

**Projekt NordLink  
± 500-kV-HGÜ Interkonnektor Tonstad – Wilster  
Abschnitt Landkabel  
(Anlandepunkt bei Büsum bis Umspannwerk bei  
Wilster)**

**Ergebnisse der  
Bodenkundlichen Kartierung**

Auftraggeber: TenneT Offshore GmbH  
Raiffeisenstraße 12  
31275 Lehrte

Halsbrücke, den 27.02.2017

**G.E.O.S.**

Ingenieurgesellschaft mbH  
09633 Halsbrücke  
Schwarze Kiefern 2  
09581 Freiberg, Postfach 1162  
Telefon: +49(0)3731 369-0  
Telefax: +49(0)3731 369-200  
E-Mail: [info@geosfreiberg.de](mailto:info@geosfreiberg.de)  
[www.geosfreiberg.de](http://www.geosfreiberg.de)

Geschäftsführer:  
Jan Richter

Beiratsvorsitzender:  
Dr. h. c. Lothar de Maizière

HRB 1035 Amtsgericht  
Registergericht Chemnitz

Sparkasse Mittelsachsen  
IBAN:  
DE30 8705 2000 3115 0191 48  
SWIFT (BIC): WELADED1FGX

Deutsche Bank AG  
IBAN:  
DE59 8707 0000 0220 1069 00  
SWIFT (BIC): DEUTDE8CXXX

USt.-IdNr. DE811132746

<b>Auftraggeber:</b>	TenneT Offshore GmbH Raiffeisenstraße 12 31275 Lehrte
<b>Projekt-Nr. G.E.O.S.:</b>	20150015
<b>Bearbeitungszeitraum:</b>	02/2016 bis 01/2017
<b>Bearbeiter:</b>	Dipl.-Geogr. Volker Scherer Dipl.-Ing. Forstwirtschaft Ralf Löser
<b>Land/Landkreis/Kommune:</b>	Schleswig-Holstein
<b>Seitenanzahl Text:</b>	50
<b>Anzahl der Anlagen:</b>	4
<b>Revisionsnummer:</b>	02

Halsbrücke, den 27.02.2017

i. V. 

Dr. Dietrich Schüppel  
Fachbereichsleiter Flächenrecycling

i. A. 

Volker Scherer  
Projektbearbeiter

**INHALTSVERZEICHNIS**

	Seite
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Allgemeine Erläuterungen zum Vorhaben .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Aufgabenstellung Bodenkartierung .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Auswertung vorliegender Untersuchungen .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Bodensondierungen des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Flintbek (LLUR) .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Bohrungen Baugrundgutachten Steinfeld und Partner GBR .....</b>	<b>10</b>
<b>4 Feldarbeiten .....</b>	<b>10</b>
<b>5 Datenaufbereitung .....</b>	<b>14</b>
<b>6 Bodenkundliche Kartiererergebnisse .....</b>	<b>15</b>
<b>7 Berücksichtigung nicht kartierter Trassenabschnitte .....</b>	<b>16</b>
<b>8 Grundlagen der Datenauswertung .....</b>	<b>18</b>
<b>9 Ermittlung des Platzbedarfes für die Lagerung des Bodenaushubs aus dem Kabelgraben .....</b>	<b>21</b>
<b>9.1 Methodik .....</b>	<b>21</b>
<b>9.1.1 Ermittlung der erforderlichen Anzahl an Bodenmieten .....</b>	<b>22</b>
<b>9.1.2 Ermittlung des zwischenzulagernden Bodenvolumens .....</b>	<b>23</b>
<b>9.1.3 Geometrie der Mieten .....</b>	<b>25</b>
<b>9.2 Berücksichtigung der räumlichen Gegebenheiten im Trassenverlauf .....</b>	<b>27</b>
<b>9.2.1 Zuordnung der Punktdaten zu Trassenabschnitten .....</b>	<b>27</b>
<b>9.2.2 Berücksichtigung der nicht kartierten Trassenabschnitte .....</b>	<b>28</b>
<b>9.2.3 Berücksichtigung der HDD-Abschnitte .....</b>	<b>28</b>

---

9.3	<i>Ergebnisse</i> .....	29
9.4	<i>Vergleich der erforderlichen Lagerungsbreiten mit dem verfügbaren Platz auf dem Arbeitsstreifen</i> .....	30
<b>10</b>	<b>Ermittlung des Platzbedarfes für die Lagerung des Bodenaushubs für die HDD-Schutzrohrablage</b> .....	<b>32</b>
10.1	<i>Methodik</i> .....	32
10.2	<i>Lage der Baugruben für die HDD-Schutzrohrablage</i> .....	33
10.3	<i>Geometrie der Start- und Zielgruben</i> .....	33
10.4	<i>Geometrie der Bodenmieten</i> .....	34
10.5	<i>Ergebnisse</i> .....	34
10.6	<i>Vergleich der erforderlichen Lagerungsbreiten mit dem verfügbaren Platz auf dem Arbeitsstreifen</i> .....	35
<b>11</b>	<b>Ermittlung des Platzbedarfes für die Lagerung des Bodenaushubs aus den Muffenbaugruben</b> .....	<b>37</b>
11.1	<i>Methodik</i> .....	37
11.2	<i>Standorte der Muffenbaugruben</i> .....	37
11.3	<i>Geometrie der Muffenbaugruben</i> .....	38
11.4	<i>Geometrie der Bodenmieten</i> .....	39
11.5	<i>Ergebnisse</i> .....	39
<b>12</b>	<b>Darstellung der Untersuchungsergebnisse</b> .....	<b>41</b>
<b>13</b>	<b>Berücksichtigung der Geländeoberfläche</b> .....	<b>46</b>
<b>14</b>	<b>Hinweise zur Bodenkundlichen Baubegleitung</b> .....	<b>47</b>
<b>15</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b> .....	<b>50</b>

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Profile mit Substratwechsel im Unterboden im Trassenabschnitt Neuhoof (Kilometer 3+600) bis Deich Kretjenkoog (Kilometer 7+000).....	9
Tabelle 2: Zeitlicher Ablauf der bodenkundlichen Kartierung - 1. Arbeitsetappe .....	11
Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf der bodenkundlichen Kartierung - 2. Arbeitsetappe .....	12
Tabelle 4: Profile LLUR für Kilometrierung 0+000 bis 3+500 (Kartierung 1980).....	17
Tabelle 5: Profile LLUR für Kilometrierung 7+000 bis 15+200 (Kartierung 2006).....	17
Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung für die Gesamtbreite der Bodenmieten zur Zwischenlagerung des Aushubs im untersuchten Trassenverlauf.....	30
Tabelle 7: Berechnete Breite für die Zwischenlagerung des Bodenaushubs im Bereich der Baugruben für die HDD-Schutzrohrablage.....	35
Tabelle 8: Differenz zwischen verfügbarer Breite auf dem Arbeitsstreifen und erforderlicher Gesamtbreite beim Aushub der Baugruben zur HDD-Schutzrohrablage.....	36
Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung der erforderlichen Breite für die Bodenmieten zur trassenparallelen Zwischenlagerung des Aushubs aus den Muffenbaugruben.....	39
Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der erforderlichen Lagerfläche für die Bodenmieten zur Zwischenlagerung des Aushubs aus den Muffenbaugruben .....	41
Tabelle 11: Unterteilung der Trassenabschnittskarten.....	42
Tabelle 12: Profilstandorte mit Wechsellagerung bindige Böden und Sand (3 Bodenmieten) ...	42
Tabelle 13: Profilstandorte mit Wechsellagerung bindige Böden und Torf (3 Bodenmieten) .....	44
Tabelle 14: Profilstandorte mit Verdacht auf Jarosit-Vorkommen (3 Bodenmieten) .....	45
Tabelle 15: Trassenabschnitte mit Vorkommen von Grüppen .....	46

