplanung**. April 2005, Hannover.
- [U 38] NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (2022): **Naturschutz**. Als Shapefiles verfügbar unter: www.nlwkn.niedersachsen.de.
- [U 39] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (2010): **Naturräumliche Regionen in Niedersachsen**. Als Shapefile verfügbar unter www.umwelt.niedersachsen.de.
- [U 40] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (2022): **Cyanit**. Verfügbar unter: https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbericht_niedersachsen/grundwasserbeschaffenheit/guteparameter/erganzungsprogramm_des_nlwkn/cyanid/Cyanit-137657.html.
- [U 41] **OPEN GRID EUROPE GMBH (2020)**: Bodenschutz im Rahmen von Baumaßnahmen der OGE. Werknorm RN 161-002. Februar 2020.



- [U 42] STADT WILHELMSHAVEN (2015): **Prognose der Lebensraumentwicklung und der Auswirkungen auf wertbestimmende Vogelarten in den Vogel- und Naturschutzgebieten „Voslapper Groden Nord“ und „Voslapper Groden Süd“ in Hinblick auf Luftschadstoff- (hier Stickstoff-) Einträge.** Kieler Institut für Landschaftsökologie. Kiel, 30. Juni 2015.
- [U 43] STADT WILHELMSHAVEN (2022): **Stadtteilprofile 22.** Online verfügbar unter: https://www.wilhelmshaven.de/PDF/Statistik/WHV_STADTTEILPROFILE_2022.pdf?m=1661513244&.
- [U 44] UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2010): **Entwicklung eines Prüfkonzeptes zur Erfassung der tatsächlichen Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden.** UBA-Texte 51/2010, Oktober 2010, Dessau-Roßlau.
- [U 45] UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2017): **Bodenerosion durch Wind - Sachstand und Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr,** März 2017, Dessau-Roßlau.
- [U 46] UMWELTBUNDESAMT (UBA) (29.07.2020): **Erosion;** <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/erosion-jede-krume-zaehlt#undefined>.

2. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

2.1 Morphologie und Bebauung

Das umliegende Gelände der Trasse wird hauptsächlich gewerblich genutzt. Die Trasse folgt zum Großteil bestehenden Infrastruktursystemen, die im mittleren Verlauf hauptsächlich durch Forstflächen begrenzt werden, von denen die Trasse einige durchquert. Der Abschnitt südlich der Maade verläuft über landwirtschaftlich genutzte Flächen. Es handelt sich bei dem Vorhabengebiet, abgesehen von den Querungen der bestehenden Infrastruktur, um unbebautes Gelände.

Die kulturlandschaftliche Bewirtschaftung der Küstenlandschaft im Jeverland und Ostfriesland wurde durch die Eindeichung und Entwässerung der durch die Gezeiten angeschwemmten Marschen möglich. Die Landschaft ist durch eine Vielzahl an Entwässerungsgrabensystemen gegliedert.



Das Vorhabengebiet ist vorrangig durch flaches Gelände gekennzeichnet. Größere Höhen sind künstlich geschaffen und beschränken sich in erster Linie auf Deichbauten. Natürliche Geländeneigungen $> 1^\circ$ treten nicht auf.

2.2 Geologie und Gebietsgeschichte

Die geplante Trasse liegt in einem geologisch jungen Gebiet, welches stark durch anthropogene Einflüsse mitgestaltet worden ist. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts war das Vorhabengebiet Teil des Wattenmeeres und wurde in drei Etappen der Landgewinnung urbar gemacht. Der südlichste Teil des Vorhabengebietes ist der Heppenser Groden, der durch Eindeichung ab dem Jahr 1935 entstanden ist. Nördlich grenzt der Rüstersieler Groden ab dem Fluss Maade, welcher ab 1963 durch Eindeichung nutzbar gemacht wurde. Am jüngsten ist der nördlich der Straße *Geniusbank* angrenzende Voslapper Groden, welcher seit 1971 eingedeicht ist [U 43].

Die Geologische Karte von Niedersachsen 1 : 25.000 [U 19] gibt für das Vorhabengebiet künstliche Aufträge bzw. Auffüllungen an. Diese werden im Südosten des Gebietes als Dammaufschüttung bzw. Sand- oder Schlickaufspülung beschrieben, während im Nordwesten und Südwesten unter den Auffüllungen holozäne Wattsedimente aus Schluff und Feinsand anstehen. Wenige 100 m nordöstlich des Gebietes beginnt nahe des Deiches ein schmaler Streifen aus natürlichem Sandwatt, der anschließend in die rezent abgelagerten marinen Sedimente der Nordsee übergeht. Südwestlich des Vorhabengebietes stehen eng verzahnt feinsandig-schluffige Watt- und schluffig-tonige Bracksedimente an, die stellenweise durch anthropogene Auffüllungen überlagert sind [U 19].

Genauere Informationen liegen zum Voslapper Groden vor [U 42]. Demnach wurde der Voslapper Groden bis auf eine Mächtigkeit von etwa 1 bis 3,5 m (je nach Ausgangshöhe des Watts) mit Spülsanden aufgespült, wobei grobkörnigeres Material nahe des Deiches abgelagert wurde, wo sich gut wasserdurchlässige Sande gebildet haben, während feinkörnigeres Material weiter getragen wurde und im Westen des Gebietes vereinzelt wasserstauende Ton- und Schluffsubstrate gebildet hat. Oberflächennah findet sich bei meist sehr niedrigem Flurabstand in dem aufgespülten Sandkörper schwebendes Grundwasser, welches von der Oberfläche der tonigen Marschsedimente gestaut wird, die den Spülsanden unterlagert sind. Am Westrand des Gebietes stehen diese Marschböden vereinzelt noch oberflächlich an [U 42].



2.3 Landschaft und Vegetation

Das Vorhabengebiet liegt gemäß [U 39] in der Naturräumlichen Region 1 „Niedersächsische Nordseeküste und Marschen“.

Über eine Strecke von etwa 4,5 km hinweg verläuft die geplante Trasse parallel zur Grenze des **Vogelschutzgebietes** „Voslapper Groden Nord“ (DE2314-431) bzw. nach einer etwa 1 km langen Unterbrechung durch das Raffineriegelände zur Grenze des Vogelschutzgebietes „Voslapper Groden Süd“ (DE2414-431) sowie der gleichnamigen **Naturschutzgebiete** (NSG WE 253 und NSG WE 246), die etwa deckungsgleich sind. Das südliche Vogelschutzgebiet wird vom Arbeitsstreifen nicht geschnitten. Aufgrund einer geringfügig größeren Flächenausdehnung des südlichen Naturschutzgebietes kommt es hier jedoch mit Unterbrechungen über eine Strecke von insgesamt 1,2 km hinweg zu meist geringfügigen Überschneidungen mit dem Arbeitsstreifen, von denen die flächenmäßig größte direkt nördlich der *Geniusbank* liegt. Über die nördlichsten etwa 1,6 km des NSGs hinweg liegt mit Ausnahme der Zufahrten der gesamte Arbeitsstreifen innerhalb dieses südlicheren Naturschutzgebietes [U 38].

Im Bereich der Querung der Maade kreuzt der Trassenverlauf über eine Strecke von etwa 200 m das **Landschaftsschutzgebiet** „Maade - Barghauser See - Fort Rüstertiel“ (Kennzeichen: LSG WHV 088), welches dem Flusslauf folgt; da hier jedoch eine geschlossene Querung vorgesehen ist, liegt kein Arbeitsstreifen innerhalb des Schutzgebietes [U 38].

Die Naturschutzgebiete werden als Unland bzw. als vegetationslose Fläche klassifiziert, während der östlich davon verlaufende Deich landwirtschaftlich genutzt wird (als Schafweide). Südlich der Naturschutzgebiete durchläuft die Trasse, von den gelegentlichen Querungen industriell genutzter Flächen abgesehen, ein Mosaik aus Unland und Waldgebieten. Die als Unland eingeordneten Flächen sind häufig mit Wiesen- und Staudenvegetation bewachsen, und werden nur eingeschränkt gemäht. Im Querungsbereich der Maade werden in geschlossener Bauweise auch landwirtschaftlich genutzte Flächen durchquert. Der nördlichste Abschnitt des Vorhabengebietes südlich der Maade ist gemäß Landnutzung als Industriefläche ausgewiesen (anhand der Orthophotos lässt sich eine eingeschränkt in Anspruch genommene Wiesenfläche identifizieren); südlich davon schließen bis zum Trassenende landwirtschaftlich genutzte Grünflächen an [U 35].



2.4 Bodentypen im Untersuchungsgebiet laut Kartenwerken

Das Vorhabengebiet liegt gemäß Bodenübersichtskarte 1 : 1.000.000 (BÜK1.000) [U 2] in der Bodengroßlandschaft der Marschen und Moore im Tideneinflussbereich (BGL Nr. 1.3) und darin in der Bodeneinheit 3 (Kalkmarsch aus marinen Ablagerungen), welche aus sandig-schluffigen bis tonigen, meist kalkhaltigen Marschböden besteht, darunter überwiegend Rohmarsch bzw. Kalkmarsch mit Übergängen zur Brackkalkmarsch bzw. Kleimarsch. Vereinzelt können im Unterboden Torfhorizonte auftreten, wo flache Organomarschen über Niedermooren anstehen [U 2].

Diese Böden haben sich aus marinen Ablagerungen des ehemals gezeitenbedingt überfluteten Küstenbereiches der Nordsee in grundwassernahen Lagen gebildet. Dieser Küstenbereich wurde an vielen Stellen eingedeicht. Die Böden sind zum Teil oberflächlich stark entkalkt und werden meist künstlich entwässert. Südlich grenzt die Bodeneinheit 4 (Kleimarsch aus brackischen Ablagerungen) an [U 2].

Gemäß der detaillierteren Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50.000 [U 28] ist das Vorhabengebiet bodenkundlich sehr homogen. Hier liegt ausschließlich sehr tiefe Kalkmarsch vor (diagnostischer Horizont zwischen 13 und 20 dm Tiefe), deren Grundwasserspiegel künstlich abgesenkt wurde. Über dieser Kalkmarsch werden bis etwa 8 bis 13 dm Spülfeldablagerungen angegeben [U 28], was etwa mit den Angaben aus [U 42] übereinstimmt. Westlich des Vorhabengebietes treten weiterhin Vorlandbildungen auf, welche ebenfalls mit Mischwatt unterlagert sind, denen derselbe Bodentyp (sehr tiefe Kalkmarsch) zugeordnet wird. Nordöstlich davon wird in einigen 100 m Abstand die Grenze zur Nordsee von einem Streifen aus Salzwatt gebildet, während im Südwesten erst in einer Entfernung von mehreren Kilometern andere Bodentypen beschrieben werden, darunter mittlere und tiefe Kleimarsch und sehr vereinzelt Gley. Die Grundwasserstufe wird im gesamten Vorhabengebiet mit GWS 5 angegeben [U 28].

Als Bodenart der Spülsande wird Lehmschluff, als Bodenart des Mischwattes und der Vorlandbildungen Tonschluff und für das Salzwatt Lehmsand angegeben [U 28].

Die effektive Durchwurzelungstiefe der Böden ist überall im Vorhabengebiet mit über 9 dm angegeben, womit sie im hohen, bzw. ab 11 dm auch im sehr hohen Bereich liegt. Die natürliche Feldkapazität im effektiven Wurzelraum zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Durchwurzelungstiefe und



wird in denselben Bereichen als hoch bzw. sehr hoch angegeben. Das pflanzenverfügbare Bodenwasser ist im größten Teil des Vorhabengebietes mit 200 bis 250 mm als hoch anzunehmen. Direkt südlich des Parkplatzes am Deich sowie im Bereich der Umschlaganlage HES ist es mit bis zu 300 mm sehr hoch und im Bereich des Rüstersieler Groden sogar stellenweise mit über 300 mm extrem hoch. Auch südlich der Maade weisen einzelne Streckenabschnitte eine sehr hohe Pflanzenverfügbarkeit von Bodenwasser auf [U 28]. Die Bodenkundliche Feuchtestufe wird im gesamten Vorhabengebiet als stark frisch klassifiziert [U 28].

3. VORHABENBESCHREIBUNG UND PLANUNGSVORGABEN

3.1 Beschreibung des Vorhabens

Die Trasse soll in offener Bauweise verlegt werden. Lediglich im Zuge von einigen Querungen sollen einzelne Streckenabschnitte in geschlossener Bauweise verlegt werden. Entlang der Gesamttrasse beider Leitungen betrifft dies die Querung im Bereich einer Verkehrsfläche bei der GDRM WHV gemeinsam mit der oberirdischen Leitung der Uniper, die Zuwegung zum DFTG Gelände, die Rohrbrücke der Vynova Wilhelmshaven GmbH, die Zuwegung zur Vynova und die Zuwegung der TES GmbH, in gemeinsamer Querung die *Raffineriestraße* und die Tankerlöschbrücke der HES Wilhelmshaven, die Bahngleise westlich des Jade-Weser Ports, in einer Querung die Straßen *Geniusbank* und *Zum Voslapper Leuchtturm*, die A 29 sowie in zwei separaten Querungen die Bahngleise nordwestlich des Uniper Kohlekraftwerkes. Überdies sollen über knapp 500 m im südlichsten Streckenabschnitt zugleich die Straße *Zum Kraftwerk* und der Fluss Maade gequert werden.

3.2 Maßnahmen zur Flächenminimierung

Der Trassenverlauf richtet sich weitestgehend nach der bestehenden Infrastruktur, sodass für Zuwegungen und Arbeitsflächen Feld- und Forstwege verwendet werden können. Nördlich des Jade-Weser-Ports verläuft die geplante Leitung entlang des Deiches parallel zu bestehenden Leitungen, sodass die in Anspruch genommenen Flächen bereits anthropogenen Einflüssen unterliegen und somit nur wenige neue, bisher nicht beanspruchte, naturnahe Flächen anthropogen überprägt werden.



3.3 Massenbilanz

Im Zuge der Planung der Baumaßnahme ist Fläche für die Lagerung des Rohrgrabenaushubes vorzuhalten. Weiterhin ist Fläche für den ggf. anfallenden Abtrag des Oberbodens im Arbeitsstreifen vorzuhalten. Wo ein Oberbodenabtrag über den gesamten Arbeitsstreifen hinweg erfolgen soll, ist in Anlage 6 gekennzeichnet, hängt jedoch gebietsweise von der geplanten Beanspruchung und der Bauzeitenplanung, sowie der daraus resultierenden (jahreszeitenbedingt) zu erwartenden Vernäsung der Böden ab (Genauerer siehe Kapitel 7). Weiterhin kann aufgrund der starken Unterschiede in den Oberbodenmächtigkeiten (6 bis 59 cm) kein einheitlicher Richtwert für die angestrebte Tiefe des Oberbodenabtrages festgelegt werden. Im Waldgebiet können weiterhin die Wurzelteller der Bäume eine saubere Abtrennung des Oberbodens erschweren, sodass auch hier eine variable Abtragsmächtigkeit zu erwarten ist. Eine genaue Massenbilanz kann dementsprechend derzeit nicht errechnet werden.

4. BODENBEZOGENE DATENERFASSUNG UND BEWERTUNG

4.1 Geländeerhebungen nach KA 5

4.1.1 Vorbemerkung

Die Auswertung bezüglich der Bodenfunktionen erfolgte im Wesentlichen auf Grundlage der Bodenkarte 1 : 50.000 (BK 50) in ihrer digitalen Form [U 28] und weiterer online verfügbarer Bodenkarten des NIBIS-Kartenserver bzw. des Geoportals BGR (z. B. [U 2], [U 24], [U 28], [U 31], [U 34]) sowie auf Grundlage eigener Felderhebungen (s. Kapitel 4.1.3). Basis der flächenhaften Auswertungen sind die vom AG übersendeten digitale Daten zu den Lageplänen vom 1. Juni 2023.

Die Felduntersuchungen der im Vorhabenbereich auftretenden Bodentypen erfolgten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung KA 5 [U 1].



4.1.2 Bodentypen laut BK 50

In Tabelle 4.1.2-1 sind alle nach [U 28] ausgewiesenen Bodeneinheiten in der Umgebung der Bau-
maßnahme zusammengestellt. Diejenigen Böden, die nicht innerhalb des Vorhabengebietes selbst,
sondern nur in der angrenzenden Umgebung liegen, sind kursiv dargestellt.

Bodentyp nach BK 50 [U 28]	Kürzel nach BK 50
Sehr tiefe Kalkmarsch. Spülfeldablagerungen über Mischwatt. Mittlerer Grundwasser- hoch- und -tiefstand wurden abgesenkt.	MC5
<i>Sehr tiefe Kalkmarsch. Vorlandbildungen über Mischwatt. Mittlerer Grundwasserhoch- und -tiefstand wurden abgesenkt.</i>	<i>MC5</i>
<i>Salzwatt.</i>	<i>IWz</i>

Tabelle 4.1.2-1: Darstellung der einzelnen Bodeneinheiten im Vorhabenbereich nach BK 50
[U 28]

Eine Darstellung der Bodeneinheiten ist der Anlage 1 (Maßstab 1:1.000) zu entnehmen. Zur besse-
ren Einschätzung der anthropogenen Überprägungen sind zusätzlich die Siedlungselemente der
Landnutzung des Digitalen Landschaftsmodells mit abgebildet [U 35].

In der BK 50 ist im gesamten Vorhabengebiet die anthropogen entwässerte sehr tiefe Kalkmarsch
angegeben, was eine Tiefe des diagnostischen Horizontes bei unter 13 dm Tiefe bedeutet. Als ge-
ologischer Profiltyp werden Spülfeldablagerungen angegeben, unter denen in etwa 8 bis 13 dm Tiefe
Mischwatt ansteht. Westlich des Vorhabengebietes wechselt der geologische Profiltyp zu Vorland-
bildungen, welche ebenfalls mit Mischwatt unterlagert sind [U 28]. Die Grenze zwischen natürlichen
und anthropogenen Bildungen deckt sich etwa mit der GK25 [U 19], welche im Bereich der Vorland-
bildungen holozäne Wattablagerungen und im Bereich der Spülsande anthropogene Bildungen an-
gibt. Als Bodenarten sind von der BK 50 [U 28] für die Spülsande Lehmschluff, für das Mischwatt
und die Vorlandbildungen Tonschluff angegeben. In direktem Kontakt zur Nordsee tritt außerhalb
des Vorhabengebietes, aber in dessen unmittelbarer Nähe weiterhin Salzwatt aus Lehmsand auf
[U 28].



Versiegelte und teilversiegelte Flächen treten auf vom Trassenverlauf gestreiften Firmengrundstücken [U 12], sowie in Form von gekreuzten Straßen und Wegen auf.

4.1.3 Bodentypen und Bodeneigenschaften laut eigener Felderhebungen

In nachfolgender Tabelle sind die im Rahmen der feldbodenkundlichen Kartierung (Erkundungstiefe bis maximal 1,30 m) bei allen Sondierungen vorgefundenen Bodentypen dargestellt. Gemäß Kartenmaterial wurde ein bodenkundlich sehr homogenes Vorhabengebiet erwartet, weshalb ein Abstand von 500 m zwischen den Sondierungen gewählt wurde. Abweichend von der DIN 19639 wurde aufgrund des hohen Eindring- und Ziehwiderstandes für die Mehrzahl der Profile nur bis 1 m Tiefe sondiert. Zusätzliche Informationen über die Bodenverhältnisse in größerer Tiefe konnten darüber hinaus aus den Kleinrammbohrungen des Baugrundgutachtens [U 10] gewonnen werden.

Gemäß der BK50 [U 28] wurde an allen 22 festgelegten Untersuchungspunkten innerhalb des geplanten Arbeitsstreifens für die Gasversorgungsleitungen die oben beschriebene sehr tiefe Kalkmarsch erwartet, die gemäß dem geologischen Profiltyp von Spülfeldablagerungen überlagert wird. Die feldbodenkundliche Erkundung (Mindestdaten nach § 2 BBodSchG, Profilaufnahmebögen siehe Anlage 8.1) hat diese Erwartungen weitestgehend bestätigt.

Sondierpunkt	Erkundeter Bodentyp nach KA 5 [U 1]
BP 01	anthropogener Pararendzina-Gley
BP 02	anthropogene Pararendzina
BP 03	anthropogene Pararendzina
BP 04	anthropogene Pararendzina
BP 05	anthropogener Gley-Regosol
BP 06	anthropogene Pararendzina
BP 07	anthropogener Regosol-Gley
BP 08	schwach pseudovergleyte anthropogene Pararendzina
BP 09	anthropogener Regosol
BP 10	anthropogener Regosol
BP 11	anthropogener Pararendzina-Gley



Sondierpunkt	Erkundeter Bodentyp nach KA 5 [U 1]
BP 12	anthropogene Pararendzina
BP 13	anthropogene Pararendzina über gekapptem, anthropogenem Pararendzina-Gley
BP 14	anthropogener Regosol über Kalkmarsch
BP 15	anthropogene Gley-Pararendzina
BP 16	Normkalkmarsch
BP 17	anthropogene Gley-Pararendzina mit überprägtem, fossilen Ah-Horizont über tiefer Kalkmarsch
BP 18	anthropogener Humusgley
BP 19	anthropogener Pararendzina-Gley
BP 20	anthropogener Pararendzina-Gley
BP 21	anthropogener Ranker
BP 22	Normkalkmarsch

Tabelle 4.1.3-1: Übersicht der Ergebnisse der feldbodenkundlichen Kartierung

Insgesamt 20 der 22 Bodensondierungen ließen sich als **anthropogene Böden** identifizieren, die aus der Umlagerung natürlichen Materials bzw. aus Spülsand entstanden sind. Weiterhin ließen sich zwei Profile als naturnahe **Normkalkmarsch** klassifizieren (BP 16 und BP 22). In zwei der anthropogenen Profile konnte die Kalkmarsch als von den Spülsanden überlagerter fossiler Boden identifiziert werden (BP 14 und BP 17). Die anthropogenen Böden ließen sich als sieben **Pararendzinen**, drei **Regosole** und sieben **Gleye** ansprechen, wobei zwischen den Gleyen und den übrigen Bodentypen Übergänge bestanden. In BP 21 trat als Sonderfall ein anthropogener **Ranker** auf; es handelt sich um einen Bodenauftrag auf eine Betonplatte. Im Profil BP 08 ließ sich (ebenfalls als Sonderfall) eine schwach ausgeprägte Pseudovergleyung feststellen.