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Übersicht zum Verlauf der NordLink-Landtrasse .....	7
Abbildung 2: Auswertung Daten des LLUR im Trassenabschnitt Neuhof (Kilometer 3+500) bis Deich Kretjenkoog (Kilometer 7+000).....	9
Abbildung 3: Bodensondierungen entlang der NordLink-Landtrasse .....	12
Abbildung 4: Durchführung von Bodensondierungen entlang der NordLink-Landtrasse .....	13
Abbildung 5: Feinbodenartendiagramm mit Klassifikation auf verschiedenen Niveaus.....	20
Abbildung 6: Normalquerschnitt des Kabelgrabens.....	24
Abbildung 7: Berücksichtigter Abstand zwischen Haufwerk und Kabelgraben.....	27
Abbildung 8: Trassenverlauf mit Attributen „Anzahl Mieten“ und „Gesamtbreite Mieten“ nach Ausschluss der HDD-Abschnitte .....	29
Abbildung 9: Prinzipschnitt Standard-Arbeitsstreifen - Normalboden.....	31
Abbildung 10: Prinzipschnitt Arbeitsstreifen - parallel zu Infrastruktur (Pipeline, Straße, Kabel etc.) mit Lagerplatz .....	31
Abbildung 11: Platzbedarf für HDD-Schutzrohr-Ablage .....	33
Abbildung 12: Platzbedarf für HDD-Schutzrohr-Ablage, Seitenansicht.....	34
Abbildung 13: Berücksichtigtes Normal-Querprofil für den Bereich der HDD-Schutzrohr-ablage (mit eingezeichnetem Profil des Kabelgrabens) .....	34
Abbildung 14: Normalgeometrie Muffenbaugrube .....	38

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Formblätter	
Anlage 1.1: Felderfassungsformblatt der G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH	
Anlage 1.2: Bericht Bodenkundliche Kartiererergebnisse (Datenbankauszug)	
Anlage 2: Prinzipskizzen Bauausführung	
Anlage 3: Übersichtsplan Bodenmieten im Maßstab 1:50.000	
Anlage 4: Kartographische Ergebnisdarstellung – Kartenblätter 2 bis 83	

## 1 Allgemeine Erläuterungen zum Vorhaben

Mit dem Projekt NordLink ist eine länderübergreifende Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Verbindung (HGÜ-Verbindung) von Südnorwegen nach Deutschland (Schleswig-Holstein) mit einer Trassenlänge von ca. 623 km geplant und genehmigt.

Die Leitung NordLink besteht aus zwei parallel verlegten Einleiter-Hochspannungskabeln, die jeweils mit einer Spannung von  $\pm 500$  kV betrieben werden. Insgesamt soll eine Leistung von bis zu 1.400 MW mit einer Stromtragfähigkeit von ca. 1.450 A übertragen werden. In Deutschland und in Norwegen ist jeweils eine Konverterstation geplant, in der der Strom von Gleichstrom in Wechselstrom bzw. von Wechselstrom in Gleichstrom gerichtet wird.

Vom Umspannwerk in Tonstad verläuft die Trasse über eine rund 53 km lange Freileitung nach Feda entlang der norwegischen Südküste. Die Seekabeltrasse ist ab Feda auf einer Länge von ca. 516 km durch die Nordsee bis zum Anlandepunkt am binnenseitigen Deich im Neuenkoog, nördlich von Büsum, geplant. Von dort wird eine ca. 55 km lange Erdkabelleitung bis zum „Umspannwerk Wilster“ westlich von Wilster (siehe Abbildung 1) führen. Dabei verläuft die Trasse weitgehend in einem Abstand von rd. 11 m parallel zur bestehenden Hochspannungsgleichstromkabeltrasse Büsum-Büttel der TenneT Offshore GmbH.



Abbildung 1: Übersicht zum Verlauf der NordLink-Landtrasse

Der Planfeststellungsbeschluss für diesen Trassenabschnitt liegt seit dem 30.06.2014 vor. Die Vergaben für die Installation der Kabel und die Erstellung der Konverteranlagen erfolgten im Frühjahr 2015 an den Generalunternehmer ABB (Konverter Tonstad, Konverter Wilster und Kabel Deutschland) und Nexans (Kabel Norwegen und Dänemark).

## 2 Aufgabenstellung Bodenkartierung

Der Bau von Netzanschlüssen (Erdkabel) erfordert landseitig linienhafte tiefbauliche Eingriffe in den Boden und führt bei unsachgemäßer Ausführung zu erheblichen Bodenschäden. Die Kenntnis der Bodenverhältnisse ist für die Planung und Ausführung der Tiefbauarbeiten zur Verlegung des Kabels von Bedeutung. Zur Gewährleistung des Bodenschutzes bei der NordLink-Trasse waren daher umfangreiche bodenkundliche Voruntersuchungen auf der Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung 5. Auflage (KA5) [1] erforderlich, die von der G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag des Netzbetreibers TenneT TSO GmbH durchgeführt wurden.

Die Untersuchungen stellen eine wesentliche Grundlage zur Planung des Bodenmanagements der Baumaßnahme dar.

## 3 Auswertung vorliegender Untersuchungen

### 3.1 *Bodensondierungen des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Flintbek (LLUR)*

Im Abschnitt zwischen dem Anlandepunkt nordöstlich von Büsum (Kilometer 0+000) bis zum Deich des Speicherkoogs Dithmarschen bei Stinteck (Kilometer 15+200) wurde aufgrund relativ einheitlicher Bedingungen und der zumeist homogenen Böden zunächst auf eine Kartierung verzichtet. Für diesen Trassenabschnitt lagen bereits bodenkundliche Kartierergebnisse des LLUR vor [2], die in die Auswertung mit einbezogen wurden. Die vorhandenen Sondierungen liegen jedoch in den seltensten Fällen auf dem direkten Trassenverlauf.

Zwischen der Anlandestelle und dem Deich des Kretjenkoog bei Kilometer 7+000 wechseln sich in der Regel Kalkmarschen mit carbonathaltigem Oberboden und oberflächlich entkalkte Kleimarschen ab. Die Auswertung der vorliegenden Profildaten ergab jedoch für den Teilabschnitt zwischen Neuhoof (Kilometer 3+600) und dem Deich des Kretjenkoog (Kilometer 7+000) den Bedarf einer zusätzlichen Kartier-Etappe, da im Unterboden sandigere Substrate unterhalb bindiger Substrate (Ton, Schluff) anstehen (Abbildung 2).

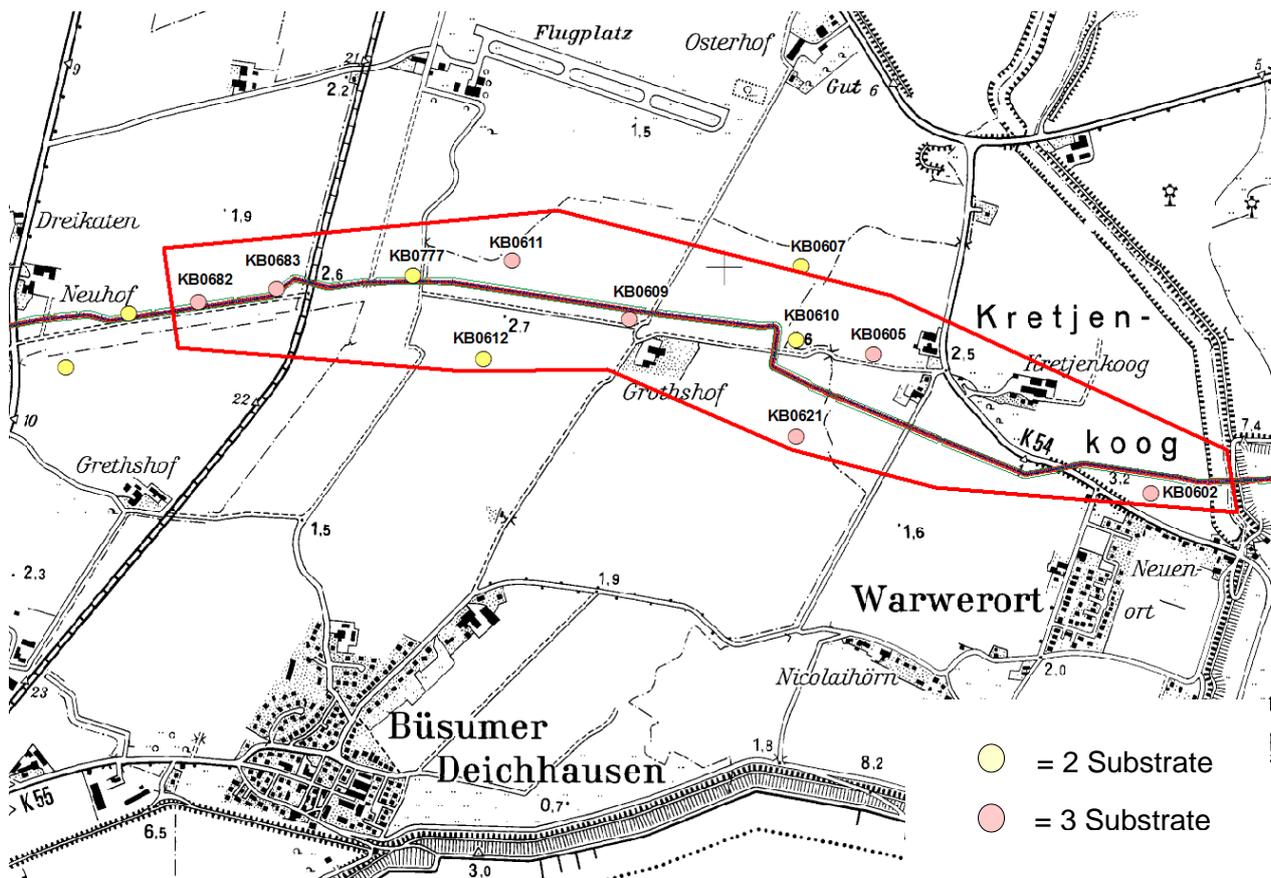


Abbildung 2: Auswertung Daten des LLUR im Trassenabschnitt Neuherort (Kilometer 3+500) bis Deich Kretjenkoog (Kilometer 7+000)

In nachfolgender Tabelle 1 sind alle Profile die einen Substratwechsel anzeigen aus dem Trassenabschnitt Neuherort (Kilometer 3+600) und Deich Kretjenkoog (Kilometer 7+000) zusammengestellt.

Tabelle 1: Profile mit Substratwechsel im Unterboden im Trassenabschnitt Neuherort (Kilometer 3+600) bis Deich Kretjenkoog (Kilometer 7+000)

ID	LFDR	RECHTS	HOCH	Bodentyp	OTIEF	UTIEF	Bodenart	Schichtung
136191	KB0602	3495186	6001370	MCn	95	125	Tu3	Tu3 über Us
136194	KB0605	3494416	6001759	MNn	45	55	Tu4	Tu4 über Su3
136198	KB0609	3493739	6001856	MCn	30	75	Lu	Lu über Sl3
136200	KB0611	3493412	6002020	MNn	30	135	Tu4	Tu4 über Us
136210	KB0621	3494201	6001530	MNn	75	125	Tu3	Tu3 über Ul3
136271	KB0682	3492542	6001904	MNn	110	130	Tu3	Tu3 über Sl3
136272	KB0683	3492760	6001942	MNn	70	120	Tu4	Tu4 über Sl3

### 3.2 Bohrungen Baugrundgutachten Steinfeld und Partner GBR

Soweit möglich, wurden in die Auswertung auch die Bohrungen aus dem vorliegenden Baugrundgutachten einbezogen (Baugrunderkundung der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner GBR, Hamburg [3]). Aufgrund der sich gänzlich unterscheidenden Bodenansprache sind die Daten nur bedingt bodenkundlich verwertbar. Sie konnten jedoch teilweise zur Bestätigung der Bodenansprachen herangezogen werden.

## 4 Feldarbeiten

Eine Bodenkartierung ist eine Bestandsaufnahme der verschiedenen Bodenformen einer Landschaft. Zur bodenkundlichen Erfassung des Baustreifens der NordLink-Trasse wurde einer Vielzahl an Bodensondierungen/Bohrungen durchgeführt. Die Kartierung erfolgte in 2 Arbeitsetappen.

1. Trassenabschnitt mit einer Länge von 38,25 km zwischen Meldorf und der Konverterstation Wilster, parallel zu den hier bereits vorhandenen Kabeltrassen Helwin 1, Sylwin 1 und Helwin 2. Der Startpunkt dieser Kartierung lag bei Kilometer 15+255 nördlich des Meldorfer Hafenstroms direkt hinter dem Deich des Speicherkoogs Dithmarschen (Stinteck). Die Kartierungen wurden in südliche Richtung weitergeführt bis hin zum Endpunkt nahe dem Konverter Wilster bei Kilometer 53+300.
2. Trassenabschnitt mit einer Länge von 3,5 km zwischen Neuhoof (Kilometer 3+500) und dem Deich des Kretjenkoog (Kilometer 7+000). Der Bedarf dieser zusätzlichen Kartieretappe ergab sich in Auswertung der vorliegenden Profile des LLUR (vgl. Kapitel 3.1)

Zu Beginn der Feldarbeiten erfolgte in der 8. KW 2016 eine Einweisung der Bohrtrupps vor Ort. Im Anschluss wurden im Zeitraum 23.02.2016 bis 10.03.2016 die Kartierungen der **ersten Arbeitsetappe (Km 15+255 bis 53+300)** durchgeführt. Es kamen 2 Bohrtrupps mit je 2 Mann zum Einsatz. Die Bohrtrupps setzten sich zusammen aus dem kartierenden Geologen sowie einem Bohrhelfer. Das durchschnittliche Tagespensum betrug ca. 15 bis 20 Bohrungen pro Bohrtrupp je nach Witterung und den vor Ort angetroffenen Verhältnissen. Da für einige Grundstücke anfänglich keine Betretungsgenehmigungen vorlagen, mussten die nach der ersten Feldkampagne noch offenen Standorte nachkartiert werden. Diese Arbeiten wurden, nach Vorliegen der Zutrittsgenehmigungen, im Zeitraum 29.03.2016 bis 31.03.2016 sowie abschließend am 19.04.2016 von jeweils einem Bohrtrupp ausgeführt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Zeitlicher Ablauf der bodenkundlichen Kartierung - 1. Arbeitsetappe

Aufnahmedatum	Anzahl Bohrungen	Bohrtrupps im Einsatz	Bemerkung
23.02.2016	26	2	
24.02.2016	38	2	
25.02.2016	40	2	
26.02.2016	21	2	
29.02.2016	15	2	
01.03.2016	41	2	
02.03.2016	39	2	
03.03.2016	43	2	
04.03.2016	17	2	
07.03.2016	25	2	
08.03.2016	36	2	
09.03.2016	10	2	
10.03.2016	2	1	
29.03.2016	10	1	Nachkartierung
30.03.2016	20	1	Nachkartierung
31.03.2016	5	1	Nachkartierung
19.04.2016	6	1	Nachkartierung
<b>Summe</b>	<b>394</b>		

Die Bodensondierungen erfolgten in einem Abstand von ca. 100 m. Zur Gewährleistung, dass die Bodenprofile den exakten Trassenverlauf repräsentieren, wurden die Sondierungspunkte vorab durch das Vermessungsbüro Weigt eingemessen und mit Pflöcken kenntlich gemacht. Insgesamt wurden im Trassenverlauf zwischen Meldorf und Wilster an 17 Arbeitstagen **394 Bodensondierungen** aufgenommen.

Die Profile des zweiten Kartierabschnittes wurden am 14. und 15.06.2016 aufgenommen. Hier kam ein Bohrtrupp zum Einsatz. An den zwei Arbeitstagen wurden im Trassenverlauf zwischen Neuhoof (Kilometer 3+600) und dem Deich des Kretjenkoog (Kilometer 7+000) **34 Bodensondierungen** kartiert (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf der bodenkundlichen Kartierung - 2. Arbeitsetappe

Aufnahmedatum	Anzahl Bohrungen	Bohrtrupps im Einsatz
14.06.2016	20	1
15.06.2016	14	1
<b>Summe</b>	<b>34</b>	

Die ursprünglich vorgesehene Bohrung „BSS/3+500“ konnte nicht durchgeführt werden, da der Punkt auf einem unzugänglichen Privatgelände lag und auch vorab nicht vom Vermessungsbüro eingemessen wurde. Eine weitere Bohrung fehlt bei Km 6+700. Der Punkt lag direkt auf einer Straße und konnte daher nicht kartiert werden. Eine Verlegung war an dieser Stelle nicht möglich.

Nachfolgende Abbildung 3 zeigt die Lage der kartierten Trassenabschnitte.