Grundwassereinflüsse wurden für insgesamt dreizehn Profile festgestellt, wobei eine Zunahme in Häufigkeit und Intensität von Nord nach Süd festzustellen ist. Südlich der Straße *Geniusbank* finden sich, mit Ausnahme des flachen Rankers in BP 21, keine Böden ohne Grundwassereinfluss, während nördlich der *Geniusbank* lediglich BP 01 und BP 11 als Pararendzina-Gleye sowie BP 05 als Gley-Regosol und BP 07 als Regosol-Gley angesprochen wurden. Die höchste Grundwasserstufe (GWS 2) wurde in der Normkalkmarsch im Profil BP 22 erkundet. In allen Fällen war jedoch (aufgrund der Dürre des Sommers 2022) kein Grundwasser anzutreffen, sodass die



Grundwasserhorizonte, Go- wie Gr-Horizonte, lediglich anhand der entsprechenden Hydromorphiemerkmale ermittelt werden konnten: Nasse Horizonte waren nicht vorhanden. Die höchste Bodenfeuchte war im Profil BP 22 mit feu4 (sehr feucht) im untersten Horizont anzutreffen.

Im Oberboden wurden für 16 der 22 Profile Sande und für die übrigen 6 Profile Schluffe festgestellt. Am häufigsten waren darunter Lehmsande der Bodenart Su2 (12 Profile). Schluffsande und Tonschluffe traten dreimal, Lehmschluffe zweimal und Reinsande und Sandschluffe jeweils einmal auf. Die höchste Bindigkeit findet sich mit der Bodenart Lu in den Profilen BP 15, BP 16 und BP 17. Die übrigen Schluffe wurden noch südlich davon angetroffen. Der Humusgehalt des Oberbodens lag für den überwiegenden Teil der Profile bei h3, also bei etwa 2 bis 4 Masse-%. Im nördlichen Teil des Vorhabengebietes lagen abweichende Profile meist unter diesem Wert und wiesen im Oberboden einen Humusgehalt von h2 (ca. 1 bis < 2 Masse-%) auf. Einzige Ausnahme bildete BP 05, welcher im Oberboden Humusgehalte von bis zu h5 erreichte (ca. 8 bis < 15 Masse-%). Ähnlich hohe Werte wurden außerdem nur von BP 22 erreicht; mit BP 17 und BP 20 lagen weiterhin zwei Profile bezüglich ihrer obersten Horizonte bei h4 (ca. 4 bis < 8 Masse-%). Die Mächtigkeit des Oberbodens war im Trassenverlauf bei einem Mittelwert von etwa 24 cm stark variabel. Die geringste Mächtigkeit wies mit etwa 6 cm der anthropogene Pararendzina-Gley in BP 01 auf; die tiefsten Horizonte mit einem Humusgehalt von mindestens h2 fanden sich in dem anthropogenen Gley des Sondierpunktes BP 18, wo der Übergangs-Ah-Horizont bis in 70 cm Tiefe reichte. Torfige Horizonte wurden nirgendwo angetroffen.

Auch im Unterboden bzw. Untergrund waren in erster Linie Sande sowie unterschiedlich stark schluffige Sande vertreten. Die Bindigkeit der Profile BP 15 bis BP 17 stieg im Unterboden weiter an, stellenweise bis zu einer Bodenart von Tu2. Weitere bindigere Horizonte im Bereich der Schluffe fanden sich in den Profilen BP 05, BP 18 und BP 22.

Die meisten Profile waren weitgehend frei von Grobboden; Gehalte von über 1 % ließen sich nur in vier Profilen finden. BP 02 und BP 19 zeigten Grobbodengehalte im Bereich von 3 bis 10 %, und BP 21 wies im einzigen kartierbaren Horizont 30 % Grobboden auf, während BP 13 mit einem Grobbodengehalt von 90 % im zweiten Horizont auffällt. In beiden Fällen handelt es sich um anthropogene Anschüttungen.

In einem großen Teil der Profile wurden mittels HCl-Test Carbonat und Sulfid festgestellt; lediglich drei Profile waren vollkommen frei von beiden Substanzen (BP 05, BP 07 und BP 21). Kalkhaltig



jedoch frei von Sulfiden waren weiterhin die Profile BP 01 und BP 06. BP 10 war als einziges Profil sulfidhaltig aber kalkfrei. Alle übrigen Profile wiesen beide Substanzen zumindest in vereinzelt Horzonten auf, die meisten davon jedoch erst ab dem Unterboden bzw. im Untergrund. Kalkhaltig im Oberboden waren lediglich die Profile BP 15 bis BP 18 sowie BP 22. Schwach sulfidhaltig im Oberboden waren die Profile BP 04, BP 13, BP 14, BP 15, BP 16, BP 18 und BP 22. Allein BP 02 wies bereits im Oberboden deutliche Sulfidgehalte auf. Den Horizont mit dem höchsten Kalkgehalt wies mit c4 das Profil BP 16 auf; die höchsten Sulfidgehalte die Profile BP 13 und BP 22. Die verwendete Methode kann nur als Hinweis auf Sulfide gewertet werden, nicht jedoch als Nachweis derselben (Verfälschung evtl. durch organische Substanz o. ä.).

Als Bodenausgangsgestein lag für die meisten Profile der von der Geologischen Karte von Niedersachsen 1 : 25.000 [U 19] angegebene Spülsand vor. Im direkten Kontakt zu bestehenden Leitungsräben sowie bei eindeutigen Hinweisen im Bodenprofil wurde stattdessen anthropogen umgelagertes, natürliches Material als Ausgangsgestein erkundet (Ausnahme: BP 21). Ein großer Teil der Böden des Vorhabengebietes ist also durch anthropogene Umlagerungsprozesse entstanden. Lediglich die Profile BP 16 und BP 22, sowie im Untergrund die Profile BP 14 und BP 17 weisen als Bodenausgangsgestein natürlich abgelagertes Material des Wattenmeeres auf, wenn auch die Sedimentation in weiten Teilen durch die Eindeichung des Gebietes anthropogen forciert worden ist.

66 geotechnische Kleinrammbohrungen entlang des Trassenverlaufes wurden zur differenzierteren Auswertung mit hinzugezogen und auf ihre Bodenart, den Grundwasserstand, sowie Anzeichen von potenziell sulfatsaurem Material in tieferen Bodenschichten geprüft (zu letzterem siehe Kapitel 4.4.5). Die Sondiertiefe lag bei einem Mittel von etwa 7 m zwischen 5 und 15 m unter GOK.

Auch in den Kleinrammbohrungen wurden in den oberen Metern im Bereich des Deiches vor allem Sande angetroffen; lediglich eine Auffüllung in BS 55 zeigte oberflächennah eine Auffüllung aus Ton, Schluff und Feinsand. Die Böden waren in diesem Bereich meist frei von Grundwasser, nur zwischen BS 61 und BS 56 lagen die erkundeten Grundwasserspiegel bei gut 2 m Tiefe. Südlich davon trat in BS 49 im Bereich der geschlossenen Querung der Raffineriestraße Grundwasser in 1,5 m unter GOK auf [U 10], abgesehen davon war der Deichbereich bis hin zu BS 31 weitgehend grundwasserfrei.



Südlich von BS 31 nahm die Mächtigkeit der Sandauffüllungen ab, feinkörnigere Böden traten zunehmend oberflächennah im 2-Meter-Raum auf und die Grundwasserstände stiegen nördlich der Straße *Geniusbank* auf etwa 1 m unter GOK an, um im direkten Querungsbereich wieder auf etwa 2 m bzw. im Bereich zwischen *Zum Voslapper Leuchtturm* und A 29 in einen Bereich außerhalb der erbohrten Tiefe abzusinken. Südlich davon lagen die erbohrten Grundwasserstände im 2- bis 3-Meter-Raum. Im Bereich zwischen BS 26 und BS 17 lag die Mächtigkeit der Sandauffüllung bei unter 1 m, was die dortigen bodenkundlichen Erhebungen bestätigt.

Bei der Durchquerung des Waldstückes westlich des Kohlekraftwerkes (BS 13 bis BS 07) wurde kein Grundwasser angetroffen. Auch stieg hier die Mächtigkeit der Sandauffüllung auf stellenweise 2,5 m an, während die zugrundeliegenden feinkörnigen Böden auch hier stellenweise im 1-Meter-Raum anzutreffen waren.

Südlich der Maade wurden geringmächtige Sandauffüllungen zwischen 0 und 90 m sowie Grundwasserstände im 2-Meter-Raum erkundet, was die bodenkundlichen Erhebungen für BP 22 bestätigt.

4.2 Bewertung der Geländeerhebungen nach KA 5

Die durch die eigenen bodenkundlichen Sondierungen ermittelten Bodentypen weichen zwar naturgemäß von den in der BK 50 [U 28] beschriebenen ab, bestätigen jedoch im Allgemeinen das von dieser beschriebene Bild der Bodentypenverteilung.

Die insgesamt 20 aus Spülsand entstandenen **anthropogenen Bodenprofile** entsprechen den Angaben der BK 50 [U 28], die für den gesamten Bereich als geologische Signatur Spülsand über Mischwatt angibt, auch wenn sich diese anthropogene Überprägung im eigentlichen Bodentyp (sehr tiefe Kalkmarsch) nicht niederschlägt. Die begrabene Kalkmarsch ließ sich in den Profilen BP 14 und BP 17 als überlagerter Boden antreffen.

Weiterhin ließen sich zwei Profile als naturnahe **Normkalkmarsch** klassifizieren (BP 16 und BP 22), die keine anthropogene Überdeckung aufwiesen, sondern schon im Oberboden aus Wattsedimenten entstanden sind. Dies widerspricht den Angaben der BK 50, welche Spülsandüberlagerungen für das gesamte Gebiet ausweist. BP 16 liegt dabei (ebenso wie BP 17)



in weniger als 200 m Entfernung zu der von der BK 50 ausgewiesenen Grenze der durch Spülsande geprägten Bodeneinheit. Westlich davon stehen Böden aus Vorlandbildungen über Mischwatt an, während der Bodentyp (sehr tiefe Kalkmarsch) derselbe bleibt. Im Grenzbereich beider geologischen Profiltypen kann das oberflächliche Vorkommen naturnaher Kalkmarschen als schlüssig erachtet werden, da hier die anthropogene Sandüberdeckung über dem ehemaligen Wattboden am geringmächtigsten ist. Somit können in diesem Übergangsbereich die Unterschiede beider sondierten Profile auf die natürliche Heterogenität des Bodenkörpers zurückgeführt werden, die von den vorliegenden Karten nicht in allen Details abgebildet werden kann.

Dagegen liegt BP 22 in deutlich größerer Entfernung zu von der BK 50 [U 28] ausgewiesenen Grenzbereichen. Das Auftreten naturnaher Böden innerhalb der gemäß BK 50 [U 28] von Spülsanden gebildeten Fläche kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass einzelne Ausläufer und Inseln der ursprünglichen Kalkmarsch zwischen den anthropogenen Bildungen noch immer oberflächlich anstehen können.

Auch im Hinblick auf weitere Bodeneigenschaften lässt sich stellenweise eine deutliche Heterogenität feststellen, welche von der BK 50 [U 28] nicht abgebildet wird. Beispielsweise stellt diese die Grundwasserstufe (GWS5) und die Bodenart (Lehmschluff über Tonschluff) im gesamten Vorhabengebiet als homogen dar. Während der bodenkundlichen Felderhebungen wurden besonders südlich des Jade-Weser-Ports stärkere Grundwassereinflüsse bis hin zu GWS3, südlich der Maade sogar GWS2 festgestellt. Auch der nördliche Gebietsabschnitt weist vereinzelt Grundwassereinflüsse auf. Im Norden des Gebietes wurde als Bodenart durchweg Sand kartiert, während im Süden die von der BK 50 beschriebenen Lehm- und Tonschluffe angetroffen wurden. Dementsprechend ist zu erwarten, dass auch die daraus ableitbaren Bodeneigenschaften, welche von der BK 50 [U 28] beschrieben werden, stellenweise heterogener sind, als vom Kartenmaterial beschrieben.

Im nördlichen Teil des Vorhabengebietes lassen sich die Abweichungen in der Bodenart durch den nahen Deich sowie den Bau der trassenparallel verlaufenden oberirdischen Leitung erklären, welche zusätzliche anthropogene Überprägungen mit sich brachten. Auch kann stellvertretend für das gesamte Vorhabengebiet auf die Erläuterungen zur Korngrößenverteilung im Bereich des Voslapper Grodens [U 42] verwiesen werden, welche von Ost nach West einen Verlauf von grob zu fein beschreibt, was dem Ablagerungsverhalten der Spülsande geschuldet ist. Als Grund für die vereinzelt vorkommenden stärkeren Grundwassereinflüsse im nördlichen Teil des Gebietes kann



ggf. die Lage der Profilpunkte nahe bei Entwässerungsgräben oder in morphologischen Mulden diskutiert werden.

Grundsätzlich muss bei den Ergebnissen der Sondierungen beachtet werden, dass eine Veränderung des Bodenkörpers durch z. B. die Topographie, Stauwassereinfluss oder anthropogene Beeinflussung lokal sehr begrenzt und heterogen ausgeprägt auftreten kann.

Eine Interpolation zwischen zwei Sondierpunkten der feldbodenkundlichen Erkundung ist nicht sinnvoll, da diese relativ weit voneinander entfernt liegen (insg. 22 Sondierpunkte auf ca. 12 km Trassenlänge). Die Ergebnisse der Sondierungen dienen vielmehr der Überprüfung der BK 50 [U 28] und der Ableitung baubedingt auszuführender Bodenschutzmaßnahmen, die für den gesamten Vorhabensbereich oder ggf. abschnittsweise gelten.

Aufgrund der deutlich größeren Heterogenität, die während der feldbodenkundlichen Erhebung im Vorhabensgebiet im Vergleich zu den aus der BK 50 stammenden Daten festgestellt wurde, stehen diese häufig zu den im Kartenmaterial (Anlage 1 bis 5) dargestellten Bodeneigenschaften in scheinbarem Widerspruch. Um eine differenzierte Betrachtung zu ermöglichen, werden die für die jeweilige Anlage auswertungsrelevanten Daten, welche sich aus den eigenen Erhebungen ermitteln ließen, als Datenpunkte in die Anlagen mitaufgenommen. Um bei der Festlegung der endgültigen Maßnahmenempfehlungen diese im Feld festgestellten Abweichungen richtig zu gewichten, wird den Daten der eigenen Auswertung hierbei ein hoher Stellenwert zugeschrieben.

4.3 Penetrologgeruntersuchungen und Bodendichte

Mit dem Penetrologger sollte der spezifische Eindringwiderstand der anstehenden Böden bis in eine Bodentiefe von 80 cm ermittelt werden. Es wurde in Dreifachmessung sondiert. Die Ergebnisse der jeweiligen Einzelmessungen sowie die berechneten arithmetischen Mittel sind graphisch in Anlage 9 beigefügt.

Aufgrund der großen Trockenheit, die während der Kartierungen herrschte, war die Sondierung mit dem Penetrologger jedoch nur eingeschränkt möglich: Ideal ist eine Sondierung bei Feldkapazität, was eine Bodenfeuchte von θ_{400} voraussetzt [U 10], die jedoch nur in einem Profil und auch dort nur in einem Horizont angetroffen wurde (BP 22). Je trockener ein Boden, desto schwergängiger die



Sondierung mit dem Penetrologger, und desto höher die damit suggerierte Lagerungsdichte. Sondierungen bei den Punkten BP 05, BP 06 und BP 16 ergaben, dass die angepeilte Eindringtiefe von 80 cm nicht erreicht werden konnte, sondern die Sondierung bereits nach den ersten 10 bis 20 cm aufgrund von zu hohem Eindringwiderstand abgebrochen werden musste. Grobboden, welcher häufig für derartige Abbrüche verantwortlich ist, wurde während der Pürckhauer-Sondierungen jedoch in keinem der sondierten Profile angetroffen. Da diese Messungen bezüglich Verdichtungen im Bodenprofil wenig Aussagekraft haben, wurde für alle weiteren Profile auf Penetrologgermessungen verzichtet.

Der hohe Eindringwiderstand des Penetrologgers steht im Widerspruch zu den im Bohrstock abgeschätzten Lagerungsdichten, die in den oberen Horizonten bis 20 cm bei Ld1 bis Ld2 lagen, also als gering bis sehr gering einzustufen waren. Da auch der Einschlagwiderstand des Bohrstockes selbst in vielen Punkten eine höhere Lagerungsdichte vermuten ließ, kann dies als Hinweis darauf gewertet werden, dass die im Bohrstock abgeschätzte Lagerungsdichte in vielen Punkten bei der Entnahme systematisch verfälscht wurde. Mit Ausnahme von BP 11 waren besonders die Profile entlang des Deiches zum Zeitpunkt der Sondierung oberflächlich vollkommen trocken (feu1), während auch die im bzw. am Wald gelegenen, südlicheren Profile im Oberboden nicht über eine schwache Bodenfeuchte (feu2) hinausgingen. Allein BP 22, welcher im Allgemeinen die stärksten Vernässungen zeigte, konnte auch im Oberboden als feucht (feu3) eingeordnet werden. In Verbindung mit den besonders entlang des Deiches nicht bindigen und damit wenig zusammenhängenden Bodenarten hat diese Trockenheit während der Bohrung zu einer Lockerung geführt.

Aufgrund dieser Beobachtungen wurden in den folgenden Bewertungen der Böden die im Bohrstock abgeschätzten Lagerungsdichten nur unter Vorbehalt zur weiteren Auswertung herangezogen.



4.4 Weitergehende Bewertung der Böden

4.4.1 Bodenfunktionsbewertung

4.4.1.1 Grundlagen der Bodenfunktionsbewertung

In Niedersachsen wird der Boden rechtlich durch das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) [U 5] sowie das Niedersächsische Bodenschutzgesetz [U 15] geschützt. So sind gemäß § 1 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. „Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte“ sollen bei Einwirkungen auf den Boden soweit wie möglich vermieden werden (vgl. § 1 Satz 3 BBodSchG).

Zudem ist der Boden als ein Bestandteil des Naturhaushaltes ein Schutzgut im Sinne des Naturschutzes. Entsprechend Bundesnaturschutzgesetz sind zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit die Böden so zu erhalten, dass sie ihre Funktionen im Naturhaushalt erfüllen können. Ungenutzte versiegelte Flächen sind zu renaturieren, oder, bei einer nicht zumutbaren oder nicht möglichen Entsiegelung, der natürlichen Entwicklung zu überlassen (§ 1 Abs. 3 Nr. 2 Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) [U 6].

Folglich sind die Belange des Bodens in Verfahren, in denen die Umweltaspekte von Planungen geprüft werden (z. B. Landschaftspflegerischer Begleitplanung und sonstige Eingriffsbewertungen) zu berücksichtigen.

Auch in der Bauleitplanung sind die Belange des Umweltschutzes, darunter auch diejenigen des Bodenschutzes zu berücksichtigen (vgl. § 1 Abs. 6 Nr. 7a Baugesetzbuch – BauGB) [U 4]. Beispielsweise wird hier der sparsame und schonende Umgang mit dem Boden und die Minimierung von Bodenversiegelungen gefordert (§ 1a Abs. 2 BauGB). Um dem Auftrag des Bodenschutzes gerecht zu werden, sind einerseits Kenntnisse über die Ausprägung der natürlichen Bodenfunktionen und der Archivfunktionen im Vorhabenbereich sowie andererseits Informationen über die vorhabenspezifischen Empfindlichkeiten der Böden zwingend erforderlich.

Als schutzwürdig sind im Grunde alle unversiegelten Böden zu betrachten, da sie in gewissem Maße Funktionen im Naturhaushalt ausüben. Um diese Schutzwürdigkeit besser differenzieren zu können



werden jedoch gemäß [U 34] im Folgenden lediglich Böden mit besonderer Bodenfunktionserfüllung als schutzwürdig bezeichnet. Die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG [U 5] können nach Bodenteilfunktionen differenziert werden. Diese wiederum können mithilfe von bodenphysikalischen und bodenchemischen Kriterien erfasst und bewertet werden [U 34]. Im Bodenschutzvollzug wird vereinfachend von Bodenfunktionen gesprochen, auch wenn Bodenteilfunktionen oder Kriterien gemeint sind.

Folgende Bodenteilfunktionen werden im Bundesland Niedersachsen zur Charakterisierung von Böden herangezogen [U 34]:

- Böden mit besonderen Standortbedingungen
- Böden mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit
- Böden mit hoher naturgeschichtlicher Bedeutung
- Böden mit hoher kulturgeschichtlicher Bedeutung
- Seltene Böden
- Repräsentative Böden

Als ergänzende Kriterien zur Bewertung der Schutzwürdigkeit werden weiterhin folgende Bodenteilfunktionen genannt, welche jedoch nicht in die Kulisse der relevanten Bodenfunktionen mitaufgenommen werden [U 34]:

- Böden als Regulator im Wasserkreislauf
- Böden als Filter und Puffer

Die einzelnen Bodenteilfunktionen werden im Folgenden näher beschrieben.