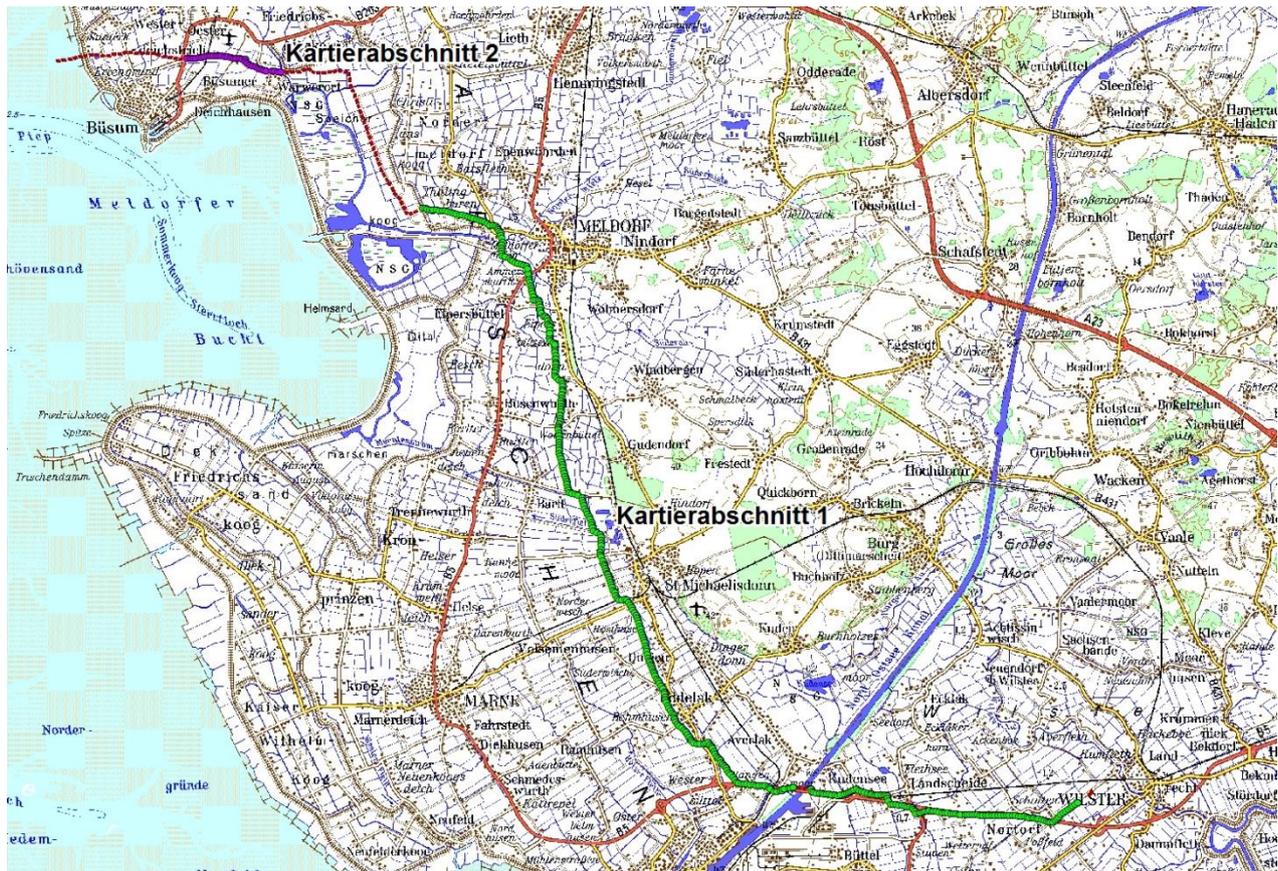


Abbildung 3: Bodensondierungen entlang der NordLink-Landtrasse

Die Bodensondierungen erfolgten als Handbohrungen mittels eines Hohlmeißelbohrers vom Typ Pürckhauer bis zu einer Tiefe von 2,0 m u. GOK (siehe Abbildung 4). Mit dem Bohrstock kann

man sich schnell einen Überblick über die Bodenverhältnisse vor Ort verschaffen. Es sei an dieser Stelle aber darauf hingewiesen, dass man bei der Bodenansprache mit Hilfe von Bohrstocksondierungen aber mit Unsicherheiten bei den Ansprachen leben muss. Bestimmte bodenbezogene Merkmale, wie zum Beispiel Steingehalt, Bodengefüge, Verteilung pedogener Merkmale im Profil etc. lassen sich per Bohrstock nur schwer einschätzen. Auch eine eindeutige Horizont-Differenzierung ist nicht in jedem Fall möglich.



Abbildung 4: Durchführung von Bodensondierungen entlang der NordLink-Landtrasse

An jedem Bohrpunkt wurden folgende bodenkundliche Parameter gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung 5. Auflage (KA 5) [1] erfasst:

**Stammdaten (Titeldaten und Aufnahmesituation):**

- Messpunktbezeichnung / Bohrung
- Rechtswert
- Hochwert
- Bearbeiter
- Aufnahmedatum

- Aufschlussart
- Reliefform
- Neigung
- Grundwasserstand
- Bodennutzung
- Vegetation
- Endteufe
- Bodentyp

**Horizontdaten (horizontbezogene Beschreibung der pedogenen Merkmale):**

- Mächtigkeit Bodenhorizonte / Horizontgrenzen
- Bodenhorizonte (Horizontsymbole)
- Bodenart des Feinbodens / Torfart
- Bodenausgangsgestein
- Geogenese
- Stratigraphie
- Humusgehalt
- Bodenfarbe
- Carbonatgehalt ( $\text{CaCO}_3$ )
- Hydromorphiemerkmale
- Lagerungsdichte
- Zersetzungsgrad bei organischen Substraten
- sonstige relevante Informationen (Datenfeld Bemerkungen)

Das von G.E.O.S. hierfür verwendetet Felderfassungsformblatt mit Beispieldaten (reduzierte Profilbeschreibung gemäß KA5) ist als Anlage 1.1 beigefügt.

## 5 Datenaufbereitung

Sämtliche erfassten und für die Auswertung abgeleiteten Daten incl. Lage und Koordinaten der Bohrpunkte wurden in einer Bohrdatenbank überführt (ACCESS). Aus dieser können Übersichten mit den wesentlichen Kartiererergebnissen ausgegeben werden (siehe Anlage 1.2). Zudem können die Daten mit Hilfe des GIS-Programmes ArcGIS zur Darstellung gebracht und weiterverarbeitet werden.

## 6 Bodenkundliche Kartiererergebnisse

Bei den entlang der NordLink-Trasse kartierten Böden handelt es sich zumeist um typische Marschböden, die aus Sedimenten der Nordsee entstanden sind. Die Marsch ist in ihrer Entstehung und historischer Entwicklung wesentlich geprägt vom Faktor Wasser. Regionale Unterschiede der Marschentwicklung ergeben sich aus der unterschiedlich tiefen Lage des eiszeitlichen Untergrundes.

In Auswertung der vorliegenden Daten des LLUR [2], [3] und der Kartiererergebnisse lässt sich folgende Abfolge von Nord nach Süd skizzieren:

- Zwischen dem Anlandepunkt nordwestlich Büsum und dem Deich Kretjenkoog dominieren marine bis brackische Marschen überwiegend aus Schluff bis Ton
- Im Bereich des Speicherkoogs Dithmarschen findet man vor allem Böden aus marinen Lehmsanden vor.
- Auf der Binnenseite des Speicherkoogs, im Trassenabschnitt zwischen Meldorf und Nord-Ostsee-Kanal, dominieren wieder marine bis brackische Marschen überwiegend aus Schluff bis Ton.
- Im südlichen Trassenabschnitt zwischen Nord-Ostsee-Kanal und Konverterstation Wilster treten zudem Böden aus humosem Ton auf.

Aufgrund geo- und pedogenetischer Prozesse und den daraus resultierenden Merkmalen lassen sich verschiedene Bodentypen unterscheiden, die in den beiden kartierten Trassenabschnitten wie folgt vorgefunden wurden:

Aus den frisch eingedeichten, jungen, überwiegend sandig-schluffigen Marschsedimenten in Nordseenähe haben sich nach deren Entwässerung und Aussüßen vorwiegend **Kalkmarschen** mit carbonathaltigem Oberboden gebildet. Man findet sie vor allem im nördlichen Teil der Trasse zwischen der Bahntrasse Büsum-Reisbüttel und dem Deich des Kretjenkoog (Kilometer 4+400 und 7+000), zwischen dem Speicherkoog Dithmarschen und Meldorf (Kilometer 15+255 bis 16+000), sowie vereinzelt im Trassenverlauf vor.

Im Lauf der Zeit entwickelten sich die Kalkmarschen durch beständige Niederschläge und chemische Verwitterung weiter zu **Kleimarschen**. Diese sind tiefgründig entkalkt (> 40 cm tief), und liegen zumeist in größerer Entfernung zur Küste. Es handelt sich dabei um den verbreitetsten Bodentyp im kartierten Trassenbereich. Kleimarschen dominieren vor allem den Trassenbereich zwischen Meldorf und dem Nord-Ostsee-Kanal.

Die zwischen Geest und Elbe gelegenen Marschen im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes wurden als schluffig-tonige Sedimente eingedeicht. Die im Einflussbereich des Elbe-Ästuars gelegenen Marschen gerieten zum Teil wieder unter Nordseeinfluss, so dass über älterem Marschboden eine neue Bodenbildung einsetzte. Dies führte zur Entwicklung der sog. **Dwogmarsch**, die durch das Vorkommen fossiler Bodenhorizonte gekennzeichnet ist. Dwogmarschen, deren oberste 70 cm in der Regel carbonatfrei sind, findet man vor allem im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes vor. Verbreitungsschwerpunkte sind der Trassenabschnitt zwischen Edelak und Nord-Ostsee-Kanal, der Kreuzungsbereich B6 / B421 nordöstlich Büttel sowie im Bereich Nortorf kurz vor der Konverterstation Wilster.

Dort wo Niedermoore überschlickt wurden, treten vermehrt **Organomarschen** auf. Bei diesen carbonatfreien Böden treten häufig Zwischenlagen von Torfen und Mudden sowie stärker humose Tonen auf. Die humosen Tone wurden in Stillwasserbereichen und Lagunen am Geestrand abgelagert und sind häufig im Bereich von Nehrungen und deren Hinterland sowie in gezeitenbeeinflussten Flussniederungen zu finden. Charakteristisch für diesen Bodentyp ist das durch starke Bodenversauerung im Laufe der Bodenbildung auftretende Eisenmineral Jarosit (Maibolt), gut erkennbar an seiner Gelbfärbung. Organomarschen findet man vermehrt westlich St. Michaelisdonn sowie im südlichen Trassenabschnitt zwischen Nord-Ostsee-Kanal und Wilster.

Neben **Niedermooren**, deren Verbreitungsschwerpunkt vor allem im südlichen Trassenabschnitt liegt (Kreuzungsbereich B6 / B421 nordöstlich Büttel), lassen sich vereinzelt auch **anthropogen überprägte Böden**, wie z. B. Regosole aus Saufschüttungen aushalten. Letztere sind auf das Umfeld infrastruktureller Maßnahmen (Nord-Ostsee-Kanal, Bahnlinien, größere Straßen etc.) beschränkt.

Mit Ausnahme der Kalkmarschen jenseits des Deichs des Speicherkoogs Dithmarschen sind die Marschböden entlang der Trasse zumeist tiefgründig entkalkt. Die Standorte stehen nicht mehr unter dem Einfluss der Nordsee.

## 7 Berücksichtigung nicht kartierter Trassenabschnitte

Zu den nicht kartierten Trassenbereichen im nördlichen Trassenabschnitt liegen bodenkundlichen Profilaufnahmen vor, die vom LLUR bereitgestellt wurden [2]. Die Daten wurden bereits vor 35 Jahren (Km 0+000 bis 3+500) bzw. 10 Jahren (Km 7+000 bis 15+200) erhoben. Keines dieser Profile liegt direkt auf der Trassenachse, so dass eine direkte Übertragung der Ergebnisse

auf die Achse nicht möglich ist. Zur Beschreibung der Böden entlang dieser Trassenabschnitte wurden jeweils mehrere nahe der Trasse gelegene Profile ausgewählt (Tabelle 4 und Tabelle 5). Diese Profile wurden zur Einschätzung der zu erwartenden Substratschichtung herangezogen.

Tabelle 4: Profile LLUR für Kilometrierung 0+000 bis 3+500 (Kartierung 1980)

LFDNR LLUR	Substratabfolge Unterboden	Anzahl Mieten	Mächtigkeit Oberboden	Bemerkung
KB 068	Us / Su3	2	25 cm	10 m von Trassenachse entfernt
KB 0763	Su3	2	30 cm	30 m von Trassenachse entfernt
KB 0765	Us	2	35 cm	50 m von Trassenachse entfernt
KB 0767	Us / Su3	2	30 cm	50 m von Trassenachse entfernt
KB 0790	Us	2	25 cm	4 m von Trassenachse entfernt
KB 0794	Us / Su3	2	25 cm	Su3 im Unterboden 1,50 - 2,00 m; 30 m von Trassenachse entfernt
KB 0668	Us	2	30 cm	65 m von Trassenachse entfernt

Tabelle 5: Profile LLUR für Kilometrierung 7+000 bis 15+200 (Kartierung 2006)

LFDNR LLUR	Substratabfolge Unterboden	Anzahl Mieten	Mächtigkeit Oberboden	Bemerkung
KB002	Us / Su3	2	35 cm	Su3 im Unterboden 0,78 - 2,00 m; 15 m von Trassenachse entfernt
KB003	Us / fS	2	33 cm	Us im Unterboden bis 0,65 m Tiefe; 50 m von Trassenachse entfernt
KB012	Su3	2	28 cm	13 m von Trassenachse entfernt
KB024	Su3	2	35 cm	23 m von Trassenachse entfernt
KB025	Su3	2	32 cm	8 m von Trassenachse entfernt
KB028	Su3	2	35 cm	7 m von Trassenachse entfernt
KB030	Su3	2	32 cm	12 m von Trassenachse entfernt
KB043	Su2	2	38 cm	10 m von Trassenachse entfernt
KB045	Su2	2	36 cm	8 m von Trassenachse entfernt
KB047	Su3	2	29 cm	10 m von Trassenachse entfernt

In Auswertung der vorliegenden Ergebnisse wird für den Abschnitt **Km 0+000 bis 3+500** von einer relativ homogenen Beschaffenheit des Unterbodens ausgegangen, so dass lediglich 2 Bodenmieten anfallen werden (Oberboden- und Unterbodenmiete). Vom Bodentyp her wechseln sich Kleimarschen mit Kalkmarschen ab. Hinsichtlich der Bodenart dominiert sandiger Schluff (Us). Im Untergrund treten zum Teil auch schluffige Sande auf (Su3). Die mittlere Mächtigkeit des anfallenden humosen Oberbodens (Ap-Horizont) wird auf 30 cm eingeschätzt.

Im Abschnitt **Km 7+000 bis 15+200** treten ausschließlich Kalkmarschen auf. Auch bei diesen Böden kann von einer homogenen Beschaffenheit des Unterbodens ausgegangen werden, so dass lediglich 2 Bodenmieten anfallen werden (Oberboden- und Unterbodenmiete). Es dominieren mittel schluffige Sande (Su3) im Profil. Nur einzelne im Bereich des Sommerkoogs kartierte Böden weisen höhere Schluffgehalte auf. Hier findet man sandige Schluffe (Us) vor. Die mittlere Mächtigkeit des humosen Oberbodens (Ap-Horizont) kann für den gesamten Abschnitt mit 40 cm angegeben werden.

In beiden Abschnitten **0+000 bis 3+500** sowie **7+000 bis 15+200** ist in Auswertung der Kartierergebnisse des LLUR mit keinem wesentlichen Substratwechsel im Trassenbereich zu rechnen. In einzelnen Profilen konnte lediglich ein Wechsel vom sandigem Schluff (Us) zu schluffigem Sand (Su3) im Unterboden festgestellt werden (siehe Tabellen). Beide Bodenarten weisen einen vergleichbaren Tongehalt auf, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der Sand- bzw. Schluffanteile. Da sich keines dieser Profile auf der unmittelbaren Trassenachse befindet, wurde bei der Ableitung der Bodenmieten von homogenen Bodenverhältnissen ausgegangen. Bei Erfordernis muss eine Substrattrennung auf Anweisung der Bodenkundlichen Baubegleitung erfolgen.