4.4.1.2 Böden mit hoher Bodenfruchtbarkeit

Böden mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit eignen sich besonders gut als Lebensraum für Pflanzen und in aller Regel auch als Lebensraum für Bodenorganismen und Bodentiere, weisen also eine besonders hohe Erfüllung der Lebensraumfunktion eines Bodens auf. Auch ihre Funktion als Standorte für die Landwirtschaft ist dementsprechend hoch. Die Fruchtbarkeit eines Bodens lässt sich in erster Linie daran festmachen, wie gut er Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen versorgen kann. Als Indikatoren werden dafür die Speicherkapazität von Kationen und Wasser, letztere gemessen an



der nutzbaren Feldkapazität, sowie die effektive Durchwurzelungstiefe verwendet [U 34]. Die von der BK 50 [U 28] bereitgestellten Daten zur Schutzwürdigkeit der Böden stufen die Bodenfruchtbarkeit je nach Lage im landesweiten Vergleich ein; für konkrete Planungen ist es jedoch auch notwendig, die Fruchtbarkeit eines Bodens im lokalen Vergleich zu betrachten [U 34].

Eine Vielzahl der Böden im Vorhabengebiet wird von der BK 50 [U 28] als besonders fruchtbar angegeben. Südlich der Straße *Zum Voslapper Leuchtturm* trifft dies mit Ausnahme des direkten Umfeldes der A 29, sowie der Grünfläche um den westlich des Onyx Kraftwerkes Wilhelmshaven gelegenen Teich und des direkten Uferbereiches der Maade auf alle Böden zu [U 28]. Nördlich davon werden lediglich der im Trassenverlauf liegende Abschnitt des Firmengeländes HES Wilhelmshaven, sowie ein etwa 500 m umfassender Streifen südlich des Parkplatzes am Deich als solche ausgewiesen [U 28]. Die Ertragsfähigkeit der Böden ist jedoch im gesamten Vorhabengebiet verhältnismäßig hoch: Für alle nicht als schutzwürdig ausgewiesenen Böden ist sie als hoch angegeben, während alle schutzwürdigen Böden eine sehr hohe Ertragsfähigkeit aufweisen [U 28].

In Bezug auf die feldbodenkundlichen Erhebungen muss jedoch erwähnt werden, dass die in vielen Profilen erkundete Bodenart (Sand) eine deutlich geringere Fruchtbarkeit erwarten lässt als die von der BK 50 [U 28] beschriebene (Lehmschluff), sodass besonders entlang des Deiches, aber auch im Waldbereich mit einer geringeren Schutzwürdigkeit zu rechnen ist.

4.4.1.3 Böden mit besonderen Standorteigenschaften (Extremstandorte)

Ein Boden weist dann besondere Standorteigenschaften auf, wenn er für stark spezialisierte und damit seltene und häufig naturschutzrechtlich schutzwürdige Vegetation geeignet ist, also ein hohes Biotopentwicklungspotenzial besitzt. Dies wird durch extreme Standortbedingungen wie starke Nässe, Trockenheit, extreme pH-Werte, Nährstoffarmut, sulfatsaure Böden, erhöhte Salzgehalte oder die Lage an Steilhängen verursacht [U 34]. Unterschieden wird dabei zwischen Salzböden im Küstenbereich, besonders trockenen oder besonders nassen Böden, extrem nährstoffarmen Böden, aktuell sulfatsauren Böden und Böden im Umfeld von Steilhängen [U 34].

Die BK 50 [U 28] weist nur extrem nasse, extrem trockene und salzreiche Böden aus. Im Vorhabengebiet selbst wird von der BK 50 kein Boden mit besonderen Standorteigenschaften ausgewiesen.



Lediglich das außerhalb des Einflussbereiches des Vorhabens liegende Salzwatt ist als extrem nasser Standort geschützt [U 28]. Böden an Steilhängen, nährstoffarme Böden und extrem trockene Böden sind aufgrund des flachen Reliefs, der (potenziell) hohen Bodenfruchtbarkeit (siehe Kap. 4.4.1.2) sowie der frischen bodenkundlichen Feuchtestufe auszuschließen.

Extrem nasse Standorte: Die besonderen Standorteigenschaften für extrem nasse Standorte werden über die bodenkundliche Feuchtestufe, den Nährstoffgehalt und den pH-Wert eines Bodens bewertet [U 26]. Gemäß BK50 [U 28] liegt im gesamten Vorhabengebiet die Feuchtestufe 6 „stark frisch“ bei nährstoffreichen Verhältnissen (Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum > 600 kmol/ha, Bodenchemischer Pufferbereich (pH-Wert) > 6,2) vor. Gemäß [U 26] entspricht dies der Wertestufe 1; dies bedeutet also ein sehr geringes Biotopentwicklungspotenzial.

Salzböden (z. B. Rohmarschen [U 34]) sowie extrem nasse Böden (z. B. Gleye und Organomarschen [U 34]) sind als Begleitböden der sehr tiefen Kalkmarsch jedoch theoretisch vorstellbar. Von der Karte der Standortpotenziale grundwasserabhängiger Landökosysteme Niedersachsens [U 31] werden große Teile des Vorhabengebietes als naturschutzfachlich wertvolle Grundwasserstandorte bzw. als Standorte mit Grundwasserpotenzial angegeben. Als bestehender Standort gelten dabei die Naturschutzgebiete, sowie die Wiese im nördlichsten Gebietsabschnitt und weite Teile des Waldes auf dem Rüstersieler Groden. Beide Einordnungen sparen meist anthropogen genutzte Flächenabschnitte aus [U 31]. Das Standortpotenzial wird im Norden des Trassenverlaufes meist als hoch bewertet, während im südlichen Bereich ein Muster aus hohen bis äußerst hohen Bewertungen ausgewiesen ist [U 31]. Eine Ableitung der Schutzwürdigkeit der Böden mit besonderen Standorteigenschaften ist anhand dieser Quelle nicht möglich, sie bietet jedoch die Möglichkeit, die Angaben der BK 50 bezüglich des Standortpotenzials für extrem nasse Standorte im Gelände anhand dieser Suchräume zu überprüfen, und ist zur differenzierteren Einschätzung des Biotopentwicklungspotenzials in Anlage 2 mit abgebildet.

Die bodenkundliche Feuchtestufe für nicht grund- oder stauwasserbeeinflusste Böden ergibt sich aus der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) [U 30], welche im Vorhabengebiet als hoch bis sehr hoch angegeben wird [U 28], woraus sich mittel frische (sehr hoch) bis schwach frische (hoch) bodenkundliche Feuchtestufen ergeben. Für die Nährstoffverhältnisse wird auf die oben beschriebenen Daten (Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum



> 600 kmol/ha, bodenchemischer Pufferbereich (pH-Wert) > 6,2) zurückgegriffen. Aus einem Verschnitt dieser Daten ergibt sich für alle nicht grund- oder stauwasserbeeinflussten Böden die auch in der BK 50 [U 28] vermerkte Wertstufe 1 (sehr gering).

Während der feldbodenkundlichen Erhebungen wurden jedoch zahlreiche Böden mit Grundwassereinfluss kartiert, für welche eine andere Auswertungsmethode vorliegt [U 30]. Gemäß [U 25] liegt das Vorhabengebiet im Klimabereich 6, sodass für die Auswertung der bodenkundlichen Feuchte- stufe anhand der Grundwasserstufe Tabelle 8 des Methodenkataloges [U 30] zurate gezogen wird. Für die meisten Böden mit Grundwassereinfluss ergibt sich auch nach dieser detaillierteren Evalu- erung ein geringes bis sehr geringes Biotopentwicklungspotenzial. Lediglich für die Profile BP 16 (Normkalkmarsch) und BP 18 (anthropogener Gley) ergibt sich ein mittleres Biotopentwicklungspo- tenzial. Weiterhin wurde für das südlich der Maade gelegene Profil BP 22 (Normkalkmarsch) als einziges eine Schutzwürdigkeit als Boden mit besonderen Standorteigenschaften festgestellt, wel- ches hier aufgrund der festgestellten Grundwasserstufe GWS 2 bei schluffigem Boden als sehr hoch bewertet wird.

Als Landnutzung wird jedoch für die Fläche um BP 22 gemäß [U 35] Industriegelände angegeben; weiterhin wurden in den in Kapitel 4.4.4 beschriebenen chemischen Analysen für diesen Standort in etwa 35 m Entfernung zum bodenkundlichen Sondierpunkt erhöhte Cyanidgehalte festgestellt [U 10]. Hieraus lässt sich schließen, dass die aktuelle Schutzwürdigkeit als Boden mit besonderen Standorteigenschaften deutlich geringer ist, als die aus der Methode [U 30] errechnete, potenzielle Schutzwürdigkeit. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass der südlich davon gelegene Trassenab- schnitt ähnlich hochwertige Böden bei geringerer anthropogener Überprägung aufweist, da hier bei ähnlichem oberflächlichem Erscheinungsbild landwirtschaftliche Nutzung vorliegt [U 35].

Da die Pseudovergleyung in BP 08 nur sehr schwach ausgeprägt ist, ist nicht von besonderen Stan- dorteigenschaften des Profils auszugehen.

Sulfatsaure Böden: Sulfatsaure Böden sind im Vorhabengebiet gemäß der Karte der sulfatsauren Böden in niedersächsischen Küstengebieten in bis zu 2 m Tiefe nicht zu erwarten [U 24]. Das an- stehende Material wird als schwefelarm und verbreitet kalkhaltig beschrieben. Erst in etwa 2 km Abstand werden Suchräume für kalkfreies, toniges Material ausgewiesen, das örtlich sulfatsaure Bestandteile aufweisen kann. In Tiefen > 2 m finden sich im nördlichsten und im südlichsten Ab-



schnitt des Vorhabengebietes Bereiche aus kalkhaltigem Material über sulfatsaurem Material. Ähnliche Bereiche finden sich teilweise auch in der Nähe des Vorhabengebietes [U 16]. Als Extremstandorte für die Vegetation werden jedoch gemäß [U 34] nur Böden ausgewiesen, die oberflächennah versauert sind, sodass die entsprechenden Bereiche keines besonderen Schutzes bedürfen.

Anhand des Geruches wurde während der feldbodenkundlichen Erhebungen auf die Freisetzung von Schwefelwasserstoff bei Salzsäurekontakt geachtet, welcher einen Rückschluss auf das Vorhandensein von Sulfiden gibt. Für Genaueres zur Bewertungsmethode siehe Kapitel 4.4.5.

Entgegen der auf [U 24] basierenden Erwartungen war in 17 der 22 Sondierpunkte in unterschiedlichem Maße Schwefelgeruch festzustellen. In insgesamt sieben Profilen war der Geruch durchweg als schwach einzustufen, in neun Profilen war stellenweise ein deutlicher und in zwei Profilen sogar ein sehr deutlicher Schwefelgeruch wahrzunehmen. Für die Bildung von sulfatsauren Böden im Sinne des Biotopentwicklungspotenzials ist jedoch nicht das Vorhandensein von Sulfiden, sondern ein pH-Wert um 4 bei nassen Verhältnissen relevant [U 34]. Damit es durch oxidiertes Sulfid zur Versauerung kommen kann, muss der Boden weitgehend frei von Carbonat sein, da dieses die Säure zu puffern in der Lage ist. Sulfidhaltige, aber carbonatfreie Horizonte traten nur in insgesamt sechs Profilen auf, und nur im Fall von BP 10 ist dabei das gesamte Profil carbonatfrei. Überschneidungen mit gleichzeitiger Vernässung finden sich nur in BP 11 und BP 14; in beiden Fällen beginnt jedoch die Vernässung erst unterhalb der carbonatfreien Horizonte. Dementsprechend sind aktuell sulfatsaure Böden mit erhöhtem Biotopentwicklungspotenzial im Vorhabengebiet nicht kartiert worden, da diese gemäß den unter [U 34] genannten Kriterien für sulfatsaure Böden mit Biotopentwicklungspotenzial zugleich oberflächennah versauerte und vernässte Bedingungen voraussetzen. Das lokale Auftreten solcher Böden kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, da die Kartierergebnisse andeuten, dass im Vorhabengebiet oxidierbare Sulfide vorhanden sind, die unter den entsprechenden Bedingungen zur der Entwicklung sulfatsaurer Böden geführt haben können. Suchräume für solche sind vor allem stark vernässte, bereits entkalkte Bereiche.

Für die mit potenziell sulfatsaurem Material zusammenhängenden Risiken siehe Kapitel 4.4.5.



4.4.1.4 Böden mit hoher naturgeschichtlicher Bedeutung

Alle natürlichen Böden stellen ein Archiv ihrer Entstehungsgeschichte dar: Sie dokumentieren die Eigenschaften ihrer Ausgangsgesteine sowie die Klima- und Vegetationsgeschichte, die zu ihrer Entstehung geführt hat. Da viele Böden jedoch weitverbreitet vorkommen, bedürfen nur diejenigen Böden eines besonderen Schutzes, die im Verständnis der Landschafts- oder Bodenentwicklung eine Schlüsselfunktion darstellen und oft nur sehr lokal anzutreffen sind. Dazu gehören Paläoböden, überdeckte holozäne Böden und Bodenkomplexe, besonders ausdifferenzierte Böden, Bodenprofile an geologischen Grenzen und naturnahe Böden [U 34].

Da es sich bei der überwiegenden Mehrheit der Böden im Vorhabengebiet um anthropogen geschaffene Landflächen handelt, ist diesen keine erhöhte naturgeschichtliche Bedeutung zuzuweisen. Wo geringflächig natürliche Böden auftreten, ist aufgrund der nacheiszeitlichen Entstehung der anstehenden Küstenböden nicht mit einem unerwarteten Antreffen von Paläoböden als Archive der Naturgeschichte zu rechnen. Böden an geologischen Grenzen sind anhand der örtlichen Geologie auszuschließen [U 19]. Böden im Küstenbereich kommen als schutzwürdige naturnahe Böden infrage; dies betrifft jedoch gemäß [U 34] in erster Linie Watt- und Strandböden, während Marschen keine Erwähnung finden. Eine gänzliche Naturbelassenheit der Böden ist aufgrund des abgesenkten Grundwassers bzw. der Eindeichung und Übersandung ohnehin auszuschließen [U 28], [U 34]. Im Vorgabengebiet sind keine Geotope ausgewiesen [U 22].

4.4.1.5 Seltene Böden

Im Vorhabengebiet werden von der BK 50 [U 28] keine seltenen Böden ausgewiesen, und sind aufgrund des weitflächig homogen kartierten Gebietes auch nicht zu erwarten. Im Rahmen der feldbodenkundlichen Erhebungen wurden keine seltenen Böden angetroffen.

4.4.1.6 Böden mit kulturgeschichtlicher Bedeutung

Böden, die durch vorindustrielle kulturelle Bodenbearbeitung entstanden sind, wird eine besondere kulturgeschichtliche Bedeutung zugewiesen, da es sich um Dokumente historischer Landwirtschaft bzw. Rohstoffgewinnung handelt, die aufgrund der nicht länger gebräuchlichen Techniken nicht



mehr neugebildet werden [U 34]. Mögliche Beispiele sind etwa Heidepodsole, Plaggenesche, Wölbäcker, Marschhufenbeete, Spittkulturen, Fehnkulturen, Wurten und historische Deiche [U 34].

Von der BK 50 [U 28] werden im Vorhabengebiet keine Böden mit kulturgeschichtlicher Bedeutung ausgewiesen, noch wurden sie während der feldbodenkundlichen Erkundung angetroffen. Aufgrund der Gebietshistorie als ehemaliges Wattenmeer (Zustand bis Mitte des 20. Jahrhunderts) ist nicht mit dem unerwarteten Antreffen historisch älterer Böden zu rechnen.

4.4.1.7 Repräsentative Böden

Repräsentative Böden mit einer besonders deutlichen Ausprägung der typischen Horizontabfolge, welche im Rahmen von kontinuierlichen Untersuchungen beprobt werden, sind vor Eingriffen besonders geschützt [U 34]. In etwa 4 km Entfernung zum Vorhabengebiet liegt die Boden-Dauerbeobachtungsfläche *Breddewarden*, welche für den Bodentyp Knickige Brackmarsch repräsentativ ist [U 23]. Aufgrund des großen Abstandes sind durch die Baumaßnahme keine Beeinträchtigungen zu erwarten.

4.4.1.8 Ergänzende Kriterien zur Bewertung der Schutzwürdigkeit

Böden als Regulator im Wasserkreislauf: Böden üben im Wasserkreislauf eine Regulatorfunktion aus, indem sie Niederschlagswasser aufnehmen und speichern, womit der Oberflächenabfluss verringert und der Wasserhaushalt über Trockenperioden hinweg gesichert wird. Die BK 50 gibt in ihrer Darstellung der schutzwürdigen Böden keinen eigenen Layer für diese Bodenteilfunktion aus, ihre Betrachtung kann je nach regionalen Gegebenheiten ergänzend zu den oben beschriebenen Schutzwürdigkeiten erfolgen. Die Funktionserfüllung als Regulator im Wasserkreislauf wird über die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) bewertet, welche alle Poren beschreibt, die pflanzenverfügbares Wasser speichern und gegen die Gravitation festhalten können (0,2 bis 50 µm [U 1]). Größere Poren können das Wasser zwar nicht speichern, es aber dennoch bei Niederschlagsereignissen aufnehmen und somit Flutereignissen und Erosion entgegenwirken. Dementsprechend kann die Bewertung über die nFKWe zu einer Unterschätzung des Regenwasserretentionsvermögens der Böden führen [U 34].



Die nutzbare Feldkapazität wird von der BK 50 [U 28] im Vorhabengebiet als hoch (> 140 bis 200 mm) bis sehr hoch (> 200 mm) angegeben, wobei die Bereiche mit einer sehr hohen Einordnung sich innerhalb des direkten Vorhabengebietes vollständig mit den Flächen mit Böden mit hoher natürlicher Bodenfruchtbarkeit decken: Südlich der Straße *Zum Voslapper Leuchtturm* weisen mit Ausnahme des direkten Umfeldes der A 29, sowie der Grünfläche um den westlich des Onyx Kraftwerkes Wilhelmshaven gelegenen Teiches und des direkten Uferbereiches der Maade alle Böden eine sehr hohe nFKWe auf [U 28]. Nördlich davon wird lediglich der im Trassenverlauf liegende Abschnitt des Firmengeländes HES Wilhelmshaven, sowie ein etwa 500 m umfassender Streifen südlich des Parkplatzes am Deich eine sehr hohe nFKWe zugewiesen, während die nFKWe in den übrigen Bereichen als hoch bewertet wird [U 28].

Dementsprechend zeigen die Böden des Vorhabengebietes eine ausgeprägte Funktionserfüllung als Regulator im Wasserkreislauf.

Auch diesbezüglich ist jedoch die Abweichung der kartierten von der in den Karten angegebenen Bodenart zu beachten: Besonders im Bereich des Deiches, wo hauptsächlich Sande anstehen, ist auch bezüglich des Wasserkreislaufes mit einer lokal geringeren Funktionserfüllung zu rechnen, als von den Kartenwerken beschrieben.

Böden als Filter und Puffer: Böden können durch ihre Filter- und Pufferfunktion einen Schutz auf das Grundwasser ausüben. Die Funktionserfüllung ist dabei je nach zu pufferndem Stoff unterschiedlich; ihre Bewertung erfolgt dementsprechend stoffgruppenbezogen [U 34].

Schwermetalle werden über die Adsorption an Austauschern (Tonminerale, Oxide und Huminstoffe) oder an organischem Material (Humus) gebunden. Die Bindungsstärke ist abhängig vom pH-Wert; die Gefährdung des Grundwassers weiterhin von der Sickerwasserrate und dem Grundwasserstand [U 34]. Von der BK 50 wird die relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle (repräsentiert durch Cadmium) im gesamten Vorhabengebiet als sehr hoch angegeben; lediglich südlich der Maade liegt auf etwa 700 m des Trassenverlaufes nur eine hohe Bindungsstärke vor [U 28].

Die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers gibt Auskunft über das standörtliche Verlagerungspotenzial des Bodens für nicht sorbierbare Stoffe. Dies ist besonders im Hinblick auf Nitrat von großem Interesse. Der Rückhalt dieser Stoffe und damit der Schutz des Grundwassers ist umso höher, je



seltener ein Austausch des Bodenwassers erfolgt [U 34]. Im Vorhabengebiet ist die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers mit unter 0,7-mal pro Jahr sehr gering, woraus ein ebenfalls sehr geringes standörtliches Verlagerungspotenzial für nicht oder nur schwach sorbierbare Stoffe resultiert; deckungsgleich zur hohen Bindungsstärke für Schwermetalle liegt auch für diesen Parameter lediglich ein geringes Verlagerungspotenzial auf 700 m des Trassenverlaufes südlich der Maade vor [U 28].

Die Bindungsstärke der Böden für organische Schadstoffe wird von der BK 50 nicht als gesonderter Layer beschrieben [U 28]. Auch organische Schadstoffe werden in Abhängigkeit vom pH-Wert an Ton, Humus und Oxide gebunden, sodass die relative Bindungsstärke von ähnlichen Faktoren abhängig ist wie bei Schwermetallen [U 34]. Relevant für organische Stoffe sind darüber hinaus die Raten von Abbau und Verflüchtigung, die sich stoffspezifisch auf Grundlage der monatlichen Mitteltemperaturen, der bodenkundlichen Feuchtestufe, der Kationenaustauschkapazität und der biologischen Aktivität abschätzen lassen [U 34]. Die stark frische bodenkundliche Feuchtestufe [U 28] impliziert gute Wasserverfügbarkeit bei aeroben Verhältnissen, was einen Abbau begünstigt.