## 8 Grundlagen der Datenauswertung

Zur Vermeidung von Bodenvermischungen im Trassenbereich von Linienbauwerken sind grundsätzlich Ober- und Unterbodenmaterial getrennt voneinander zu behandeln. Bei der Wiederverfüllung des Leitungsgrabens soll der ursprüngliche Boden in Annäherung an die natürliche Lagerung und Funktion wiederhergestellt werden. Dabei ist eine Vermischung des Bodenmaterials zu vermeiden, es ist in der seiner natürlichen Schichtung entsprechenden Reihenfolge wieder einzubauen.

Aufgrund wechselnder Bodenverhältnisse und dem Vorkommen empfindlicher Bereiche (z. B. organische oder sulfatsaure Böden) kann eventuell für Teilabschnitte ein Bedarf an zusätzlichen

Mieten bestehen, was zu einer Ausweitung der Lagerflächen und einer Neudimensionierung des insgesamt benötigte Arbeitsstreifen führen kann. Zur Einschätzung dieses Bedarfs wurde eine bodenkundliche Kartierung entlang der NordLink-Trasse durchgeführt.

Gemäß dem Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen (LLUR 2014) [5] sind besonders verdichtungsempfindliche oder anderweitig empfindliche Bereiche (z. B. organische oder sulfatsaure Böden) auszuweisen bzw. für die Planung der Bodentrennung Horizontgrenzen und -mächtigkeiten der betroffenen Böden zu dokumentieren. Im Rahmen der Bodenmanagementplanung werden mit Hilfe der Angaben zu Anzahl und Mengen der zu trennenden Substrate die unter Berücksichtigung der zulässigen Maximalhöhen (siehe DIN 19731) benötigten Lagerflächen sowie der insgesamt benötigte Arbeitsstreifen dimensioniert. Im Regelfall (Prinzipskizzen aus dem Planfestellungsverfahren in Anlage 3.1 und 3.2 [6]) wird das Material auf 2 Bodenmieten mit einer Gesamtablagerungsbreite von 9,5 m verbracht.

Nachfolgend werden die wesentlichen Grundlagen der Datenauswertung kurz erläutert:

### **1. Substrat-/ Bodenartenwechsel im Unterboden**

Bei den beanspruchten Flächen handelt es sich fast ausschließlich um landwirtschaftliche Nutzflächen. In ca. 54 % aller Fälle sind Ackerflächen betroffen. Bei den restlichen Standorten handelt es sich vorwiegend um Grünland (46 %). Lediglich 2 Standorte unterlagen keiner landwirtschaftlichen Nutzung (Verkehrsflächen). Als qualitatives Unterscheidungsmerkmal wurde daher die ackerbauliche Bearbeitbarkeit der Böden zugrunde gelegt. So bezeichnet man sandige Böden als leichte Böden, während tonige bis lehmige Böden mit schlechter Durchlüftung und Durchwurzelbarkeit und hohem Nährstoffgehalt als schwere Böden bezeichnet werden.

Die wesentliche Grundlage zur Unterscheidung der Substrate im Trassenverlauf bildet die im Feld per Fingerprobe erhobene Bodenart des Feinbodens. Sie gibt Auskunft über die Zusammensetzung des Substrats und ermöglicht die grundlegende Unterscheidung von bindigen, also mittleren bis schweren Böden (Tone, Lehme) und sandigeren, also leichteren Böden (Sand). Die im Feld erhobene Bodenart kann im Sinne einer „Untergruppe“ betrachtet werden. Die jeweils kartierte Bodenart lässt sich einer Bodenarten-Gruppe (z. B. Tonschluffe, Lehmschluffe etc.) bzw. der Bodenartenhauptgruppe (Sand, Lehm, Schluff oder Ton) zuordnen (siehe Abbildung 5). Die abgeleiteten Zusatzinformationen wurden in der Bohrdatenbank (siehe Kapitel 2) eingetragen.

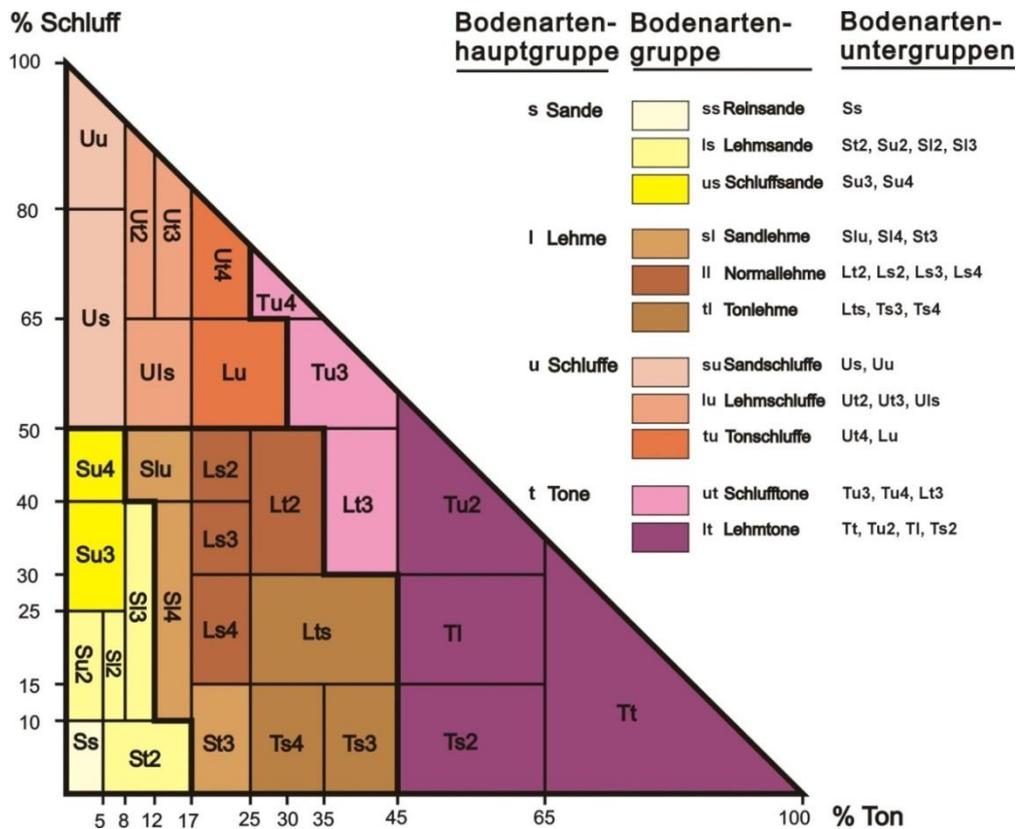


Abbildung 5: Feinbodenartendiagramm mit Klassifikation auf verschiedenen Niveaus (Quelle: Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage 2005 [KA5] [1])

## 2. Auftreten organischer Substrate

Von besonderer Bedeutung ist das Auftreten von organischen Substraten (Torfe, Mudden) im Trassenverlauf. Torfsubstrate sind in jedem Fall gesondert abzulagern, wobei die oberhalb und unterhalb der Grundwasseroberfläche ausgebauten Torfen unterschieden werden können. Bei den von Schlick überlagerten Torfen der Marsch oder übersandeten Moorflächen sind Vermischungen von mineralischem mit organischem Material unbedingt zu vermeiden (LLUR 2014), so dass eine getrennte Gewinnung und Ablagerung erforderlich ist.

Um Schrumpfung und Mineralisation der organischen Substanz so gering wie möglich zu halten sollten diese möglichst nur kurz gelagert und bei Bedarf während der Bauphase mit Planen oder Folien bzw. Bewässerungsmaßnahmen vor Austrocknung geschützt werden.

## 3. Sulfatsaure Böden

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt stellt das Auftreten sulfatsaurer Böden im Trassenverlauf dar. Dabei handelt es sich in der Regel um Organomarschen mit dem charakteristischen Eisenmineral Jarosit, welches anhand seiner Gelbfärbung gut erkennbar ist.

Zunächst können alle Böden mit Carbonatgehalt (c1 bis c6) als nicht sulfatsauer voreingestuft werden. Als potenziell sulfatsauer ist der Bodentyp der Organomarsch anzusehen. Ein Verdacht auf Jarosit ergab sich im Zuge der Bohrstockkartierung lediglich bei 4 Standorten. Da aber im südlichen Teil der Trasse sowie westlich von St. Michaelisdonn vermehrt Organomarschen auftreten, ist ein weiteres Vorkommen nicht auszuschließen. Besonders in diesem Trassenabschnitt ist daher eine intensive bodenkundlichen Baubegleitung vor Ort zu empfehlen (vgl. Kapitel 14).