Es kann also nach Kartenwerk davon ausgegangen werden, dass im größten Teil des Vorhabengebietes eine gute bis sehr gute Erfüllung der Filter- und Pufferfunktion vorliegt.

Auch diesbezüglich ist jedoch die Abweichung der kartierten von der in den Karten angegebenen Bodenart zu beachten: Besonders im Bereich des Deiches, wo hauptsächlich Sande anstehen, ist auch einem geringeren Wasserrückhalt und damit mit einer lokal geringeren Funktionserfüllung als Filter und Puffer zu rechnen, als vom Kartenmaterial beschrieben.

4.4.1.9 Gesamtbewertung der Bodenfunktionen

Bei der Gesamtbewertung der Bodenfunktionen spielt in Niedersachsen zusätzlich die Naturnähe der anstehenden Böden eine entscheidende Rolle. Diese wird unterteilt in die Kategorien „sehr hoch“ (unversiegelte, natürlich gewachsene, wenig bis unveränderte Profile), „hoch“ (unversiegelte, gewachsene Profile, durch Nutzung geringfügig verändert (z. B. leichte Grabenentwässerung, schwache bis mäßige Düngung), „mittel“ (unversiegelte bis gering versiegelte (0 – 40 %), gewachsene, veränderte Profile, z. B. durch Oberbodenabtrag, Umbruch, Entwässerung, Verdichtung, intensive Düngung), „gering“ (mittel versiegelte (40 – 60 %), teilweise stark verdichtete Profile, deutlicher Bo-



denabtrag, Aufschüttungen aus naturnahen Materialien, mit geringen Anteilen technogener Substrate) und „sehr gering“ (stark versiegelte (> 60 %) Auftragsböden mit sehr hohen technologischen Anteilen/Verunreinigungen, flächenhaft starke Verdichtung) [U 26].

Gemäß Geologischer Karte [U 19] liegen im gesamten Vorhabengebiet künstliche Aufträge bzw. Auffüllungen vor, welche nach der Eindeichung des Gebietes Mitte des 20. Jahrhunderts aufgespült wurden [U 43]. Die feldbodenkundlichen Erhebungen bestätigen für die überwiegende Mehrzahl der Böden Spülsand als Bodenausgangsgestein. Bei all diesen Böden handelt es sich um Auftragsböden, deren Naturnähe gering ist. Auch für diejenigen Bereiche, in denen die ursprünglichen Marschböden kartiert wurden, ist eine hohe Naturnähe auszuschließen, da auch die Entstehung dieser Böden aus dem ehemaligen Wattenmeer durch die Eindeichung anthropogen forciert wurde, was einer Entwässerung des Gebietes entspricht und daher eine mittlere Naturnähe als Maximum vorgibt [U 43]. Wo ein Standort darüber hinaus anthropogen genutzt wird, liegt die Naturnähe je nach aktueller Nutzung noch darunter.

Gemäß [U 26] wird allen Böden geringer bis sehr geringer Naturnähe eine allgemeine bis geringe Schutzwürdigkeit (Stufe 2 oder 1) zugewiesen. Im Vorhabengebiet betrifft dies alle anthropogenen Spülsandböden. Die naturnäheren Kalkmarschen können teilweise höhere Schutzwürdigkeit erreichen. Die Bewertung erfolgt gemäß Tabelle 8 der Quelle [U 26]. Nach dieser Einordnung liegen für den Punkt BP 22 eine regional sehr hohe und für den Punkt BP 16 eine regional erhöhte Schutzwürdigkeit vor. Wie in Kapitel 4.4.1.3 beschrieben handelt es sich jedoch zumindest bei BP 22 nur um eine potenzielle und nicht um die aktuelle Schutzwürdigkeit, da von den Spülsanden unabhängig anthropogene Überprägungen (Industriestandort und Cyanidverunreinigungen) vorkommen.

Die Grenze der von anthropogenen Aufspülungen begrabenen Böden wird von der BK 50 [U 28] erst westlich der Straße *Friesendamm* und damit außerhalb des Vorhabengebietes angezeigt, wo der geologische Profiltyp der sehr tiefen Kalkmarsch von Spülfeldablagerungen über Mischwatt im Osten zu Vorlandbildungen über Mischwatt im Westen wechselt. Daher ist davon auszugehen, dass es sich bei den angetroffenen Normkalkmarschen um einzelne Ausläufer handelt, die einer Heterogenität der Karte zuzusprechen sind. Hierfür sprechen auch die um BP 16 auftretenden Spülsandböden, denen teilweise Kalkmarschen unterlagert sind. Dementsprechend ist jedoch eine flächige Abgrenzung der naturnahen und naturfernen Flächen und damit einhergehend der Schutzwürdigkeit



anhand der Kartengrundlagen nicht möglich. Hinzu kommt, dass auch das Biotopentwicklungspotenzial anhand der vorliegenden Kartengrundlagen, wie in Kapitel 4.4.1.3 beschrieben, nicht die kleinflächige Heterogenität der Böden abgebildet werden kann.

Für die Abschätzung der Naturnähe der Böden, können die feldbodenkundlichen Sondierungen herangezogen werden; ein Vorkommen von naturnahen Böden ist jedoch in erster Linie im westlichen Bereich des Vorhabengebietes denkbar, da hier ehemalige, leichte Erhebungen einer Bedeckung durch den Spülsand entgangen sein können.

In Anlage 2 sind die von der BK 50 [U 28] beschriebene Bodenfruchtbarkeit sowie die Böden mit besonderen Standorteigenschaften abgebildet. Zur lokalen Einschätzung ist weiterhin der Bewertungslayer der Karte der Standortpotenziale grundwasserabhängiger Landökosysteme Niedersachsen [U 31] mit abgebildet. Weiterhin ist für die jeweiligen Sondierpunkte das nach [U 30] ermittelte Biotopentwicklungspotenzial farblich dargestellt. Beides sollte jedoch im Hinblick auf die anthropogenen Überprägungen differenziert betrachtet werden. Hierzu sind in Anlage 2 die Verteilungen der anthropogen genutzten Fläche gemäß [U 35] mitabgebildet, welche zusätzliche anthropogene Überprägungen anzeigen können. Die Einstufung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit gemäß BK 50 [U 28] ist in Anlage 2 als Schattierung mitaufgeführt; es muss jedoch beachtet werden, dass die im Rahmen der Kartierung festgestellte Bodenart oft grobkörniger war, als die in den Kartengrundlagen beschriebene, was oft mit einer geringeren Bodenfruchtbarkeit einhergeht. Die Schutzwürdigkeit von Böden mit besonderen Standorteigenschaften ist gemäß BK 50 [U 28] im gesamten Vorhabengebiet als sehr gering einzustufen. Die feldbodenkundlichen Erhebungen ergaben jedoch für einige Standorte mittlere bis sehr hohe Einstufungen. Zur lokalen Einschätzung ist daher in Anlage 2 der Bewertungslayer der Karte der Standortpotenziale grundwasserabhängiger Landökosysteme Niedersachsen [U 31] mitabgebildet. Als zusätzlicher Faktor ist die Filter- und Pufferfunktion (bewertet anhand der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers bzw. der relativen Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle [U 28]) als Schraffur mitabgebildet. Weiterhin ist für die jeweiligen Sondierpunkte das nach [U 30] ermittelte Biotopentwicklungspotenzial farblich dargestellt.

Allgemein ist für die Deichböden im Norden des Gebietes aufgrund der geringen Naturnähe keine Schutzwürdigkeit zu erwarten. Wo Überschneidungen des Arbeitsstreifens mit den naturnäheren Böden der daran grenzenden Schutzgebiete vorliegen, kann jedoch eine weitere Evaluierung notwendig werden. Im Süden des Gebietes ist im Waldbereich im Allgemeinen mit hoher Bodenfrucht-



barkeit und erhöhter Bodenfeuchte zu rechnen. Der Bereich südlich der Maade ist unter Berücksichtigung der anthropogenen Überprägung als (potenziell) schutzwürdig zu betrachten. Die nicht kartierten Bereiche südlich von BP 22 sind aufgrund ihrer oberflächlichen Ähnlichkeit zu BP 22 ebenfalls als potenziell schutzwürdig zu sehen; wobei eine Abschätzung lokal anhand von Bodenart und Ver-nässung möglich ist.

4.4.2 Verdichtungsempfindlichkeit

Die Leistungsfähigkeit des Bodens im Naturhaushalt ist maßgeblich vom Porensystem des Bodens abhängig. Mechanische Belastungen (z. B. Befahrungen, Materiallager oder Erdarbeiten) können zu Verdichtungen führen, die in einem Verlust von Porenvolumen und Porendurchgängigkeit resultieren. Durch diese Beschädigung des Porensystems werden die natürlichen Bodenfunktionen beinträchtigt.

Verdichtungen entstehen vor allem, wenn die Tragfähigkeit bzw. das Druckkompensationsvermögen des Bodens geringer als die vorhabenbedingt ausgeübte mechanische Belastung sind, z. B. wenn der Boden in zu feuchtem Zustand befahren wird. Daher spielen neben der standortabhängigen Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens (Eigenfestigkeit des Bodens während mechanischer Belastungen) auch Witterungseinflüsse eine Rolle. Nasse Böden sind aufgrund ihrer weicheren Struktur grundsätzlich verdichtungsempfindlicher als trockene Böden. Zudem steigt die Verdichtungsempfindlichkeit mit abnehmendem Grobbodenanteil, mit zunehmendem Ton- und Schluffanteil sowie mit zunehmendem Humusanteil [U 34].

Die BK 50 weist für das gesamte Vorhabengebiet eine hohe standortabhängige Verdichtungsempfindlichkeit aus, aus der jedoch in Verbindung mit der Betrachtung der Gefügeeigenschaften nur eine mäßige Gefährdung der Bodenfunktionen durch Verdichtung resultiert. Erst westlich der Straße *Friedensdamm* liegt etwa deckungsgleich mit dem Wechsel des geologischen Profiltypen von Spülsanden zu Vorlandbildungen eine sehr hohe Verdichtungsempfindlichkeit vor, aus welcher eine Gefährdung der Bodenfunktionen resultiert [U 28].

Anhand der feldbodenkundlichen Erhebungen ließen sich diese Ergebnisse konkretisieren. Das Land Niedersachsen stellt eine Methode zur Auswertung der Verdichtungsempfindlichkeit bereit



[U 30], welche sich jedoch hauptsächlich auf die erkundete Lagerungsdichte stützt, und diese anhand von Bodenfeuchte, Grobbodengehalt und diverser anderer Parameter weiter differenziert.

Die Lagerungsdichte der Profile wurde im Bohrstock abgeschätzt. Besonders in sandigen Böden war diese jedoch oft deutlich geringer als der Einschlagwiderstand des Bohrstockes suggerierte, sodass in Betracht zu ziehen ist, dass es im Bohrstock zu einer Lockerung des entnommenen Profils gekommen ist. Dadurch traten häufig Lagerungsdichten von Ld1 und Ld2 auf, was eine sehr lockere Lagerung und dementsprechend eine sehr hohe Verdichtungsempfindlichkeit bedeuten würde. Hohe bodenkundliche Feuchtestufen führen zu zusätzlichen Steigerungen der Verdichtungsempfindlichkeit. Anhand der genannten Methode interpretiert [U 30], würden zwölf von zweiundzwanzig Profilen eine sehr hohe und fünf sogar eine äußerst hohe Verdichtungsempfindlichkeit zugewiesen werden, während zwei weitere auf der Grenze zwischen beiden Stufen liegen würden.

Da diese Einschätzung bei teils trockenen, anthropogenen Sandböden und im Hinblick auf die während des Bohrstockeinschlages wahrgenommene, deutlich höhere Lagerungsdichte stellenweise unrealistisch erscheint, wurde eine weitere Einschätzung anhand der Methode des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalens vorgenommen, deren Ergebnisse vergleichend in Tabelle 4.4.2-1 und zusätzlich in Anlage 3 abgebildet sind. Diese ermöglicht die Bestimmung der Verdichtungsempfindlichkeit eines natürlichen (also nicht bereits vorverdichteten) Bodens über die Bodenart, den Grobboden- und Humusgehalt sowie über die aus Staunässe- bzw. Grundwasserstufe (SNS bzw. GWS) ermittelte Bodenwasserhaushaltsgruppe [U 14]. Nach [U 14] weisen sowohl organische Böden als auch Böden einer Bodenwasserhaushaltsstufe von 1 automatisch eine extrem hohe Verdichtungsempfindlichkeit auf, während bei geringerer Vernässung sandige Böden stets eine Stufe weniger verdichtungsgefährdet sind als lehmige, schluffige und tonige Böden. Ein sehr hoher Grobbodengehalt ab 50 % senkt die Verdichtungsempfindlichkeit drastisch, im Vorhabengebiet kommt dies jedoch nur in einem 11 cm mächtigen Horizont in BP 13 vor, welcher für das Gesamtprofil nicht repräsentativ ist und daher in der Bewertung vernachlässigt werden kann [U 14].

Wie der Tabelle 4.4.2-1 zu entnehmen ist, sind die nach [U 14] ermittelten Verdichtungsempfindlichkeiten deutlich niedriger als die nach [U 30] ermittelten. Vor allem die nicht grundwasserbeeinflussten, anthropogenen Sandprofile wurden nach [U 14] mit einer geringen Verdichtungsempfindlichkeit bewertet; während die meist hohe Bewertung gemäß [U 30] wahrscheinlich der Lockerung des Pro-



fils während der Sondierung geschuldet ist. Beide Methoden ergeben für die stark grundwasserbeeinflussten Profile die höchsten Verdichtungsempfindlichkeiten. Hiervon ist dementsprechend besonders der südliche Teil des Gebietes betroffen.

Profilname	Verdichtungsempfindlichkeit nach [U 30]	Verdichtungsempfindlichkeit nach [U 14]
BP01	äußerst hoch	sehr hoch
BP02	sehr hoch	gering
BP03	sehr hoch	gering
BP04	sehr hoch	gering
BP05	sehr hoch	mittel
BP06	hoch bis sehr hoch	gering
BP07	sehr bis äußerst hoch	hoch
BP08	mittel	mittel
BP09	sehr hoch	gering
BP10	hoch	gering
BP11	sehr hoch	hoch
BP12	sehr hoch	gering
BP13	sehr hoch	hoch
BP14	sehr hoch	mittel
BP15	äußerst hoch	hoch
BP16	sehr bis äußerst hoch	sehr hoch
BP17	äußerst hoch	hoch
BP18	sehr hoch	sehr hoch
BP19	sehr hoch	hoch
BP20	äußerst hoch	hoch
BP21	n. b.	sehr gering
BP22	äußerst hoch	extrem hoch

Tabelle 4.4.2-1: Verdichtungsempfindlichkeit der erkundeten Profile, ermittelt anhand der Vorbelastung [U 30] bzw. der Vernässung [U 14]

Die höchste Verdichtungsempfindlichkeit wies gemäß [U 14] das Profil BP 22 auf, welches die stärksten Grundwassereinflüsse zeigte. Gemäß [U 30] wiesen die Profile BP 01, BP 15, BP 17, BP 20 und BP 22 alle die höchste Verdichtungsempfindlichkeitsstufe auf; bei allen handelt es sich um grundwasserbeeinflusste Böden von Grundwasserstufen zwischen GWS 4 und GWS 2.



Bezüglich des hohen Einflusses, den die Vernässung des Bodens auf die Verdichtungsempfindlichkeit hat, ist jedoch auch zu beachten, dass alle Profile zum Zeitpunkt der Sondierung weitestgehend trocken waren. Die aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit der Böden kann dementsprechend während der Sommermonate (besonders in Dürre Jahren wie 2022) ggf. noch unterhalb der hier dargestellten Ergebnisse liegen.

Die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen [U 10] wurden zur weiteren Bewertung der lokalen Verdichtungsempfindlichkeit in Anlage 3 mitaufgenommen. Da die erhobenen Daten nicht exakt für die Methode geeignet sind, ließ sich lediglich eine grobe Abschätzung durchführen. Bei allen durchweg sandigen Böden und trockenen Böden wird bei geringer Vernässung keine besonders hohe Verdichtungsempfindlichkeit erwartet. Zeigten sandige Böden im 2-Meter-Raum Grundwasser, wurde ihnen eine eher mäßige, im 1-Meter-Raum sogar eine hohe erwartete Verdichtungsempfindlichkeit zugewiesen. Für Böden, die oberflächennah feinkörnigere Horizonte zeigten, wird bereits bei Grundwasser im 2-Meter-Raum eine hohe und ansonsten eine eher mäßige Verdichtungsempfindlichkeit erwartet.

4.4.3 Erosionsempfindlichkeit

Wind- und Wassererosion gelten als natürliche Abtragserscheinungen von Böden, die durch extreme Witterungselemente wie Starkregen oder Starkwinde hervorgerufen, und durch die anthropogene Nutzung von Flächen zudem in großem Maße beeinflusst werden [U 45], [U 36].

Bodenverlagerungen durch Wind- und Wassererosion haben neben den entstehenden Schäden durch Bodenverdichtung und -verschlammung sowie der Verringerung der Humusvorräte die größten Auswirkungen auf die Ertragsfunktion vor allem landwirtschaftlich genutzter Flächen und beeinflussen auch die übrigen Bodenfunktionen maßgeblich. Landwirtschaftliche Kulturen können darüber hinaus infolge des Windschliffs oder einer kompletten Abdeckung der Nutzpflanzen durch erodiertes Bodenmaterial geschädigt werden [U 45], [U 46].

Während Wassererosion vorrangig an stark geneigten Standorten und an Hängen auftritt, ist die Winderosion auf mittleren und leichten Tieflandstandorten im Norden Deutschlands ein großes Gefährdungsrisiko für die Funktionen der Böden [U 45].



Zur Ermittlung der potenziellen Erosionsgefährdung von Böden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Wind werden vorrangig die Bodenart des Oberbodens und der Gehalt an organischer Substanz berücksichtigt. Die Ermittlung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser erfolgt durch die an deutsche Verhältnisse angepasste allgemeine Bodenabtragungsgleichung [U 37], [U 36], [U 18].

Böden mit hohem Schluff- und Feinstsandgehalten sowie einer geringen Durchlässigkeit sind stärker wassererosionsanfällig. Mit zunehmendem Skelett- und Humusgehalt, sowie höheren Anteilen an Ton und Sand (> 0,1 mm) und damit einhergehender verbesserter Aggregatstabilität, sinkt die Erosionsdisposition [U 46], [U 36]. Die Anfälligkeit für Winderosion ist besonders in reinen Sandböden hoch, da diese meist die geringste Bindigkeit und damit den geringsten Aggregatzusammenhalt zeigen [U 18].

Im Zuge der derzeitigen Klimaveränderungen ist eine Häufung extremer Wettersituationen sowie die Veränderung der Bodenfeuchtesituation zu erwarten (Starkregen, Sturmereignisse mit hohen Windgeschwindigkeiten, Dürre bzw. Trockenperioden im Sommer), die eine Zunahme des Gefährdungspotentials für Erosion besonders für landwirtschaftlich genutzte Böden erwarten lässt [U 13]. Für die nachhaltige Sicherung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes muss die Erosionsgefährdung von Böden zur Vermeidung eines irreversiblen Verlustes natürlicher Bodenfunktionen in der Landwirtschaft sowie bei baulichen Maßnahmen berücksichtigt werden. Ggf. müssen Gegenmaßnahmen ergriffen werden [U 37], [U 45].

Die vom Land Niedersachsen zur Verfügung gestellten Daten zur Erosionsempfindlichkeit durch Wind und Wasser sind im Vorhabengebiet nur sehr lückenhaft vorhanden [U 32], [U 33]. Die an das Vorhabengebiet angrenzenden Strand- und Wiesenbereiche lassen jedoch Rückschluss auf die im Vorhabengebiet herrschende Erosionsempfindlichkeit zu. Demnach ist eine geringe bis sehr geringe Erosionsempfindlichkeit durch Wasser zu erwarten [U 32]. Die Erosionsempfindlichkeit durch Wind kann im Vorhabengebiet je nach Lage variieren; es kommen Klassen zwischen sehr gering und sehr hoch vor [U 33].

Da die Winderosionsgefährdung im weitgehend flachen, küstennahen und damit windoffenen Vorhabengebiet die Wassererosionsgefährdung, die in erster Linie von der Geländeneigung und dem damit einhergehenden Oberflächenabfluss abhängt, weit überschreitet, wird nur erstere in Anlage 4



dargestellt. Die für die Sondierpunkte abgebildeten Erosionsgefährdungen sind anhand von Bodenart und Humusgehalt des Oberbodens nach der in [U 18] beschriebenen Methode abgeleitet. Die Erosionsgefährdung wird mit der Wertklasse der Windgeschwindigkeit (10 m Höhe, Jahresmittel der Jahre 1981 bis 2000) [U 7] verschnitten. Die Erosionsgefährdung nimmt dabei mit wachsenden Gehalten an Ton und Humus ab.

Da die vom Land Niedersachsen zur Verfügung gestellte Karte zur Erosionsgefährdung durch Wind lückenhaft ist, wurde in Anlage 4 mittels derselben Methode die flächige Erosionsgefährdung abgeschätzt. Hierzu wird die in der BK 50 angegebene Bodenart mit der Windgeschwindigkeit verschnitten, wobei für die Windgeschwindigkeit keine georeferenzierten Daten vorliegen. Die Daten wurden händisch in QGIS übertragen, wobei zur Vermeidung der Angabe einer dementsprechend nicht zu gewährleistenden Genauigkeit eine Vereinfachung stattgefunden hat. Die im Vorhabengebiet nach BK 50 vorliegende Bodenart im Oberboden ist Lehmschluff, was je nach Windgeschwindigkeit in sehr geringen bis geringen Erosionsgefährdungen resultieren würde. Wo jedoch im Gelände anstelle des Lehmschluffes Sande angetroffen werden, wie es während der feldbodenkundlichen Erhebungen für viele Profile der Fall war, kann die Erosionsgefährdung lokal weitaus höher liegen.

Diese Werte gelten für trockene und vegetationslose Böden, sodass das maximale Winderosionsrisiko beschrieben wird. Im feuchten bzw. bewachsenen Zustand sind deutlich niedrigere Gefährdungen zu erwarten. Die Mehrzahl der im Vorhabengebiet anstehenden Böden sind vegetationsbedeckt, sodass ihre aktuelle Erosionsgefährdung deutlich unterhalb der angegebenen liegen sollte. Wo jedoch im Zuge der Baumaßnahme die Vegetationsdecke aufgerissen wird, kommt für den darunterliegenden Boden die volle Erosionsempfindlichkeit zum Tragen; die Baumaßnahme hat an diesen Punkten also große Auswirkungen, während auf Standorten, wo ohnehin keine Vegetationsdecke besteht die Erosionsempfindlichkeit zwar höher ist, jedoch die Auswirkungen der Baumaßnahme geringer.

Weiterhin kommt es im Gelände zu einer Schutzwirkung von Windhindernissen, welche einen Standort vorm Wind abschirmen und somit einen Abtrag der dortigen Bodenpartikel verhindern. Beträgt der Abstand zum Windhindernis weniger als das Fünffache der Höhe des Windhindernisses, so reduziert dies die Erosionsempfindlichkeit um vier Stufen. Bei einem Abstand bis zu dem Zehnfachen seiner Höhe sind es drei, bis zum Fünfzehnfachen zwei und bis zum Zwanzigfachen eine Stufe. Überschreitet die Entfernung vom Windhindernis das Zwanzigfache seiner Höhe, ist im Hinblick auf



die Winderosionsgefährdung kein Einfluss mehr festzustellen [U 18]. Die Abschätzung des Einflusses der Windhindernisse ist für jede Fläche ggf. nach bauzeitlicher Beseitigung der aktuellen Vegetation Vorort zu bewerten, da die Trasse meist direkt hinter einem Gehölzstreifen verläuft.

4.4.4 Schadstoffsituation

Altlastenvorkommen in Form von Altablagerungen [U 21], Rüstungsaltslasten [U 20] und Schlammgrubenverdachtsflächen [U 27] sind im Vorhabengebiet nicht dokumentiert. In der Nähe des Vorhabengebietes sind jedoch die Altablagerungen Inhausersieler Deich (Standort-Nr. 4050004001) und Deponie Süd (Standort-Nr. 4050004013) verzeichnet [U 21].

Die im Rahmen der Baugrunduntersuchung [U 10] durchgeführten chemischen Analysen ergaben für drei von neun Mischproben (MP) Auffälligkeiten. MP 1 entstammt den Kleinrammbohrungen BS 01 bis BS 03 vom Gebietsabschnitt direkt südlich der Maade und zeigt Z2 LAGA-Werte für die Stoffe Cyanid und Sulfat. MP 2 wurde den Proben BS 09 und BS 10 südwestlich des Uniper Kohlekraftwerkes entnommen und besteht aus Auffüllungsmaterial. Hier wurde ein erhöhter Arsen-Gehalt der Einstufung Z2 gemessen. Z1.1 LAGA-Werte wurden weiterhin in MP 7 (BS 66 und 68) für die Stoffe Thallium und Quecksilber im nördlichsten Streckenabschnitt gemessen. Die übrigen Mischproben waren (abgesehen ggf. von erhöhten Gehalten an organischem Material) chemisch unauffällig. Sobald die Altlastenauskunft der Stadt Wilhelmshaven vorliegt wird im Zuge der Bauvorbereitung eine weitere sinnvolle Beprobung der Schadstoffsituation gemäß Ersatzbaustoffverordnung bzw. Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung durchgeführt [U 3].

Zumindest der hohe Sulfatgehalt in MP 1 ist möglicherweise auf die natürlichen Prozesse der Pyritoxidation zurückzuführen, auf welche der deutliche Schwefelgeruch in einigen Horizonten des Bodenprofils BP 22 Hinweise gab (da es sich um ein durchweg kalkhaltiges Profil handelt, ist nicht von einer nennenswerten Versauerungsgefahr auszugehen). Die übrigen chemischen Auffälligkeiten können ggf. als Hinweis auf eine anthropogene Überprägung gewertet werden, die sich oberflächlich nicht erkennen lässt. Dies kann die Naturnähe und somit auch die in Kapitel 4.4.1 ermittelte Schutzwürdigkeit des Standortes herabstufen. Einschätzungen bzgl. des Umweltrisikos dieser Standorte sind dem Baugrundgutachten [U 10] zu entnehmen.



4.4.5 Sulfatsaure Böden

In den Küstenbereichen Niedersachsens herrscht grundsätzlich ein Potenzial für das Auftreten sulfatsaurer Böden. Hierbei handelt es sich um Böden, die reduzierte Sulfid-Verbindungen enthalten, meist Pyrit (FeS_2). Diese wurden unter anaeroben Bedingungen bei der Remineralisierung organischen Materials in stark sulfathaltigem Wasser (z. B. Meerwasser) gebildet. Unter gleichbleibend anaeroben Bedingungen, gewährleistet durch dauerhafte Vernässung, sind diese Verbindungen stabil, kommt es jedoch zu einer Belüftung der Böden, werden die Sulfid-Verbindungen unter der Bildung von Schwefelsäure oxidiert [U 29].

Dies führt immer zu einer Freisetzung von hohen Sulfatmengen, kann aber bei mangelnder Säureneutralisationskapazität des Bodens (meist bedingt durch geringen oder fehlenden Carbonatgehalt) auch zu erheblichen Versauerungen und damit einhergehend zu erhöhter Korrosionsgefahr und Schwermetall- und Aluminiumverfügbarkeit führen. Böden, Sedimente oder Torfe, die mehr Sulfid-Verbindungen enthalten als ihre Säureneutralisationskapazität im Falle einer Oxidation puffern könnte, werden potenziell sulfatsaure Materialien genannt. Solche, in denen bereits eine Versauerung stattgefunden hat, werden aktuell sulfatsaure Materialien genannt [U 29]. Zu beachten ist hierbei, dass das Zwischenprodukt der Pyritoxidation – Jarosit – in aktuell sulfatsauren Materialien enthalten sein kann, welches selbst unter weiterer Säurefreisetzung oxidieren kann, sodass auch von aktuell sulfatsauren Böden eine Gefahr der weiteren Versauerung ausgeht [U 29].

Potenziell oder aktuell sulfatsaure Materialien sind im Vorhabengebiet gemäß der Karte der sulfatsauren Böden in niedersächsischen Küstengebieten in bis zu 2 m Tiefe nicht zu erwarten [U 24]. Das anstehende Material wird als schwefelarm und verbreitet kalkhaltig beschrieben. Erst in etwa 2 km Abstand werden Suchräume für kalkfreies, toniges Material ausgewiesen, das örtlich sulfatsaure Bestandteile aufweisen kann. Unterhalb von 2 m Tiefe findet sich im nördlichsten Abschnitt des Vorhabengebietes ein schmaler Streifen aus kalkhaltigem über potenziell sulfatsaurem Material. Ein ähnlicher Bereich befindet sich im südlichsten Trassenabschnitt im Bereich einer Zufahrt wenige Meter vom Arbeitsstreifen entfernt. Auch sonst kommen kleinflächig ähnliche Bereiche in Trassennähe vor [U 16]. Beim Ausheben des Rohrgrabens kann dementsprechend vereinzelt sulfatsaures Material vorgefunden werden. Um die Pyritoxidation zu reduzieren, sind die entsprechenden Aushubmaterialien stets feucht und möglichst luftdicht zu lagern [U 29].



Die im Rahmen der bodenkundlichen Erhebungen sondierten Böden wurden auf Hinweise für potenzielle Pyritoxidation geprüft. Durch die bei jeder ausgeführten Bodensondierung horizontweise Zugabe von 10%-iger Salzsäure konnte ein Hinweis auf säureflüchtige Sulfide gewonnen werden (vgl. Anlage 8, Spalte Carbonatgehalt). Ist bei Kontakt mit dem Bodenmaterial ein stechender Geruch durch freiwerdenden Schwefelwasserstoff (H_2S) wahrnehmbar, besteht ein Verdacht auf eine mögliche Sulfatsäuregefährdung des Bodens, auch wenn diese Vorgehensweise nicht zum eindeutigen Nachweis von Sulfiden herangezogen werden kann, da eine Verfälschung durch organische Substanz o. ä. möglich ist. Des Weiteren wird über die Salzsäure das Vorhandensein von Carbonaten geprüft (sicht- und hörbar: Gasbildung bzw. Brausen). Diese können eine mögliche Säurebildung puffern und sind maßgeblich für die Bestimmung der Säureneutralisationskapazität (SNK) eines Bodens [U 29].

In 17 der 22 Sondierpunkte war in unterschiedlichem Maße Schwefelgeruch festzustellen. In insgesamt sieben Profilen war der Geruch durchweg als schwach einzustufen, in neun Profilen war stellenweise ein deutlicher und in zwei Profilen sogar ein sehr deutlicher Schwefelgeruch wahrzunehmen. Sulfidhaltige, aber carbonatfreie Horizonte traten nur in insgesamt sechs Profilen auf, und nur im Fall von BP 10 war das gesamte Profil carbonatfrei. Solange der Carbonatgehalt den Sulfidgehalt überwiegt, ist das Substrat nicht als potenziell sulfatsauer anzusehen. Die Profile BP 02, BP 04, BP 09, BP 11 und BP 14, in welchen für einzelne Horizonte Schwefelgeruch ohne Carbonat festgestellt wurde, sind ggf. als sulfatsaures Material gefährdet, sollte bei zunehmender Oxidierung des Sulfids das Carbonat vollständig aufgebraucht werden. BP 10 weist kein pufferndes Carbonat auf, und da andere säureneutralisierende Basen meist eine deutlich schwächere SNK mit sich bringen, ist es wahrscheinlich, dass eine potenzielle Oxidation allein in diesem Profil möglicherweise gespeicherten Pyrits zu einer signifikanten Senkung des pH-Wertes führen würde.

In Anlage 5 ist die Versauerungsgefahr der kartierten Böden nach folgendem Prinzip dargestellt: Böden, in denen keinerlei Schwefelgeruch festgestellt wurde, wird eine sehr geringe Versauerungsgefahr zugewiesen, Böden, in denen Schwefelgeruch nur in carbonathaltigen Horizonten festgestellt wurde, eine geringe. Wurde ein leichter bzw. deutlicher Schwefelgeruch auch in einzelnen, carbonatfreien Horizonten in ansonsten carbonathaltigen Profilen festgestellt, wurde eine mittlere bis hohe Gefährdung gewählt. Böden mit Schwefelgeruch in völlig carbonatfreien Profilen wurde eine sehr hohe Versauerungsgefahr zugewiesen.



Potenziell sulfatsaures Material liegt jedoch meist in dauerhaft grundwasserführenden Horizonten vor, da nur diese anaerobe Bedingungen halten können. Da keiner der während der feldbodenkundlichen Erhebungen erfassten Horizonte grundwasserführend war, liegen in den potenziell sulfidhaltigen Horizonten ohnehin bereits aerobe Bedingungen vor, sodass davon auszugehen ist, dass eine eventuelle Oxidation bereits begonnen hat. Aufgrund der Trockenheit der Horizonte findet diese ggf. nur verzögert statt, da die chemische Reaktion der Pyritoxidation Wasser erfordert [U 29]. Besonders diejenigen Horizonte, die unter gewöhnlichen Umständen wasserführend sein sollten (Gr-Horizonte) haben jedoch das Potenzial, in Jahren ohne langanhaltende Dürreperioden geeignete Bedingungen zu liefern, um Sulfide anaerob zu binden. Auch können in tieferliegenden Bodenhorizonten, welche bei der Kartierung nicht angesprochen wurden, geeignete Bedingungen für das Auftreten von potenziell sulfatsaurem Material vorliegen. Um diese näher zu betrachten, wird im Folgenden neben den bodenkundlichen Erhebungen auch auf die Ergebnisse der im Rahmen der Erstellung des Baugrundgutachtens durchgeführten Kleinrammbohrungen eingegangen [U 10].

Während der Kleinrammbohrungen wurde keine Geruchsprobe mit Salzsäure durchgeführt. Jedoch lassen auch andere Parameter Rückschlüsse auf das Vorhandensein von Sulfiden zu. Am prominentesten darunter sind schwarz verfärbte Horizonte. Diese können als direkter optischer Hinweis auf die Sulfidverbindungen gewertet werden. Sie wurden in 12 der 66 Sondierungen in unterschiedlicher Tiefe angetroffen. Ebenfalls können deutliche Anteile an organischem Material in tieferen Bodenschichten als Hinweis auf reduzierende Verhältnisse und damit ggf. auf Sulfide gewertet werden, am aussagekräftigsten darunter fossile Torfhorizonte. Auch andere Hinweise auf organisches Material, wie z. B. organischer Geruch, können dementsprechend interpretiert werden. Zwar liegen etwa in derzeit grundwasserfreien Bodenschichten keine aktuellen reduzierenden Bedingungen mehr vor, jedoch ist beim Vorhandensein von tief begrabenem organischem Material damit zu rechnen, dass dies in der Vergangenheit zumindest zeitweise der Fall war, da es andernfalls zu einer Remineralisierung gekommen wäre. Sechs der 66 Profile wiesen deutlich humose bis torfige Horizonte auf, weitere 13 nur leicht humose Horizonte. In 24 der übrigen war lediglich ein organischer Geruch festzustellen. Nur in 11 Profilen waren keinerlei Hinweise auf (ehemals) reduzierende Bedingungen im Untergrund festzustellen.

Neben den potenziellen Hinweisen auf Sulfid spielen jedoch auch Grundwasserstand und Kalkgehalt eine entscheidende Rolle bei der Gefahrenbewertung potenzieller Versauerungen. Fehlendes Grundwasser ist ein Hinweis darauf, dass in den fraglichen Horizonten aktuell ohnehin bereits oxidierende Bedingungen herrschen, sodass eine etwaige Sulfidoxidation auch unabhängig von der



Baumaßnahme stattfinden würde. Grundwasserabsenkungen würden sich also nicht negativ auf die Versauerungsgefahr auswirken, während die zusätzliche Belüftung im Zuge eines Aushubs ggf. dennoch zu einer Beschleunigung potenziell stattfindender Sulfidoxidation führen kann. Kalk kann zwar die Sulfidoxidation selbst nicht verhindern, wirkt jedoch als Puffer gegen die dabei entstandene Schwefelsäure und neutralisiert dadurch die Versauerungswirkung des Prozesses. Massive Oxidationsprozesse können je nach Verhältnis von Sulfid und Kalk zueinander jedoch zu einem beschleunigten Aufbrauchen des Kalkes führen, wodurch die Versauerung lediglich verlangsamt und nicht gänzlich gestoppt wäre.

Anhand dieser Überlegungen wurde aus den Beobachtungen der Kleinrammbohrungen eine Bewertung der potenziellen Versauerungsgefahr der einzelnen Profile abgeleitet. Es ist hierbei zu beachten, dass es sich bei dem im Untergrund vorhandenen organischen Material lediglich um einen sekundären Hinweis, nicht um einen Nachweis von Sulfiden handelt. Lediglich die schwarz verfärbten Horizonte können im Kontext der Lokalisierung in unmittelbarer Küstennähe als deutlichere Zeiger von Sulfid gewertet werden.

Hinweise auf reduzierende Bedingungen im Untergrund in aufsteigender Eindeutigkeit	Grundwasser in den fraglichen Horizonten	Kalk in den fraglichen Horizonten	Bewertung der potenziellen Versauerungsgefahr
keine	irrelevant	irrelevant	keine
organischer Geruch im Untergrund ohne mit dem Auge erkennbaren Humus	nein	ja	keine
leicht humose bis humose Horizonte im Untergrund	nein ja	ja ja	keine sehr gering
deutlich humose bis torfige Horizonte im Untergrund	ja ja	ja nein	gering hoch
schwarz verfärbte Horizonte im Untergrund	nein	ja	gering
	nein	nein	hoch
	ja	ja	mäßig

Tabelle 4.4.5-1: Auswertungskriterien der Kleinrammbohrungen auf potenzielle Versauerungsgefahr



Das in Anlage 5 abgebildete Gefährdungspotenzial wurde gemäß Tabelle 4.4.5-1 aus den Kleinrammbohrungen abgeleitet. Es sind nur diejenigen Verknüpfungen abgebildet, die in den untersuchten Kleinrammbohrungen vorkamen. Da die Kleinrammbohrungen bis in teilweise über 10 m Tiefe reichen, ist nicht all diesen Indikatoren ein tatsächliches Gefährdungspotenzial für im Zuge der Baumaßnahmen durchgeführte Arbeiten zuzuweisen. Für insgesamt acht Profile begannen die genannten Indikatoren erst in signifikant über 2,3 m Tiefe, sodass sie aller Voraussicht nach nicht vom Bau des Rohrgrabens beeinträchtigt werden sollten. Um auf das potenziell erhöhte Gefahrenpotenzial im Untergrund dennoch hinzuweisen, wurden für diese Profile in Anlage 5 entsprechend zusätzliche Vermerke gemacht.

Grundwasser war lediglich in 15 Profilen in den fraglichen Horizonten vorhanden; in weiteren 4 Profilen waren die entsprechenden Bereiche teilweise grundwassergesättigt. Für die Mehrzahl der Profile wäre also selbst bei unerwartetem Auftreten von signifikanten Sulfidmengen, nur mit geringfügigen Gefahrensteigerungen durch die Baumaßnahme (etwa bei vermehrter Belüftung durch Aushub) zu rechnen.

Ebenso war Kalk in der großen Mehrzahl der Profile vorhanden. Lediglich zwei Profile waren gänzlich kalkfrei (BS 26 und BS 71). Beide sind grundwasserführend und weisen deutlich organische Horizonte auf. In Anlage 5 wird darum ihre abgeschätzte Versauerungsgefahr theoretisch als hoch eingeordnet; die entsprechenden Horizonte liegen jedoch unterhalb der relevanten Tiefe von 2,3 m Grabensole, was diese Einschätzung relativiert. Dasselbe gilt unterhalb von 10 m Tiefe für BS 29. Die Profile BS 07 und BS 28 sind ebenfalls stellenweise kalkfrei, führen in den entsprechenden Horizonten jedoch kein Grundwasser. Da beide mit schwarzen Horizonten relativ deutliche Hinweise auf Sulfid aufweisen, wurde ihnen aufgrund des mangelnden Kalkgehaltes dennoch eine hohe Versauerungsgefahr zugewiesen. Etwaige, versauerungswirksame Sulfidoxidation würde jedoch aufgrund der mangelnden Vernässung bereits begonnen haben, sodass der Einfluss der Baumaßnahme als deutlich geringer einzuordnen wäre. Auch für BS 07 gilt, dass die Horizonte, welche als Hauptindikator für Sulfidvorkommen gewertet wurden, unterhalb der relevanten Tiefe von 2,3 m liegen. Für BS 28 liegen Sulfidindikatoren in planungsrelevanter Tiefe, welche jedoch aufgrund ihres Kalkgehaltes nur auf ein geringes Versauerungsrisiko hindeuten. Kalkfreie Schichten mit hohem Versauerungsrisiko liegen auch hier erst deutlich unterhalb der zu erwartenden Rohrgrabensohle.

Drei Profile wiesen zwar Kalk in den entsprechenden Horizonten auf, waren jedoch bei deutlichen Sulfidhinweisen (v. a. schwarze Horizonte) gleichzeitig zumindest teilweise grundwasserführend.



Zwar kann der vorhandene Kalk als gefahrmindernd gewertet werden, jedoch ist anhand der verwendeten Methode nicht festzustellen, ob Kalk und Sulfid im hinreichenden Verhältnis zueinander stehen, um eine Versauerung gänzlich zu puffern. Bei einem raschen Wiedereinbau kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der vorhandene Kalk zumindest zweitweise einer Versauerung entgegenwirkt, sodass die tatsächliche Versauerungsgefahr als mäßig eingeordnet wurde.

Eine geringe Versauerungsgefahr wurde für kalkhaltige, grundwasserfreie Horizonte mit sehr deutlichen Sulfidhinweisen (v. a. schwarze Horizonte) sowie für kalkhaltige, grundwasserführende Horizonte mit weniger deutlichen Sulfidhinweisen (z. B. organische Horizonte) angegeben. Eine sehr geringe Versauerungsgefahr wurde für grundwasserführende, kalkhaltige Horizonte mit sehr schwachen Sulfidhinweisen (z. B. organischer Geruch) angegeben. Grundwasserfreien, kalkhaltigen Horizonten mit sehr schwachen Sulfidhinweisen (z. B. leicht humoser oder humoser Geruch) wurde keine Versauerungsgefahr zugewiesen.