Sulfatsaure Böden sollten möglichst wenig transportiert und so schnell wie möglich schichtenkonform wieder in den reduzierten Bereich des Untergrunds eingebaut werden. Lange Zwischenlagerungszeiten müssen unbedingt vermieden werden und der Leitungsgraben sollte nur so kurz wie möglich offen sein. Lassen sich längere Liegezeiten nicht vermeiden, müssen entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden (Abdeckung mit Planen etc.).

Nachfolgend wird die Methodik zur Ermittlung des Platzbedarfes für die Lagerung des Bodenaushubs dargelegt. Sie dient der Kennzeichnung wechselnde Bodenverhältnisse entlang der Trasse, die eine Ausweisung zusätzlicher Bodenmieten bedingen und demgemäß eine eventuelle Neudimensionierung des Arbeitsstreifens erforderlich machen. Dabei wird neben einem signifikanten Wechsel der Bodenart auch das Vorkommen besonders empfindliche Böden wie z.B. organische oder sulfatsaure Böden im Trassenverlauf berücksichtigt.

## **9 Ermittlung des Platzbedarfes für die Lagerung des Bodenaushubs aus dem Kabelgraben**

### **9.1 Methodik**

Der im Kabelgraben auszuhebende Boden muss in Form von Bodenmieten zwischengelagert werden. Dabei handelt es sich um parallel zum Kabelgraben verlaufende Haufwerke. Diese werden auf der hierzu verfügbaren Fläche des Arbeitsstreifens geschüttet. Dabei ist das Aushubmaterial nach Bodenart getrennt in mehreren Bodenmieten zwischenzulagern, so dass ein Wiedereinbau im Kabelgraben in der ursprünglichen Anordnung möglich ist. Es sind Bodenarten voneinander zu trennen, die unterschiedliche Bedingungen bei Zwischenlagerung und Wiedereinbau erfordern. Durch den Wiedereinbau des Aushubs in der ursprünglichen Anordnung sollen die Bodenfunktionen weitestgehend wiedergestellt werden.

Der Platzbedarf für die Zwischenlagerung des Bodenaushubs wird bestimmt von der erforderlichen Anzahl an Bodenmieten, die der Anzahl der getrennt zu lagernden Bodenarten entspricht,

weiterhin von deren Geometrie und dem Volumen des Aushubs. Zusätzlich kann ein Mindestabstand zwischen mehreren Mieten zur sauberen Trennung der Materialien erforderlich sein.

### 9.1.1 Ermittlung der erforderlichen Anzahl an Bodenmieten

Zur Ermittlung des Platzbedarfs der Mieten für die Zwischenlagerung des Aushubs auf dem Arbeitsstreifen wurde zunächst die Anzahl der getrennt zu lagernden Bodenarten ermittelt. Hierzu wurden die Horizontansprachen aus den Bohrstockuntersuchungen der durchgeführten Bodenkartierung herangezogen. Für die Abschnitte, in denen keine Bohrstockuntersuchungen durchgeführt worden sind, wurden Annahmen getroffen:

Station -350 m bis 3+550 m	Keine Kartierung durchgeführt, hier Annahme zweier getrennt zu lagernder Bodenmaterialien: Oberboden und Unterboden (sandig). Der Oberboden ist im Mittel 30 cm tief.
Station 3+550 m bis 7+050 m	Kartierabschnitt 2, Anwendung der Ergebnisse der Bohrstockuntersuchungen (Profile 501 bis 534)
Station 7+050 m bis 15+200	Keine Kartierung durchgeführt, hier Annahme zweier getrennt zu lagernder Bodenmaterialien: Oberboden und Unterboden (sandig). Der Oberboden ist im Mittel 40 cm tief.
Station 15+200 m bis 53+550 m	Kartierabschnitt 1, Anwendung der Ergebnisse der Bohrstockuntersuchungen (Profile 1 bis 394)

In jedem Fall erfolgt eine Trennung in Ober- und Unterboden, so dass an jedem Trassenabschnitt mindestens zwei Mieten erforderlich sind.

Der Oberboden ist stets als solcher getrennt vom Unterboden in einer Oberbodenmiete zu lagern. Als Oberboden wurde der humose Oberbodenhorizont (Ah) bzw. der Pflughorizont (Ap) gewertet in seiner gesamten an den Untersuchungspunkten ermittelten Mächtigkeit. Es wurde davon ausgegangen, dass der Oberboden auch bei geringen Mächtigkeiten ab 10 cm vom Unterboden getrennt und separat gelagert wird. Fossile bzw. reliktsche Oberbodenhorizonte im Unterboden (fAh, rAp) wurden nicht als Oberboden bewertet, sondern dem Unterboden zugeordnet. Diese Horizonte haben derzeit keine Funktion als Oberboden. Eine weiterführende Trennung verschiedener rezenter Oberbodenmaterialien, z. B. nach der Bodenart (Korngrößen), wurde nicht durchgeführt.

Besteht der Unterboden nicht nur wie in den meisten Fällen durchgehend aus bindigen Böden (Hauptbodenarten: Tone, Schluffe, Lehme), sondern wurden auch sandige Horizonte oder organische Böden (Torfe) angetroffen, sind entsprechend weitere Mieten zur getrennten Lagerung dieser Unterbodenmaterialien anzulegen (Miete für sandiges Unterbodenmaterial, Miete für Tor-

fe). Zur Ermittlung der erforderlichen Anzahl an Bodenmieten wurden wie beim Oberboden die Ergebnisse der Bohrstockuntersuchungen herangezogen. Bei der Auswertung dieser Untersuchungen wurden in Abstimmung mit dem LLUR (Beratung am 01.12.2016 im Baubüro Meldorf) unterschiedliche Bodenarten nur dann getrennt berücksichtigt, wenn sie im Bodenprofil mit einer Mächtigkeit von  $\geq 30$  cm dokumentiert worden sind (Mindestmächtigkeit 30 cm). Es wurde davon ausgegangen, dass Schichten mit geringerer Mächtigkeit nicht mit einem vertretbaren technischen Aufwand voneinander separiert werden können.

Als weiteres Kriterium zur getrennten Lagerung von Bodenaushub wurden Hinweise auf eine potentielle Versauerung reduzierter Böden bewertet. Hinweise auf das Vorkommen solcher Böden wurden im Rahmen der Bodenuntersuchungen mit dokumentiert (Existenz des Eisenminerals Jarosit, erkennbar an den charakteristisch blassgelben bzw. schwefelgelben Flecken). Eine potentielle Versauerung ist nur bei Unterbodenmaterial möglich, welches dann in einer weiteren Miete getrennt vom übrigen Aushub zu lagern ist (Miete für jarosithaltigen sauren Bodenaushub). Auch hier wurde eine Mindestmächtigkeit für getrennten Aushub von 30 cm berücksichtigt.

Zusammenfassend wurden folgende Bodenarten bei der Ermittlung des Platzbedarfes zur Zwischenlagerung von Bodenaushub getrennt voneinander betrachtet:

- Oberboden (unabhängig von der Bodenart)
- Unterboden, bindig (Tone, Schluffe, Lehme)
- Unterboden, sandig (Sande)
- Unterboden, Torfe (organische Böden)
- Sulfatsaure Böden (unabhängig von der Bodenart)

### 9.1.2 Ermittlung des zwischenzulagernden Bodenvolumens

Allen Berechnungen wurde der geplante Regelquerschnitt des Kabelgrabens zugrunde gelegt (Abbildung 6). Es wurde von einer weitgehend ebenen Geländeoberfläche ausgegangen. Gräben, Gruppen und gewellte Geländeoberflächen wurden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Die Herstellung des Kabelgrabens beginnt mit einer Auskoffnung des Oberbodens über eine Breite von 4,1 m bis zu dessen Unterkante, die sich meist in 0,3 m bis 0,4 m Tiefe, teilweise aber auch in abweichender Tiefe, befindet. Im Anschluss an diesen rechteckigen Aushubquerschnitt erfolgt der Aushub des Unterbodens in Trapezform, wobei eine mittlere Tiefe von 1,7 m unter

Geländeoberkante erreicht werden soll. Die Sohle des Trapezgrabens ist 0,7 m breit, die Neigung der Böschungflächen beträgt 1:1 bzw. 45°. Die mittlere Breite des Kabelgrabens von 4,1 m resultiert aus der Sohlbreite und der Böschungsgeometrie.