Grundsätzlich ist dementsprechend ein Vorkommen von sulfatsauren Böden nicht völlig auszuschließen; im Trassenbereich wird jedoch nur sehr eingeschränkt damit gerechnet. Lediglich im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 26 (direkt nördlich der A 29) und BS 71 (zwischen den Straßen *Geniusbank* und *Zum Voslapper Leuchtturm*) besteht Grund zur Befürchtung einer akuten Gefährdung, welche jedoch zumindest im Bereich der Kleinrammbohrungen erst in größerer Tiefe auftritt. Sollten dennoch auch in vom Bauvorhaben betroffenen Tiefenbereichen in vernässten Böden Schwefelgeruch, schwarzverfärbte Horizonte oder andere Hinweise auf sulfatsaure Böden festgestellt werden, sind hierzu entsprechende Schutzmaßnahmen einzuleiten, insbesondere wenn diese Böden kalkfrei sind. Besonders im südlichsten Bereich des Vorhabengebietes ist hierauf zu achten, die vorliegenden Karten Hinweise auf potenziell sulfatsaures Material im Untergrund liefern. Für ohnehin trockenes Material ist ein deutlich geringerer Einfluss der Baumaßnahme zu erwarten, jedoch sollte auch hier zur Minimierung der vermehrten Belüftung ein rascher Wiedereinbau erfolgen.



5. AUSWIRKUNGEN UND VORHABENBEZOGENE BEEINTRÄCHTIGUNGEN DER BODENQUALITÄT UND DER FUNKTIONSERFÜLLUNG

5.1 Wirkfaktoren

5.1.1 Baubedingte Wirkfaktoren

Das Schutzgut Boden kann durch das Bauvorhaben auf vielerlei Weise beeinträchtigt werden.

Erstens kann es baubedingt bei Böden mit einer besonderen Verdichtungsempfindlichkeit (vgl. Kapitel 4.4.2) zu einer unerwünschten **Verdichtung** der Böden kommen. Dadurch werden Staunässe und der Oberflächenabfluss bei Starkregen und damit die Hochwasserentstehung verstärkt. Zudem fördert Verdichtung die Bodenerosion. Gleichzeitig führt eine erhöhte Bodenverdichtung auch zu einer reduzierten Durchwurzelbarkeit des Bodens und beeinträchtigt somit die (landwirtschaftliche) Nutzbarkeit. Solche Bodenverdichtungen sind in erster Linie im Bereich der Fahrwege durch die Befahrung mit Baustellenfahrzeugen oder LKW zu erwarten. Auch die Bodenmieten üben Druck auf den Boden aus, allerdings ist bei Einhaltung der Höhenvorgaben für die Mieten (Oberbodenmieten $\leq 2,0$ m; Unterbodenmieten $\leq 3,0$ m) nicht mit bedeutenden Verdichtungen zu rechnen. Von möglichen Verdichtungen sind vor allem die Böden betroffen, die durch ihre Eigenschaften (abhängig v. a. von Bodenart, Bodenfeuchte und Humusgehalt) eine hohe Verdichtungsempfindlichkeit aufweisen (vgl. Kapitel 4.4.2).

Beim Aushub und der Wiederverfüllung des Rohrgrabens kann es zu einer **Vermischung** von Ober- und Unterboden sowie Ausgangsgestein kommen. Dadurch kann die Durchwurzelbarkeit und die Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen negativ beeinträchtigt werden.

Die Baumaßnahme kann durch die Bodenumlagerung im Bereich des Rohrgrabens und des Arbeitsstreifens (dort nur Oberboden) außerdem die **Bodeneigenschaften verändern**. Beispielsweise können Bodenwasserhaushalt und Bodenlufthaushalt durch erhöhte oder verminderte Anteile der verschiedenen Porengrößen verändert werden und so z. B. die stauende Wirkung eines Horizontes verloren gehen. Durch Veränderungen der Bodeneigenschaften kann es auch zu einem Verlust von Bodenfunktionen kommen. Die allgemeine Veränderung von physikalischen Eigenschaften und der Bodenfunktionen des wiedereingebauten Bodens (etwa der Verlust der Porenkontinuität) wird bei



getrenntem Wiedereinbau von Ober- und Unterboden sowie Ausgangsgestein und bei der Wiederherstellung einer natürlichen Bodendichte für die meisten Böden gering sein. Vor allem bezüglich organischer und sulfatsaurer Böden besteht jedoch eine hohe Gefahr der Schädigung durch die Umlagerung während der Baumaßnahme, da es beim Aufmieten zu unerwünschten Setzungen und damit Veränderungen des Porenraums und des Grundwasserhaushaltes, und weiterhin aufgrund des erhöhten Sauerstoffangebots zu Remineralisierung der organischen Substanz, bzw. zu einer säurebildenden Sulfidoxidation kommen kann.

Für die Baumaßnahme ist eine bauzeitliche **Entwässerung** vernässter Bereiche notwendig. Die Entwässerung dient der Trockenlegung des Rohrgrabens, wobei die Wirkung über diesen hinausgeht und den gesamten Arbeitsstreifen sowie teilweise auch Flächen außerhalb des Arbeitsstreifens betreffen kann. Sollten solche Entwässerungen über längere Zeit bestehen, kann auch in der Umgebung der Grundwasserspiegel vorübergehend abgesenkt werden. Die Auswirkungen einer Entwässerung sind dabei umso weitreichender, je weniger bindig und je besser wasserleitend damit der anstehende Boden ist. Dies kann in Feuchtbiotopen problematisch für die Vegetation werden, wenn diese auf Grund- oder Stauwasser angewiesen ist. Problematisch ist eine Grundwasserabsenkung auch bei organischen und sulfatsauren Böden, da die Trockenlegung die Mineralisierung der organischen Substanz bzw. die säurebildende Pyritoxidation beschleunigt.

Sollte es zu einer vermehrten **säurebildenden Pyritoxidation** kommen, kann hieraus eine starke Versauerung der Böden und damit einhergehend eine Gefährdung der Vegetation resultieren. Weiterhin kann die Schwermetall- und Aluminiumverfügbarkeit steigen, was die Gefahr einer Aufnahme dieser Stoffe durch Pflanzen sowie eines Eintrages ins Grundwasser steigert. Auch können technische Probleme aufgrund der erhöhten Korrosionsgefahr für Stahl- und Betonkonstruktionen, und damit ggf. für das Rohr selbst resultieren. Dieser Wirkfaktor ist im Bereich potenziell und aktuell sulfatsaurer Materialien zu erwarten (siehe Kapitel 4.4.5).

Durch die mit der Baumaßnahme verbundenen Umlagerungsaktivitäten kann es auch bezüglich humoser Oberböden zu einer verstärkten **Mineralisierung** und damit Nitratfreisetzung kommen. Diese Wirkung betrifft auch die Oberbodenmieten. Für die meisten Oberböden liegen die Humusgehalte mit h2 oder h3 (1 bis 4 %) in keinem sehr hohen Bereich, sodass dieses Problem auf den entsprechenden Flächen vernachlässigbar ist, vereinzelt treten jedoch besonders bei grundwasserbeeinflussten Böden auch höhere Humusgehalte auf.



5.1.2 Anlagenbedingte Wirkfaktoren

Versiegelungen sind bei der Verlegung der Gasleitung nur auf geringer Fläche zu erwarten, da die Leitung vollständig unterirdisch verlegt und mit Boden überdeckt wird. Die Versickerungsleistung des Bodens wird durch die Leitung im Untergrund nicht beeinträchtigt.

Mit der Gasleitung wird ein **Baukörper** in den Boden eingebracht. Aufgrund der Verlegetiefe der Gasleitung sind Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum, etwa durch eine Einschränkung des Wurzelraumes jedoch minimal. Auch die Bodenfunktionen werden (bei Einhaltung der Bodenschutzvorgaben) nur gering eingeschränkt, da sich das durch die Leitung verdrängte Bodenvolumen über die Trasse verteilt und der Boden direkt oberhalb der Leitung die Bodenfunktionen weiter erfüllen kann.

Ein **Eintrag von ortsfremdem Bodenmaterial** ist durch die Herstellung der Gasleitung nicht oder nur in Ausnahmefällen zu erwarten, da der ausgehobene Boden aus dem Rohrgraben direkt vor Ort wieder eingebaut wird. Lediglich eine Sandbettung wird ggf. zum Schutz der Gasleitung erforderlich, welche die Leitung mit geringer Mächtigkeit umgibt. Aufgrund der Tiefe der Gasleitung betrifft die Sandbettung nur den unteren (Boden-)Bereich, sodass der Hauptwurzelbereich nicht von der Sandbettung betroffen ist. Schadstoffeinträge durch den Sand sind nicht zu erwarten, da nur umweltchemisch geprüfter Sand eingesetzt wird, der keine hohen Schadstoffgehalte aufweist.

Entlang des Rohres kann es zu einer dauerhaften erhöhten **Längsläufigkeit des Wassers** kommen, was den natürlichen Bodenwasserhaushalt stören kann. Eine solche Wirkung ist besonders dort zu erwarten, wo die Bettung des Rohres aus zugeliefertem Sand hergestellt wird, während die umgebenden Bodenhorizonte bindig sind, da hier eine im Vergleich zu der Umgebung erhöhte Wasserleitfähigkeit im Rohrgraben zu erwarten ist. Schädliche Auswirkungen sind besonders dort zu erwarten, wo Böden anstehen, die auf eine hohe Verfügbarkeit von Grund- oder Stauwasser angewiesen sind; im Vorhabengebiet sind hierzu mit besonderer Relevanz die Verdachtspunkte potenziell sulfatsaurer Böden zu nennen, für die eine Absenkung des Grundwassers zur Versauerung führen kann. Da im Bereich der Sandböden nicht mit der Notwendigkeit einer Zulieferung von Sand zu rechnen ist, ist diese entwässernde Wirkung hauptsächlich im westlichsten und südlichsten Bereich des Vorhabengebietes zu erwarten, wo die bindigeren Kalkmarschen erkundet wurden. Wenn möglich wird jedoch auch hier der vorhandene Boden wieder eingebaut, wodurch einer möglichen Entwässerung über das Bettungsmaterial vorgebeugt wird.



Durch die Baumaßnahme kann es vorübergehend im Bereich des Arbeitsstreifens inklusive des Rohrgrabens zu einer verstärkten **Bodenerosion** kommen (Erosion durch Wind und Wasser). Dieses erhöhte Erosionsrisiko besteht prinzipiell so lange, bis sich wieder eine geschlossene Vegetationsdecke gebildet hat. Das Risiko für Bodenerosion ist im reliefarmen, windreichen Küstengebiet in erster Linie von der Windoffenheit des Standortes und der Erodierbarkeit des Bodens abhängig (siehe Kapitel 4.4.3). Mit einem baubedingt erhöhten Erosionsrisiko ist besonders dort zu rechnen, wo durch die Baumaßnahme eine geschlossene Vegetationsdecke in besonders windoffener oder bezüglich der Wassererosion in geneigter Lage aufgebrochen wird.

5.1.3 Betriebsbedingte Wirkfaktoren

Betriebsbedingte Wirkungen auf den Boden sind durch die Gasleitung nicht zu erwarten.

5.2 Anthropogene und natürliche Böden

Gemäß Geologischer Karte [U 19] liegen im gesamten Vorhabengebiet künstliche Aufträge bzw. Auffüllungen vor, welche nach der Eindeichung des Gebietes Mitte des 20. Jahrhunderts aufgespült wurden [U 43]. Die feldbodenkundlichen Erhebungen bestätigen für die überwiegende Mehrzahl der Böden Spülsand als Bodenausgangsgestein. Bei all diesen Böden handelt es sich um Auftragsböden, deren Naturnähe gering ist. Auch die anstehenden, ursprünglichen Marschböden sind in ihrer Entstehung aus dem ehemaligen Wattenmeer durch die Eindeichung anthropogen forciert.

Die Grenze zwischen den relativ naturnahen Marschböden und den von anthropogenen Aufspülungen begrabenen Böden wird von der BK 50 [U 28] erst westlich der Straße *Friesendamm* angezeigt, wo der geologische Profiltyp der sehr tiefen Kalkmarsch von Spülfeldablagerungen über Mischwatt im Osten zu Vorlandbildungen über Mischwatt im Westen wechselt. Da die von der BK 50 [U 28] angegebene Grenze zwischen beiden Einheiten nicht durch das Vorhabengebiet verläuft, ist davon auszugehen, dass es sich bei den angetroffenen Normkalkmarschen um einzelne Ausläufer handelt, die einer Heterogenität der Karte zuzusprechen sind. Hierfür sprechen auch die um BP 16 auftretenden Spülsandböden, denen teilweise Kalkmarschen unterlagert sind. Eine flächige Abgrenzung der naturnahen und naturfernen Flächen anhand der vorliegenden Karten ist aber nicht möglich.



Dennoch kann eine Abgrenzung von stärker anthropogenen und stärker naturnahen Böden gemacht werden. Es ist davon auszugehen, dass die Böden des Naturschutzgebietes bzw. des Landschaftsschutzgebietes nach ihrer ursprünglichen anthropogenen Entstehung weniger weitere Überprägungen erfahren haben, als die übrigen Böden. Ebenso ist für die Wälder im Süden des Vorhabengebietes eine relative Naturnähe anzunehmen, während im Bereich von Infrastruktur und Industrie eher deutlichere anthropogene Einflüsse zu erwarten sind. Anthropogene Überprägungen sind weiterhin für den Trassenabschnitt zwischen dem Parkplatz am Deich und der Straße *Zum Voslapper Leuchtturm* zu erwarten, wo die geplante Rohrleitung parallel mit einer oberflächlichen Rohrleitung läuft, in deren Umkreis baugrundstabilisierende Bodenverdichtungen zu erwarten sind.

6. VERMEIDUNGS- UND MINDERUNGSMAßNAHMEN MIT KONKRETER BESCHREIBUNG DER GEPLANTEN MAßNAHMENUMSETZUNG

Die Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen für die Baumaßnahme (M), die Rekultivierung (R), die Zwischenbewirtschaftung (Z) und zur Wiederherstellung der Bodenfunktionen bei Funktionseinschränkungen (F) können den Maßnahmenblättern der Anlage 7 entnommen werden.

6.1 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen in der Bauphase

Im Folgenden werden Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen empfohlen, die während der Bauphase umzusetzen sind. Das Kapitel 6.3 der DIN 19639 listet zahlreiche Maßnahmen für die Bauphase auf, die je nach vorliegenden Empfindlichkeiten und Schutzwürdigkeiten der Böden zur Anwendung kommen können. Die konkrete Auswahl dieser Maßnahmen wurde anhand der Ergebnisse des vorliegenden Gutachtens getroffen und ist somit an die vorliegenden Böden angepasst.

Neben einer fachtechnischen Bauüberwachung ist unbedingt eine **Bodenkundliche Baubegleitung (BBB)** erforderlich, die kontinuierlich bzw. regelmäßig auf der Baustelle präsent ist. Die Aufgaben der BBB umfassen die Belange des Bodenschutzes. Diese Maßnahme dient der Vermeidung irreparabler Bodenschäden.



Die **aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit** (in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte und Konsistenz) und daraus abgeleitet die **Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit** (außerhalb von befestigten Baustraßen) des Bodens ist regelmäßig von der BBB zu überprüfen. Dabei können entweder die Konsistenzbereiche bzw. die Bodenfeuchte nach Tabelle 2 der DIN 19639 händisch über die Bodenmerkmale bestimmt werden oder die Wasserspannung mittels Tensiometer (nach DIN EN ISO 11276) gemessen werden. Unbefestigte Flächen dürfen ab einer Feuchtestufe von feu4 bzw. einer Konsistenz von ko4 nicht mehr befahren werden. Bei einer Stufe von feu3/ko3 ist eine Befahrung nur eingeschränkt nach dem Nomogramm entsprechend Bild 2 der DIN 19639 zulässig. Eine Befahrung von befestigten Baustraßen ist bei jeder Feuchtigkeits- bzw. Konsistenzstufe erlaubt. Die Bearbeitung (hier v. a. Bodenaushub) ist ebenfalls ab feu4/ko4 unzulässig. Bei feu3/ko3 ist die Zulässigkeit der Bearbeitung von der BBB zusammen mit der Tiefbauleitung abzuschätzen.

Im deichparallel verlaufenden Trassenabschnitt ist im Zuge der Vorarbeiten und der Flächenvorbereitung ein **Abtrag des Oberbodens** über den gesamten Arbeitsstreifen hinweg zu empfehlen. Alle in diesem Bereich kartierten Böden konnten als anthropogene Ah/C-Böden identifiziert werden, die dementsprechend keine Unterböden (B-Horizonte) aufweisen, und deren C-Horizonte aus anthropogen aufgetragenen Spülsanden bestehen. Dementsprechend ist dem Schutz des humosen Oberbodens, welcher durch Abtrag und Zwischenmiete gewährleistet wird, eine größere Relevanz zuzuordnen, als der Schutzwirkung der stützenden Vegetationsdecke gegen eine Verdichtung des Unterbodens bzw. in diesem Falle Untergrundes. Getrocknetes oder zersetztes Mäh- oder Mulchgut kann in den abzutragenden Oberboden eingearbeitet und gemeinsam mit diesem abgetragen werden. Bei ökologisch wertvollen Grünlandstandorten ist eine Wiederbegrünung mit zuvor abgetragenen Grassoden oder durch die Aussaat von Regiosaatgut einzuplanen. Dies betrifft besonders die Abschnitte, die die Naturschutzgebiete streifen. Wo aus technischen Gründen (z. B. zum Schutz von bestehenden Fremdleitungen) oder aus ökologischen Gründen (z. B. im Falle des Antreffens schutzwürdiger Pflanzen) ein Abtrag des Oberbodens nicht umgesetzt werden kann, ist die stabilisierende **Vegetationsdecke** zu erhalten und für vegetationsarme Standorte zusätzlich zu stärken. Ggf. sind lastverteilende Maßnahmen im Rahmen einer „Grünen Baustraße“ auf den belassenen Oberboden aufzubringen.

Südlich der A 29 durchläuft die Trasse einen stark grundwasserbeeinflussten Grünlandbereich parallel zur Straße *Friesendamm*. Da hier teilweise Unterböden vorliegen (begrabene oder rezente anstehende Marschbodenhorizonte), die aufgrund ihrer feinkörnigeren Bodenart und aufgrund des Grundwassereinflusses, hohe bis sehr hohe Verdichtungsempfindlichkeiten aufweisen, ist in diesem



Bereich ein **Belassen des begrüntes Oberbodens** im Arbeitsstreifen zur zusätzlichen Stabilisierung des Unterbodens in Betracht zu ziehen. Dasselbe gilt für den Bereich südlich der Maade, wo ähnliche Bodenbedingungen vorgefunden wurden.

Da in den Waldböden auf dem Rüstersieler Groden ein Erhalt der natürlichen Vegetationsschicht technisch nicht machbar ist, ist auch hier ein **Abtrag des Oberbodens** zu dessen Schutz zu empfehlen. Die östlich der Trasse liegende (wahrscheinlich als BE-Fläche geplante) Grünlandfläche auf dem Gelände der Uniper Kohle Kraftwerk Wilhelmshaven wurde aufgrund von Änderungen der Plangrundlage bei den feldbodenkundlichen Erhebungen nicht kartiert. Es ist jedoch aufgrund ihrer Lage davon auszugehen, dass es sich auch bei den hier anstehenden Böden um Ah/C-Böden handelt, sodass auch hier ein Abtrag des Oberbodens zu empfehlen ist.

Dauerhaft oder stark **vernässte Bereiche** sind aufgrund ihrer hohen Verdichtungsempfindlichkeit nicht für die Anlage von Zwischenmieten oder Baubedarfsflächen geeignet. Bei einer unvermeidbaren Beanspruchung dieser Flächen sind schädliche Bodenverdichtungen u. a. durch eine vorgezogene bauliche Wasserhaltung sowie erhöhte Anforderungen an lastverteilende Maßnahmen zu minimieren. Dies betrifft im Vorhabengebiet die meisten Böden südlich der A 29 sowie einige Bereiche nördlich davon. Gerade bezüglich der sandigen Ah/C-Böden, sind die zu beachtenden Vernässungen jedoch stark jahreszeitenabhängig. In niederschlagsreichen Wintern ist mit sehr hohen Verdichtungsempfindlichkeiten und damit einhergehenden Maßnahmennotwendigkeiten zu rechnen, während in Dürresommern (wie z. B. im Jahr 2022) auch die Grundwasserhorizonte weitreichend trockenfallen können. Das Ausmaß der notwendigen Maßnahmen ist daher flexibel und im Hinblick auf die Bauzeitenplanung unter Rücksprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung festzulegen. Im südlichen Trassenabschnitt, wo bindigere Böden anstehen und die Grundwassereinflüsse stärker sind, ist jedoch häufiger mit tatsächlichen Vernässungen zu rechnen.

Organische Böden wurden nicht kartiert, sind jedoch im Bereich stärkerer Vernässungen nicht vollständig auszuschließen. Sollten diese auftreten, ist eine frühzeitige Absenkung des Wasserspiegels durch bautechnische Verfahren oder mittels bestehender Drainagen vorzusehen. In diesem Zusammenhang muss mit ggf. großflächig eintretenden Setzungen gerechnet werden. Eine Trockenlegung von organischen Böden ist zeitlich auf das technisch Notwendige zu beschränken, da die damit einhergehende Durchlüftung des Bodens die Mineralisierung des organischen Materials und damit den Austrag von Kohlenstoff und eutrophierungswirksamen Verbindungen antreibt. Die Flächen-



pressung ist durch die Wahl geeigneter Baumaschinen sowie lastverteilernder Maßnahmen möglichst gering zu halten. Im Zuge von Bodenaushubmaßnahmen sind trockene, feine Oberbodenhorizonte gebündelt von tieferen, nassen Torfhorizonten sowie von ggf. vorkommenden weiteren Bodenhorizonten mit anderen Eigenschaften getrennt abzutragen und zu lagern; der Aushub von organischen Böden ist jedoch im Allgemeinen auf das technisch notwendige Maß zu begrenzen. Überschüssiges Bodenmaterial aus dem Baubereich ist nach Möglichkeit zur Wiederherstellung von Moorböden oder zur Melioration mineralischer Böden zu verwerten. Organische Böden sind im Vorhabengebiet allenfalls sehr nachrangig zu erwarten, **humusreiche Böden** (bis zu 15 Masse-%) wurden jedoch stellenweise in Bereichen hoher Grundwasserstände erkundet.

Für die Bauausführung in **Waldgebieten oder Gehölzen** ist die Entfernung von Bäumen und Wurzelstöcken erforderlich. Diese Maßnahmen haben grundsätzlich bodenschonend zu erfolgen. Die bodengleiche Entfernung von Wurzelstöcken ist gegenüber dem Ziehen mit einem Raupenbagger sowie der Beseitigung mittels Wurzelfräse, Wurzelbohrer oder Stockfräse zu bevorzugen. Im holzfreizuhaltenden Streifen werden die Stümpfe komplett entfernt. Grundsätzlich sind Ober- und Unterboden (bzw. im Falle der kartierten Ah/C-Böden Untergrund) zu trennen. Falls eine Trennung nicht realisierbar ist, können diese gemeinsam abgetragen sowie nach der Zwischenlagerung ohne Trennung wieder auf die Fläche aufgebracht werden. Astmaterial ist vor dem Bodenabtrag zu entfernen. Holzschnitzel müssen verbracht werden oder dürfen nur mit Genehmigung des Eigentümers auf dem Grundstück verbleiben. Wurzelstockfräsgut stellt i. d. R. einen geringeren Massenanteil dar und kann auf dem Grundstück verbleiben.

Um vermeidbaren Bodenschadverdichtungen vorzubeugen, ist der maximal zulässige Kontaktflächendruck (Flächenpressung) der eingesetzten **Baumaschinen** hinsichtlich der Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit der Böden stets zu beachten und zu überprüfen. Die Nutzungsmöglichkeiten der Maschinen/Geräte sind in Abhängigkeit definierter Bodenzustände bzw. Konsistenzbereiche zu kennzeichnen. Grundsätzlich sind die Überrollhäufigkeiten auf ein notwendiges Mindestmaß zu beschränken und unnötige Rangierfahrten zu vermeiden. Die Bauarbeiten sind möglichst mittels Ketten- und Bandfahrzeugen auszuführen, Radfahrzeuge dürfen nur für Zulieferungen eingesetzt werden.

In während der bauzeitlich erwarteten Witterung längerfristig bzw. dauerhaft feuchten Bereichen sind **lastverteilende Maßnahmen** als befestigte Baustraße (z. B. Lastverteilungsplatten, Baggermatrat-



zen) in Abhängigkeit der Bodenart, des Bodenzustandes sowie der geplanten Nutzung der Baubedarfsfläche vorzusehen. Die Bodenbereiche innerhalb des geplanten Arbeitsstreifens für die Herstellung der Gasversorgungsleitung, in denen Baustraßen (auch optional) vorzusehen sind, werden im Bodenschutzplan (Anlage 6) dargestellt. Besonders entlang des Deiches, wo in erster Linie wenig verdichtungsempfindliche Sandböden vorliegen, ist die Notwendigkeit von Baustraßen von der aktuellen Vernässung der Böden abhängig zu machen und flexibel im Hinblick auf die Bauzeitenplanung und die somit zu erwartenden Niederschläge und Grundwasserstände zu planen. Im trockenen Zustand können die den Oberböden zugrundeliegenden Spülsande in Absprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung ohne Baustraßen befahren werden. Ein Befahren der trockenen Oberböden bei belassener, stabilisierender Grasnarbe ist auf geraden, kurvenarmen Fahrten mit leichten Kettenfahrzeugen möglich. Besonders in Bereichen, wo anhand der Hydromorphiemerkmale potenzielle Grundwasserhorizonte kartiert wurden, ist jedoch zu beachten, dass dieser Zustand witterungsabhängig (steigendes Grundwasser während niederschlagsreicherer Monaten/Jahren) ggf. nur in trockenen Sommern erreicht wird.

Für die feinkörnigeren Böden, die parallel zum Friesendamm kartiert wurden, ist im Allgemeinen mit einer geringeren Tragfähigkeit zu rechnen, sodass hier ohne Baustraße allenfalls der belassene Oberboden mit stützender Vegetationsdecke befahren werden darf. Aufgrund der besseren Wasserrückhaltefähigkeit feinkörniger Böden ist jedoch auch zu beachten, dass ein Austrocknen hier deutlich langsamer vonstattengeht als bei Sandböden, und dass somit die notwendigen Bedingungen für den Verzicht auf eine Baustraße seltener auftreten. Hinzu kommt, dass all diese Böden potenziell grundwasserführend sind, weshalb in diesem Bereich grundsätzlich das Anlegen von lastenverteilenden Maßnahmen auf dem belassenen Oberboden empfohlen wird. Dasselbe gilt auch bezüglich dieser Maßnahme für die Böden südlich der Maade. Hier kann bei einem erneuten Auftreten der Spülsande nach Süden hin jedoch in Ansprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung auch ggf. anders entschieden werden.

Auch die Waldböden des Rüstersieler Groden sind potenziell grundwasserführend, bestehen jedoch aus denselben Spülsanden wie die nördlich gelegenen Deichböden. Daher ist in diesen Bereichen analog über die Notwendigkeit von lastenverteilenden Maßnahmen je nach jahreszeitenbedingt zu erwartender Witterungslage bzw. je nach Trockenheit der Böden unter Rücksprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung zu entscheiden. In trockenen Sommern ist ggf. ein Befahren der freigelegten Spülsande zulässig.



Grundsätzlich sind auf Böden mit starken aktuellen Vernässungen oder organischen Horizonten lastenverteilende Maßnahmen vorzusehen. Sollte die Befahrbarkeit unbefestigter Böden durch unerwartete Niederschläge kurzfristig nicht gegeben sein, können einzelne Arbeitsschritte kurzfristig eingestellt werden. Lastenverteilende Maßnahmen sind grundsätzlich so zu wählen, dass der Baustellenverkehr unter Einhaltung der Vorgaben des Bodenschutzes bzw. DIN 19639 zu jeder Zeit gewährleistet ist. Der Einbau hat vorwärts zu erfolgen.

Für **Lagerflächen** (z. B. für Rohre) sowie weitere Baustelleneinrichtungsflächen sind analog die Vorgaben zur Herstellung von Baustraßen zu beachten.

Der **Bodenabtrag** hat mit Raupenbaggern zu erfolgen. Dies gilt sowohl für den Abtrag des Oberbodens für den Arbeitsstreifen als auch für den Rohrgrabenaushub. Schiebende Fahrzeuge wie Planiertraupen sind nur dann zulässig, wenn ihr Einsatz aus Gründen des Arbeitsschutzes unabdinglich ist. Da der Bodenabtrag noch vor der Herstellung möglicher Baustraßen erfolgt, sind hier die Grenzen für Befahrung und Bearbeitbarkeit (siehe oben) zwingend zu beachten und die Arbeiten notwendigenfalls vorübergehend einzustellen. Sofern bei der Feuchtigkeitsstufe feu3 gearbeitet werden soll, kann eine Befahrbarkeit möglicherweise durch den Einsatz von Maschinen mit geringerem Gewicht und/oder geringerer Flächenpressung weiterhin möglich sein (nach Nomogramm, Bild 2 der DIN 19639).

Beim Bodenaushub werden **generell Oberboden (A-Horizont), Unterboden (B-Horizont) und Ausgangsgestein (C-Horizont) getrennt aufgehäuft und gelagert**, sodass keine Vermischungen oder Beeinträchtigungen stattfinden. Da es sich bei einem Großteil der Böden um Pararendzinen (Ah/C-Böden) handelt ist in diesen Bereichen nicht mit der der Notwendigkeit einer gesonderten Aufmietung des Unterbodens (B-Horizonte) zu rechnen. Im Bereich der naturnahen Marschböden (parallel zum *Friesendamm*, südlich der Maade sowie ggf. bei zusätzlichem unerwarteten Antreffen) muss diese Trennung jedoch vorgenommen werden. Bei bedeutsamen zusätzlichen Substratwechseln ist u. U. eine zusätzliche Trennung der Substrate sinnvoll (z. B. beim Antreffen der den Spülsanden unterlagerten Marschsedimente). Organische Horizonte sind in jedem Fall separat von mineralischen Horizonten zu lagern. Sollten potenziell sulfatsaure Böden angetroffen werden, sind reduzierende von oxidierenden Horizonten getrennt zu lagern.

Die Überwachung und Kontrolle des Bodenaushubs ist eine wesentliche Teilaufgabe im Rahmen der Bodenkundlichen Baubegleitung (BBB). Die Vorgaben des Kapitels 6.3.7 der DIN 19639 für die



Zwischenlagerung von Böden sind einzuhalten [U 9]. Dazu gehört unter anderem bei Oberboden die Einhaltung einer Mietenhöhe von $\leq 2,0$ m und bei Unterboden bzw. Ausgangsgestein/Untergrund von $\leq 3,0$ m. Die Bodenmieten (A- und B-Boden) dürfen nur bei technischen Zwängen und in Abstimmung mit der BBB befahren oder als Lagerfläche genutzt werden. Bei einer Lagerungsdauer von mehr als zwei Monaten ist direkt nach Herstellung der Bodenmieten eine Zwischenbegrünung einzusäen, um Vernässung, Erosion und unerwünschten Aufwuchs zu verhindern. Ein Abdecken der Mieten feinkörniger Böden wird aufgrund der geringen Lagerzeit voraussichtlich nicht erforderlich, da der angrenzende Gehölzstreifen die Winderosionsgefährdung mindert. Stark verdichtungsempfindliches Bodenmaterial (insbesondere anmoorige und moorige Böden) ist zwar nicht zu erwarten; sollte dennoch in erheblichem Ausmaß Bodenaushub solchen Materials anfallen, sind die entsprechenden Bodenmieten dauerhaft feucht zu halten. Bei anmoorigem und moorigem Bodenaushub kann das durch Abdecken mit Folien oder Beregnung erfolgen.

Sollten wider Erwarten in erheblichem Maße Bereiche mit **potenziell sulfatsaurem Material** auftreten, sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Mit einer Kalkung der Grabensohle und einer raschen Wiederverfüllung kann falls erforderlich eine Versauerung innerhalb des offenen Leitungsgrabens minimiert werden. Auch eine bauzeitliche Wasserhaltung im Umfeld von sulfatsauren Böden sollte im Rahmen dieser Möglichkeiten auf das zeitlich und räumlich absolut Notwendige beschränkt werden, da mit der Belüftung des Materials die einsetzende Pyritoxidation einhergeht. Bei dem Aushub (potenziell) sulfatsauren Materials muss unbedingt auf eine schichtkonforme Trennung geachtet werden, bei der nicht nur Oberboden und Untergrund, sondern vor allem oxidierte und reduzierte Horizonte getrennt voneinander ausgehoben, gelagert und wieder eingebaut werden. Die Lagerungsdauer ist dabei auf das zeitlich unbedingt Notwendige zu beschränken, der Wiedereinbau hat unmittelbar nach Verlegen des Rohres zu erfolgen. Potenziell sulfatsaure Bodenmieten müssen feucht gehalten und möglichst unter reduzierten Bedingungen gelagert werden. Aktuell sulfatsaures Material ohne weiteres Versauerungspotenzial sollte zur Vermeidung eines Austrages nicht bewässert werden. Ein Wiedereinbau soll nach Möglichkeit immer vor Ort erfolgen. Bei geschlossenen Querungen, welche meist eine längere Lagerungsdauer mit sich bringen, ist ein intensiverer Schutz als in den anderen Bereichen erforderlich; ein Andrücken und Feuchthalten sowie ggf. eine Kalkung der Bodenmieten sind in Betracht zu ziehen. Entsprechende Maßnahmen zum Umgang mit sulfatsaurem Bodenaushub sind im Zuge des Bauvorhabens durch die Bodenkundliche Baubegleitung anzuleiten. Sollte im Zuge der Bauausführung sulfatsäureverdächtig Material auftreten, sollten prophylaktisch immer die entsprechenden Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen umgesetzt werden.



Auf besonders windoffenen Flächen (sowie nachrangig auf Flächen mit geringfügiger Neigung) sind aufgrund der dortigen hohen Erodierbarkeit durch Wind (und nachrangig Wasser) des Bodens in Absprache mit der BBB Maßnahmen zum **Erosionsschutz** vorzusehen. Hier kommen etwa eine schnelle Begrünung, oder gegen Wassererosion biologisch abbaubare Erosionsschutzmatten oder quer zum Hang verlaufende Abflussrinnen in Frage. Diese Maßnahmen sind besonders dort durchzuführen, wo zur Durchführung der Baumaßnahme der Aufbruch einer bestehenden Vegetationsdecke stattgefunden hat.

Zur Identifizierung möglicher **Archivböden** sollte es den Bodenschutzbehörden ermöglicht werden, den offenen Rohrgraben bodenschutzfachlich zu begutachten. Beim Antreffen von Archivböden im Trassenverlauf ist sowohl die Baubegleitung als auch die zugehörige Denkmalschutzbehörde zu informieren. Beim Auffinden außergewöhnlicher natürlicher Archivböden ist das niedersächsische Ministerium für Umwelt zu informieren. Aufgrund der jungen Gebietshistorie ist dies jedoch als sehr unwahrscheinlich zu bewerten.

Der **Wiedereinbau stofflich belasteten Materials** darf nur am unmittelbaren Aushubort geschehen und nur wenn keine Gefährdungen im Sinne des Bodenschutzes vorliegen. Bodenbewegungen erfolgen nur nach Rücksprache mit der BBB. Die Verwertung oder Entsorgung überschüssigen Bodenaushubs mit erhöhten Schadstoffgehalten darf nur nach den Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes, insbesondere geregelt in § 12 BBodSchV, bzw. nach neuer Mantelverordnung [U 3] durchgeführt werden. Wo stoffliche Belastungen zu erwarten sind, ist dem Kapitel 4.4.4 zu entnehmen. Eine Risikoabschätzung bzgl. des Wiedereinbaus ist dem Baugrundgutachten [U 10] zu entnehmen.

Die eventuelle Lagerung von **boden- und wassergefährdenden Stoffen** darf nur auf Flächen erfolgen, auf denen Schutzvorkehrungen gegen ein Versickern von grundwassergefährdenden Stoffen getroffen wurden. Schadstoffeinträge sind durch regelmäßige Wartung der Maschinen und Fahrzeuge sowie Vorhaltung ausreichender Mengen ölbindender Stoffe zu vermeiden.



6.2 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Rekultivierung

Im Zuge der Rekultivierung ist auf temporär genutzten Flächen eine **durchwurzelbare Bodenschicht** wiederherzustellen, ohne eine erhebliche oder dauerhafte Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen zu verursachen.

Der **Wiedereinbau** des Bodens hat **horizont- bzw. schichtgerecht** zu erfolgen. Dabei sind die Bodenbeschaffenheit, die Auftragsmächtigkeiten sowie der Grad der Verdichtung den ursprünglichen Verhältnissen anzupassen. Höhenkorrekturen sollten die Auftragsmächtigkeit des Oberbodens nicht verändern. Im Falle von beispielsweise torfbedingten Sackungen kann dennoch ein zusätzlicher Auftrag nötig sein. Über die standörtliche Normalverdichtung hinausgehende Bodenverdichtungen sind grundsätzlich zu vermeiden. I. d. R. wird dies durch einen Verzicht auf dynamische Verdichtung und stattdessen eine lagenweise statische Verdichtung mit der Baggerschaufel erreicht. Wenn in Sonderfällen eine stärkere Verdichtung erwünscht ist, etwa um einen stauenden Horizont wiederherzustellen, kann nach Rücksprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung auch eine dynamische Verdichtung erfolgen.

Wo möglich, ist auf ein Befahren des frisch aufgetragenen Oberbodens zu verzichten. Im Zuge des Bodenwiederauftrages kann ein Befahren des Oberbodens zum Schutz des gelockerten Unterbodens/Untergrundes jedoch unvermeidbar sein. Zur Herstellung des Planums ist der Einsatz schiebender Fahrzeuge (Planiertrauen) im Konsistenzbereich 1 bis 2 zulässig. Wie auch in der Bauphase sind im Zuge der Rekultivierung die Grenzen der Befahrbarkeit und der Bearbeitbarkeit der Böden, die Bodenfeuchtigkeit, als auch die maximal zulässigen Kontaktflächendrücke der eingesetzten Baumaschinen/Geräte gemäß DIN 19639 zu beachten.

Besonders im Falle von sulfatsaurem Material ist auf einen schichtgerechten Wiedereinbau zu achten, wobei das **potenziell sulfatsaure Material unterhalb des mittleren Grundwassertiefstandes** zu verbringen ist, um dauerhaft oxidierende Bedingungen zu vermeiden, während ggf. angetroffenes **aktuell sulfatsaures Material oberhalb des Grundwasserspiegels** einzubauen ist, um einen Eintrag von Schwefelsäure und hierdurch mobilisierten Schadstoffen ins Grundwasser zu mindern.

Schädliche Verdichtungen des Unterbodens oder der C-Horizonte (z. B. durch Maschinen oder Geräte) sind durch eine **geeignete Tiefenlockerung** vor dem Auftrag des Oberbodens zu beseitigen, wobei die Lockerungstiefe nicht die Tiefe der erzeugten Verdichtung überschreiten sollte. Geeignete



Maßnahmen zur Vermeidung der Bodenverdichtung sind einer Tiefenlockerung in jedem Fall vorzuziehen.

Bestehende **Drainagen** sind im Zuge der Rekultivierung funktionsgerecht wiederherzustellen, was im Vorhabengebiet besonders Gräben und Grüppen betrifft. Einer **dauerhaft entwässernden Wirkung** durch etwaiges Bettungsmaterial ist in Bereichen geringer Wasserleitfähigkeit der Böden (v. a. entlang der Straße *Friesendamm*) z. B. durch den Einbau von Tonriegeln vorzubeugen. Wo ausschließlich das vor Ort ausgehobene Material wiedereingebaut wird, ist mit einer entwässerten Wirkung nicht zu rechnen.

Vor Beginn der Rekultivierung sind alle baubedingten **Fremdstoffe** (Baustraßen, Geotextilien, Schotter, Abfälle u. a.) rückstandsfrei aus dem Baufeld zu entfernen. Steine im A-Horizont, die aus dem Untergrund gefördert wurden (z. B. beim Lockern), sind abzusammeln.

Der **Neuaufbau von Böden** hat standortangepasst und unter Beachtung des Rekultivierungsziels zu erfolgen. Vor Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht sind zunächst ggf. vorhandene Hohlformen bis etwa zwei Meter unterhalb der geplanten Geländeoberfläche mit geeignetem Bodenmaterial zu verfüllen. Sollte eine Verdichtung vorliegen, ist das entstandene **Rohplanum** vor dem Auftrag des Oberbodens zu lockern.

Der getrennte Auftrag von C-Material bzw. Unter- und Oberboden ist beetartig oder streifenweise ohne Verursachung von schädlichen Bodenverdichtungen mittels Raupenbagger auszuführen. Nach dem Wiedereinbau muss die Durchwurzelbarkeit und die Wasserdurchlässigkeit des Bodens gewährleistet sein.

Zur Absicherung der erfolgreichen Rekultivierung kann ggf. eine Zwischenbewirtschaftung (s. Kapitel 6.3) empfohlen werden.

6.3 Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Zwischenbewirtschaftung

In Abstimmung mit der Bodenkundlichen Baubegleitung wird nach Abschluss der Baumaßnahme im Rahmen einer Übersichtsbegehung der Zustand der Böden **detailliert dokumentiert** (auch zur Beweissicherung). Falls eine Zwischenbewirtschaftung angedacht ist, wird diese individuell mit den



Flächeneigentümern vereinbart. Besonders sandige Böden bedürfen jedoch seltener einer Zwischenbewirtschaftung. Allenfalls im Bereich der bindigeren Böden parallel zum *Friesendamm* bzw. vor allem südlich der Maade können ggf. entsprechende Maßnahmen diskutiert werden. Da Zwischenbewirtschaftungsmaßnahmen jedoch hauptsächlich auf landwirtschaftlichen Flächen empfohlen werden, wird nicht mit der Notwendigkeit solcher Maßnahmen allenfalls über den etwa 800 m langen Trassenabschnitt südlich der Maade gerechnet, welcher landwirtschaftlich genutztes Grünland durchläuft.

Falls Maßnahmen zur Zwischenbewirtschaftung empfohlen werden, dürfen diese nur bei ausreichend trockenem und tragfähigem Boden durchgeführt werden. Eventuell sind standortgerechte **Kalkungs- oder Düngungsmaßnahmen** (Wirtschaftsdünger und Kompost) vorzusehen, eine Unkrautung ist zu vermeiden. Sinnvoll ist das Mulchen einzelner Schnitte zur **Förderung von Humusaufbau und Gefügebildung**. Eine intensive Beweidung oder eine andere intensive Nutzungsform ist während der Zwischenbewirtschaftung nicht zu empfehlen.

6.4 Maßnahmen bei Funktionseinschränkung

Verbleiben nach Abschluss der Baumaßnahme und erfolgter Zwischenbewirtschaftung erhebliche durch die Baumaßnahme verursachte Funktionseinschränkungen, dann sind geeignete und standortgerechte Maßnahmen zu konzipieren, um diese Beeinträchtigungen zu beseitigen. Zur **Beurteilung von erheblichen Bodenschäden** werden beispielsweise erhebliche Setzungen, Fahr- und Erosionsspuren sowie Abweichungen vom (geplanten) Profilaufbau herangezogen. Von besonderer Bedeutung sind Hinweise auf Bodenverdichtungen (z. B. Aufwuchsschäden, Staunässe oder erhebliche Zunahme der Trockendichte), Verschmutzungen und die Vermischung unterschiedlicher Bodenschichten (v. a. Oberboden und Untergrund). Auch die Einmischung von Steinen in zuvor steinfreie Schichten und der Ein- bzw. Auftrag standortfremden Bodenmaterials werden berücksichtigt. Als **Referenzflächen** dienen i. d. R. angrenzende bzw. nahe liegende nicht beeinflusste Flächen.

Als Maßnahmen gegen (baubedingte) Funktionseinschränkungen dienen beispielsweise technische **Tieflockerungsmaßnahmen** (30 cm bis größer 100 cm Tiefe); bei ihrer Durchführung sind Lockerungsfähigkeit und Feuchtezustand des Bodens zu berücksichtigen und für die Bodenbedingungen geeignete Methoden auszuwählen. I. d. R. sind flankierende Zwischenbewirtschaftungsmaßnahmen



durchzuführen. Für eine **Oberbodenlockerung** dagegen kommen alle gängigen landwirtschaftlichen Geräte (Grubber, Pflug, Fräse etc.) in Frage.

Sind trotz der Maßnahmen zum Bodenschutz und zur Sanierung von Verdichtungsschäden erhebliche baubedingte und für die landwirtschaftliche Nutzung schädliche Staunässeerscheinungen vorhanden, so sind im Rahmen der rechtlichen (und auch morphologischen) Möglichkeiten **Drainagemaßnahmen** durchzuführen. Dies betrifft in erster Linie die bindigen Böden parallel zum *Friedensdamm*, für die gut wasserdurchlässigen Sandböden ist nicht damit zu rechnen.

Bodensackungen werden unter Beachtung der DIN 19731 [U 8] sowie der Mantelverordnung [U 3] mit standortgerechtem Bodenmaterial aufgefüllt. Bei dauerhaften Gefügeschäden oder beim Eintrag ungeeigneten Bodenmaterials wird unter Berücksichtigung der DIN 19639 [U 9] ein Bodenaustausch durchgeführt, um die natürlichen Bodenfunktionen wiederherzustellen. Bei baubedingten Nährstoffmängeln sind ggf. **Düngungs- oder Kalkungsmaßnahmen** zu veranlassen.

Wird der Grobboden- bzw. Steinanteil der ursprünglichen Böden erheblich erhöht, werden (insbesondere im Oberboden) die Steine manuell oder maschinell beseitigt. Auch Erosionsschäden sind zu beseitigen und die Böden mit einer unmittelbaren Begrünung zu sichern.

Bei deutlicher baubedingter **Sulfidoxidation** sind Kalkungsmaßnahmen zur Pufferung der Versauerung durchzuführen. Das freiwerdende Sulfat ist mit geeigneten Maßnahmen mit dem Sickerwasser abzuführen oder durch die Schaffung von sulfatreduzierenden Bedingungen im Untergrund zu binden.

7. ERLÄUTERUNGEN ZUM BODENSCHUTZPLAN

Der Bodenschutzplan (vgl. Anlage 6) beinhaltet als zeichnerische Darstellung die räumliche Konkretisierung von Bodenschutzmaßnahmen (vgl. Kapitel 6), die in der Bauphase umzusetzen sind. Er wurde aus der räumlichen Überlagerung von Grundlagenkarten entwickelt. Hierbei werden die Karten zur Bewertung der Bodenfunktionen und -gefährdungen mit den Karten des Bauvorhabens und der Lage des geplanten Arbeitsstreifens abgeglichen.



Anhand der Überlagerung der Empfindlichkeit des Bodens und den auf ihm durchzuführenden Bau-
maßnahmen werden den einzelnen Flächen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen zum Bo-
denschutz zugeordnet.

Die im Vorhabengebiet durchzuführenden Maßnahmen sind im Detail in der Anlage 7 beschrieben.
In der folgenden Auflistung sollen lediglich die im Bodenschutzplan verwendeten Kürzel nochmals
knapp dargestellt werden:

Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen während der Bauphase/im Allgemeinen:

- M1 Bauzeitenplanung
- M2 Beachtung einer geeigneten Bodenfeuchte bei der Ausführung von Bodenarbeiten
- M3 Vermeidung der Vermischung unterschiedlicher Bodenmaterialien
- M4 Minimierung der Inanspruchnahme von Eingriffsflächen
- M5 Vermeidung von Schad- und Fremdstoffeinträgen in den Boden
- M6 Abtrag des Oberbodens
- M7 Herstellung von Baustraßen
- M8 Herstellung von Bodenmieten
- M9 Böden mit besonderer Funktionserfüllung
- M10 Anforderungen an den Maschineneinsatz
- M11 Baumaßnahmen auf besonderen Standorten
- M12 Archäologische Bodenfunde
- M13 Vermeidung von Versauerung durch Sulfidoxidation
- M14 Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Bodenerosion

Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Rekultivierung:

- R1 Wiederherstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht
- R2 Anforderungen an den Bodenauftrag

Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen für die Zwischenbewirtschaftung:

- Z1 Übersichtsbegehung nach Abschluss der Baumaßnahme und Pflegekonzept
- Z2 Zwischenbewirtschaftung



Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen:

- F1 Unterbodenlockerung
- F2 Oberbodenlockerung
- F3 Drainagemaßnahmen
- F4 Verfüllung von Bodensackungen
- F5 Bodenaustausch
- F6 Düngung und/oder Kalkung zum Ausgleich baubedingten Nährstoffmangels
- F7 Entsteinung bei erhöhtem Steingehalt
- F8 Beseitigung von Erosions- und Rutschungsschäden
- F9 Ausgleich von baubedingten Versauerungen in sulfatsauren Böden

Die Maßnahmen M1, M2, M3, M4 und M10 sind im gesamten Vorhabengebiet und teilweise bereits während der Planung umzusetzen. Die Maßnahme M5 ist, was den Eintrag von Fremdstoffen betrifft, ebenfalls im gesamten Vorhabengebiet zu beachten; im Plan verzeichnet ist sie jedoch nur dort, wo in den anstehenden Böden bereits mit chemischen Verunreinigungen oder anthropogenen Substanzen zu rechnen ist. Die Maßnahme M8 ist für alle Bodenmieten umzusetzen. Mit einer Notwendigkeit der Maßnahme M12 wird aufgrund der jungen Gebietshistorie nicht gerechnet, sollten wider Erwarten Bodendenkmäler im Vorhabengebiet auftreten, ist dies der Denkmalschutzbehörde mitzuteilen bzw. die Maßnahme M12 einzuhalten.

Die Maßnahme M6 (Abtrag des Oberbodens) ist lediglich im Bereich des Rohrgrabens flächig umzusetzen. Über einen Abtrag des Oberbodens im Arbeitsstreifen muss für jede Fläche einzeln entschieden werden. Zum Schutz der teilweise geringmächtigen, humushaltigen Oberbodenhorizonte wird entlang des Deiches an den meisten Stellen ein Oberbodenabtrag empfohlen, da die zugrundeliegenden C-Horizonte als Sande eine geringe Verdichtungsempfindlichkeit aufweisen. Eine Ausnahme bilden lediglich Standorte, wo aus technischen Gründen (z. B. zum Schutz bestehender Fremdleitungen) oder aus ökologischen Gründen (z. B. im Falle des Antreffens schutzwürdiger Pflanzen) ein Abtrag des Oberbodens nicht umgesetzt werden kann. Abseits des Deiches ist für einen Großteil der Böden von einer Grundwasserbeeinflussung und damit hohen Verdichtungsempfindlichkeit auszugehen. Wo tonige Unterböden und hohe Grundwasserstände zusammenkommen wird explizit ein Belassen des Oberbodens empfohlen, um den sehr verdichtungsempfindlichen Unterboden durch die zusätzlich stabilisierende Vegetationsdecke zu schützen. Da im Wald keine stützende Vegetationsdecke vorliegt und weiterhin die dem Oberboden zugrundeliegenden Horizonte aus tragfähigen Spülsanden bestehen, wird hier zu dessen Schutz ein Oberbodenabtrag empfohlen.



Die Maßnahme M7 (Herstellung von Baustraßen) ist in Anlage 6 nach voraussichtlicher Notwendigkeit empfohlen. Auf Standorten mit geringer Verdichtungsempfindlichkeit (trockene Sandböden v. a. entlang des Deiches) ist diese Maßnahme in Klammern gesetzt, da je nach geplanter Belastung eine Baustraße auch auf wenig verdichtungsempfindlichen Standorten zu empfehlen ist und außerdem je nach jahreszeitenbedingter aktueller Vernässung besonders in den Wintermonaten auch höhere Verdichtungsempfindlichkeiten möglich sind. Ebenso ist in Dürremonaten bei vollständigem Trockenfallen der Grundwasserhorizonte, wie es im Rahmen der Kartierung der Fall war, mit geringeren Verdichtungsempfindlichkeiten zu rechnen, sodass bei eindeutiger zeitlicher Planung und klarer Witterungslage unter Rücksprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung stellenweise auch in Bereichen, in denen anhand der Hydromorphie Hinweise auf Grundwasser kartiert wurden, auf eine befestigte Baustraße verzichtet werden kann. Baustraßen sind im Bereich des Deiches flexibel zu planen, wobei insbesondere um die Sondierpunkte BP 01, BP 05, BP 07 und BP 11 auf die aktuelle Vernässung der Böden zu achten ist.

Im parallel zur Straße *Friesendamm* verlaufenden Trassenabschnitt, wo feinkörnige Böden bei potenziell hohen Grundwasserständen vorliegen, ist mit der Notwendigkeit einer Baustraße zu rechnen. Zwar wurde auch hier kein aktuelles Grundwasser angetroffen, jedoch ist besonders von den tonreichen Unterböden auch im schwach feuchten Zustand von einer hohen Verdichtungsempfindlichkeit auszugehen, sodass an dieser Stelle eine Empfehlung für auf die stützende Vegetationsdecke des belassenen Oberbodens aufgebrachte lastenverteilende Maßnahmen ausgesprochen wird. In besonders trockenen Sommern kann bei ausreichender Befahrbarkeit unter Rücksprache mit der Bodenkundlichen Baubegleitung ggf. darauf verzichtet und stattdessen die belassene Vegetationsdecke befahren werden. Mit den Böden südlich der Maade ist analog zu verfahren; wobei abseits des kartierten Bereiches je nach lokalem Antreffen die Methodik der Spülsande oder der Marschböden umzusetzen ist.

Die Waldböden sind ähnlich zu handhaben wie die Deichböden: Wo hinreichende Trockenheit und Befahrbarkeit es zulässt, können die offengelegten, sandigen C-Horizonte befahren werden. Wo diese aufgrund von aktuellen Vernässungen (wie hoch anstehendem Grundwasser) oder Auflockerungen des Bodens, die im Zuge der Flächenvorbereitung bzw. des Gehölzrückschnitts entstanden sind, nicht gegeben ist, sind lastenverteilende Maßnahmen auf den freigelegten C-Horizonten anzubringen.



Die Maßnahme M9 (Böden mit besonderer Funktionserfüllung) ist überall dort vermerkt, wo während der Kartierung naturnahe Marschböden angetroffen wurden, welche gemäß der Einordnung in Kapitel 4.4.1 eine erhöhte bis sehr hohe potenzielle regionale Schutzwürdigkeit aufweisen. Weiterhin wurde die Maßnahme M11 (Baumaßnahmen auf besonderen Standorten) überall dort empfohlen, wo entweder mit dem Antreffen von Grundwasser zu rechnen ist, oder der Arbeitsstreifen ein Forstgebiet durchquert.

Die Maßnahme M13 ist beim unerwarteten Hinweisen auf das Vorkommen von sulfatsauren Böden (z. B. vernässte Horizonte mit Schwefelgeruch oder schwarzer Färbung, Torfvorkommen, braune Eisenausläufe in Bodenschichten etc.) unbedingt zu beachten. Markiert sind in Anlage 6 diejenigen Bereiche, in denen entweder während der bodenkundlichen Erhebungen oder in den Kleinrammbohrungen Hinweise auf Sulfide auftraten. Da es sich jedoch lediglich um Hinweise handelte und nicht mit erheblichen Vorkommen von potenziell sulfatsaurem Material gerechnet wird, ist diese Maßnahme mit Ausnahme von den Punkten, wo in den Kleinrammbohrungen eine hohe Versauerungsgefahr vermutet wurde, überall in Klammern dargestellt wird.

Auch die Maßnahme M14 (Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Bodenerosion) ist besonders im Bereich des Rohrgrabens im gesamten Vorhabengebiet zu beachten. Markiert sind im Bodenschutzplan jedoch lediglich Bereiche, auf denen im Zuge der Baumaßnahme mit dem den gesamten Arbeitsstreifen betreffenden Aufbrechen einer geschlossenen Vegetationsdecke zu rechnen ist. Dementsprechend richtet sich die Verteilung der Maßnahme M14 in Anlage 6 nach der Maßnahme M6 und wird analog zu dieser mit oder ohne Klammern dargestellt. Zusätzlich ist die Winderosionsempfindlichkeit maßgeblich von der Windoffenheit eines Standortes abhängig, weshalb M14 überall dort, wo ein Standort an mindestens einer Seite durch Wald geschützt ist, grundsätzlich in Klammern dargestellt.

Die Rekultivierungsmaßnahmen R1 und R2 werden nach Beendigung der Baumaßnahme vor allem dort durchgeführt, wo die standortspezifische Notwendigkeit zum Schutz des Bodens einen teilweisen oder vollständigen Bodenabtrag erforderte und erfolgen dementsprechend im Anschluss an die bauzeitlichen Minderungsmaßnahmen. Die Maßnahme Z1 („Übersichtsbegehung nach Abschluss der Baumaßnahme und Pflegekonzept“) ist nach Abschluss der Bauarbeiten im gesamten Baufeld durchzuführen. Je nach Standorteigenschaften und -ansprüchen kann ergänzend und nach Absprache mit den Eigentümern eine Zwischenbewirtschaftung durchgeführt werden.



Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen sind im Bodenschutzplan nicht markiert, da sie nur dann zum Zuge kommen, wenn Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen stellenweise keine oder nur eingeschränkte Wirkung zeigen oder wenn es bei der Durchführung dieser Maßnahmen zu erheblichen Fehlern kommen sollte.

8. VERMITTLUNG VON INFORMATIONEN

Die Inhalte des vorliegenden Bodenschutzkonzeptes werden den am Bau beteiligten Personen durch die Bodenkundliche Baubegleitung vermittelt. Die Schutzmaßnahmen sind den am Bau beteiligten Personen auszuhändigen.

Das gesamte Bodenschutzkonzept wird der Bauüberwachung zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen einer Bauanlaufbesprechung werden die wesentlichen Punkte bezüglich des Bodenschutzes durch die Bodenkundliche Baubegleitung dargestellt. Bei einem Wechsel des Baustellenpersonals sind gegebenenfalls Wiederholungstermine zur Vermittlung der Inhalte des Bodenschutzkonzeptes notwendig. Es ist sicherzustellen, dass sämtliche am Bau beteiligten Personen über die Belange des Bodenschutzes informiert sind.

Durch regelmäßige Abstimmungsgespräche der an der Baumaßnahme beteiligten Personen (Bauleitung, Vorhabenträger, Bodenkundliche Baubegleitung) ist die Umsetzung aller notwendigen Bodenschutzmaßnahmen sicherzustellen.

9. DOKUMENTATION

Durch die Bodenkundliche Baubegleitung werden die wesentlichen Bauarbeiten kontinuierlich dokumentiert. Dies beinhaltet im Rahmen von regelmäßigen Begehungen Untersuchungen zum Bodenfeuchtezustand oder Konsistenzbereich sowie gegebenenfalls zu Wasserspannung, Wetterereignissen und Niederschlagsmengen anhand derer analog zur DIN 19639, Tabelle 2 [U 9] Aussagen über



die Verdichtungsempfindlichkeit und Befahrbarkeit der Böden getroffen werden können. Diese Untersuchungen finden periodisch bei mindestens wöchentlichen Begehungen statt. Ergänzend werden witterungsabhängige Untersuchungen (detaillierte Erfassung z. B. bei Starkregen, anhaltender Trockenheit etc.) durchgeführt.

Im Falle von Bodenschäden (z. B. Verdichtungen, Gefügeschäden, Kontaminationen etc.) ist eine Beweissicherung (fotographische Dokumentation, ggf. organoleptische Ansprache, Probenahme für Schadstoffanalysen etc., Protokollerstellung) durch die BBB durchzuführen.

Gegebenenfalls erforderliche Abweichungen vom Bodenschutzkonzept werden mit der BBB abgeprochen und im Rahmen der Dokumentation beschrieben und begründet. Die einzelnen Dokumentationen erfassen kontinuierlich die Bodenzustände und -situationen durch orts- und zeitgenaue Angaben sowie durch aussagekräftige Fotos.

Die einzelnen Dokumentationen werden im Abschlussbericht der Bodenkundlichen Baubegleitung zusammenfassend dargestellt. Auch unerwartete Funktionsminderungen oder andere schädliche Bodenveränderungen, die noch vor der Baumaßnahme auffallen, sowie Abweichungen, die während der Baumaßnahme auftreten und Funktionsminderungen oder andere schädliche Bodenveränderungen zur Folge haben, werden in den Abschlussbericht aufgenommen. Ein verbesserter Bodenzustand sowie diesbezüglich ggf. entfallende Maßnahmen sind ebenfalls durch die BBB zu dokumentieren.

Sollten im Zuge der Baumaßnahme neue bodenbezogene Techniken erstmalig durchgeführt werden, so werden die Erfahrungen mit diesen Techniken im Abschlussbericht zusätzlich detailliert beschrieben. Der Abschlussbericht wird um eine Reflexion über die Wirksamkeit der ergriffenen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen ergänzt.

Somit wird eine Qualitätskontrolle der gesamten Baumaßnahme ermöglicht.



10. FAZIT

Für das Projekt „Wilhelmshaven-Küstenlinie“ der Open Grid Europe GmbH wurde ein Bodenschutzkonzept erstellt. Ausgewertet wurden einerseits die vorhandene (digitale) Bodenkarte im Maßstab 1:50.000 (BK 50) in Kombination mit verschiedenen weiteren Kartenwerken des NIBIS-Kartenservers und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, sowie andererseits eigene bodenkundliche Sondierungen (entsprechend Bodenkundlicher Kartieranleitung – KA 5) entlang des Trassenverlaufs. Auf dieser Basis wurde ein bodenkundliches Kartenwerk im Maßstab 1:1.000 zum Leitungsverlauf zusammengestellt, welches Informationen zu den Bodentypen, zur Verdichtungsempfindlichkeit, zur Erodierbarkeit und zur Funktionserfüllung der Böden enthält.

Es erfolgte eine detaillierte Beschreibung der Ergebnisse der Felderhebungen. Weitere Auswertungen wurden beispielsweise hinsichtlich der Vernässung, des Humusgehaltes, der Erodierbarkeit und weiterer Parameter durchgeführt.

Aufbauend auf den Bewertungsergebnissen der im Baufeld vorhandenen Böden sowie der vorhaben-spezifischen Wirkfaktoren und Wirkorte wurde ein Vermeidungskonzept (Handlungsempfehlungen und Schutzmaßnahmen) aufgestellt, das auf die Sicherung oder Wiederherstellung der Böden entsprechend dem Ausgangszustand abzielt und im Rahmen des Bauvorhabens umzusetzen ist. Dauerhaften und erheblichen Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften, wie insbesondere auf das Bodengefüge mit seinem Porensystem oder das pflanzenverfügbare Bodenwasser, kann mit dem Vermeidungskonzept entgegengewirkt werden. Aufgrund des weit überwiegend anthropogenen Ursprungs der im Trassenabschnitt anstehenden Böden ist bei Einhaltung des Maßnahmenkonzeptes nicht mit einer nachhaltigen Beeinträchtigung der Bodenfunktionen zu rechnen. Weiterhin wurden Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenversauerung durch Sulfidoxidation vorgeschlagen.

Das Bodenschutzkonzept trägt auch den an der Schnittstelle zwischen Natur- und Bodenschutz verankerten Standortansprüchen der im Trassenverlauf vorhandenen Böden / Biotope Rechnung. Überdies werden Maßnahmen zur Rekultivierung und mögliche Maßnahmen zur Zwischenbewirtschaftung beschrieben. Verbleiben nach der Baumaßnahme wider Erwarten erhebliche Bodenschäden, sind spezifische Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen aufgeführt. Bei Einhaltung des Maßnahmenkonzeptes sind bau-, anlagen- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Böden und das Grundwasser jedoch nicht zu erwarten.



DR. SPANG

Projekt: 43.8803

Seite 74

24.10.2023

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

i. V. (gezeichnet)

Dipl.-Geoök. Dr. Heiko Schönbuchner
(Leiter KC Natur- und Bodenschutz)

DR. SPANG

i. A. Ingenieurgesellschaft für Bauwesen
Geologie und Umwelttechnik mbH
Rosi-Wolfstein-Straße 6 · 59453 Witten
Tel (02302) 91402-0 · Fax (02302) 91402-20

Alicja Behrensmeier, M.Sc.
(Projektbearbeiterin)

Verteiler:

- Open Grid Europe GmbH, Essen, per E-Mail an <clara.kleine@oge.net>
- Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x
- Dr. Spang GmbH, Freiberg, 1 x