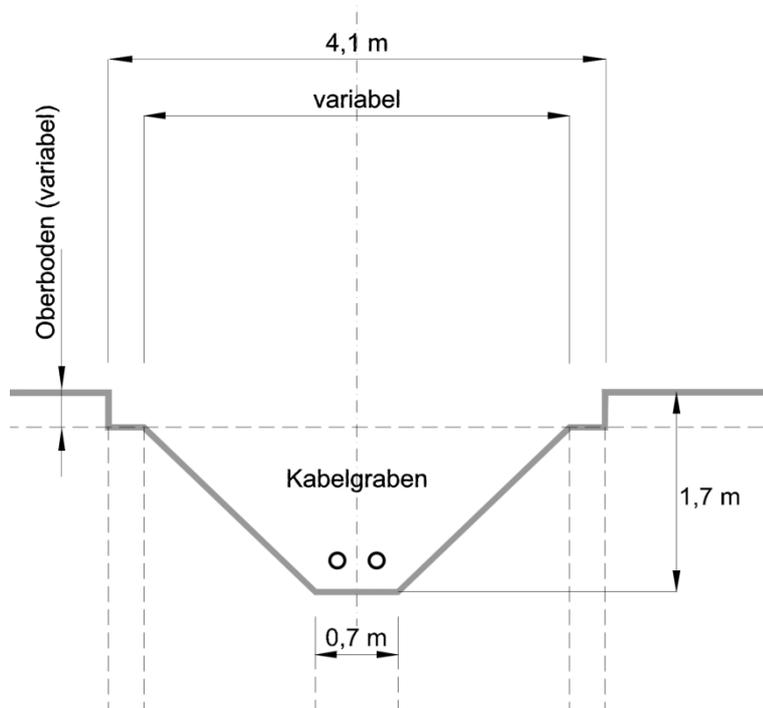


Abbildung 6: Normalquerschnitt des Kabelgrabens (ABB, 14.09.2016, NL-BD-CI-TYP-0001-Rev4 - Standard-Arbeitsstreifen) [6]

Im Rahmen der Bodenuntersuchungen wurde die Tiefe der unterschiedlich zu lagernden Bodenarten bzw. Horizonte an den Untersuchungspunkten ermittelt. Da auch die Regelgeometrie des auszuhebenden Kabelgrabens bekannt ist, kann für diese Untersuchungspunkte die Querschnittsfläche für alle unterschiedlich zu lagernden Bodenarten in Abhängigkeit von der Tiefe der Ober- und Unterkante im Rechteck-/Trapezprofil ermittelt werden.

Durch Multiplikation der berechneten Querschnittsfläche mit der Länge eines Grabenabschnittes resultiert das Volumen. Allerdings kann auch die Geometrie der zur Zwischenlagerung erforderlichen Mieten in Form der Querschnittsfläche beschrieben werden, so dass Volumenberechnungen nicht erforderlich sind.

Die Querschnittsfläche der Bodenmieten als Haufwerk ist größer als die des Bodens in seiner ursprünglichen Lagerung vor dem Aushub. Deshalb sind zur Ermittlung der Querschnittsfläche des Haufwerks entsprechende Auflockerungsfaktoren zu berücksichtigen. In Abhängigkeit von der Bodenart wurden folgende Auflockerungsfaktoren angewandt:

Oberboden	1,25
Unterboden, bindig	1,30
Unterboden, sandig	1,20
Unterboden, Torfe	1,30
Sulfatsaure Böden	1,39

### 9.1.3 Geometrie der Mieten

Zur Berechnung wurden die Querschnitte der Bodenmieten betrachtet. Aus der anhand des Aushubs unter Berücksichtigung der Auflockerungsfaktoren berechneten Querschnittsfläche kann die erforderliche Höhe der Haufwerke und die erforderliche Breite der Basis (Aufstandsfläche) ermittelt werden. Hierzu muss der Böschungswinkel bekannt sein. Weiterhin wurden eine Maximalhöhe und ein Mindestabstand zwischen benachbarten Haufwerken berücksichtigt.

#### Böschungswinkel

Der herstellbare Böschungswinkel von Bodenmieten beträgt für bindige, plastische und damit formbare Böden  $45^\circ$  (Bodenart „Unterboden, bindig“). Dies setzt voraus, dass das Haufwerk nach dem Schütten mit der Baggerschaufel grob in die entsprechende Form gebracht wird. Der hierfür erforderliche nicht zu hohe und nicht zu geringe Bodenwassergehalt sollte nach durchgeführter Tiefendränage der Kabeltrasse vorliegen.

Eine Konturierung des Haufwerkes ist nicht möglich bei sehr nassen bindigen Böden mit Wassergehalten oberhalb der Fließgrenze. Dieser Zustand wird aufgrund der durchzuführenden Entwässerung des Bodens vor dem Aushub mittels Tiefendränage nicht vorliegen. Weiterhin darf bindiger Boden nicht zu trocken sein, da er sonst seine Verformbarkeit verliert. Eine solche starke Austrocknung wird durch eine temporäre Tiefendränage nicht erreicht. Die Erfahrungen beim Bau der Trassen HelWin und SylWin zeigen, dass sich Bodenmieten zur Zwischenlagerung des Aushubs bindiger und gemischter Unterbodenmaterialien problemlos mit einem Böschungswinkel von  $45^\circ$  herstellen lassen.

Bei Sanden und organischen Böden (Torfen) ist die Kohäsion des Korngerüstes so gering, dass der Böschungswinkel von Haufwerk nicht steiler hergestellt werden kann als der materialspezifische natürliche Schüttwinkel. Dieser entspricht dem Winkel der inneren Reibung (Reibungswinkel  $\varphi$ ). Anhand der Angaben für den Reibungswinkel in [7] wurde ein Böschungswinkel von  $35^\circ$  für Haufwerksschüttungen des Aushubs sandiger Unterbodenmaterialien und von  $25^\circ$  für Haufwerksschüttungen aus Torf zur Berechnung des Platzbedarfs verwendet.

Der Oberboden besteht fast ausnahmslos aus bindigen Böden, nur an 2 Untersuchungspunkten aus Sanden und an 3 Untersuchungspunkten sind Torfe beteiligt. Für den Oberboden können deshalb ähnliche Eigenschaften angenommen werden wie für den bindigen Unterboden. Allerdings weist der Oberboden einen höheren Gehalt an organischer Substanz (Humus) sowie Pflanzen- und Wurzelreste auf. Aufgrund dessen wurde für Oberbodenmieten der maximale Böschungswinkel, der für bindige Unterbodenmaterialien bei 45° verwendet wurde, auf 40° reduziert.

Auch bei den potenziellen Versauerungsböden handelt es sich in 3 Fällen um bindiges Unterbodenmaterial, in einem Fall um Sand. Es wurde für Mieten aus Versauerungsböden ein mittlerer Böschungswinkel von 45° verwendet.

Zusammenfassend kamen folgende Böschungsneigungen für die Haufwerke zur Zwischenlagerung des Aushubs zur Anwendung:

Oberboden	40°
Unterboden, bindig	45°
Unterboden, sandig	35°
Unterboden, Torfe	25°
Sulfatsaure Böden	45°

### **Maximalhöhe der Haufwerke**

Es wurde eine Maximalhöhe für Oberbodenmieten von 2 m und für Unterbodenmieten von 3 m berücksichtigt. Mieten, welche die Maximalhöhe nicht erreichen, haben eine dreieckige Querschnittsfläche. Die Höhe und Breite einer Miete mit dieser Geometrie kann bei vorgegebener Querschnittsfläche und Böschungsneigung berechnet werden. Würde die Mietenhöhe die Maximalhöhe übersteigen, wurde ein Trapezquerschnitt mit der genannten Maximalhöhe und der bodenartspezifischen Böschungsneigung zugrunde gelegt.

## Abstand zwischen Haufwerk und Kabelgraben

Zwischen dem Rand des Kabelgrabens (Oberbodenaushub) und dem Böschungsfuß des am nächsten gelegenen Haufwerks wurde aus Standsicherheitsgründen ein Abstand in Höhe der Mächtigkeit des Oberbodensaushubs eingehalten (vgl. Abbildung 7).

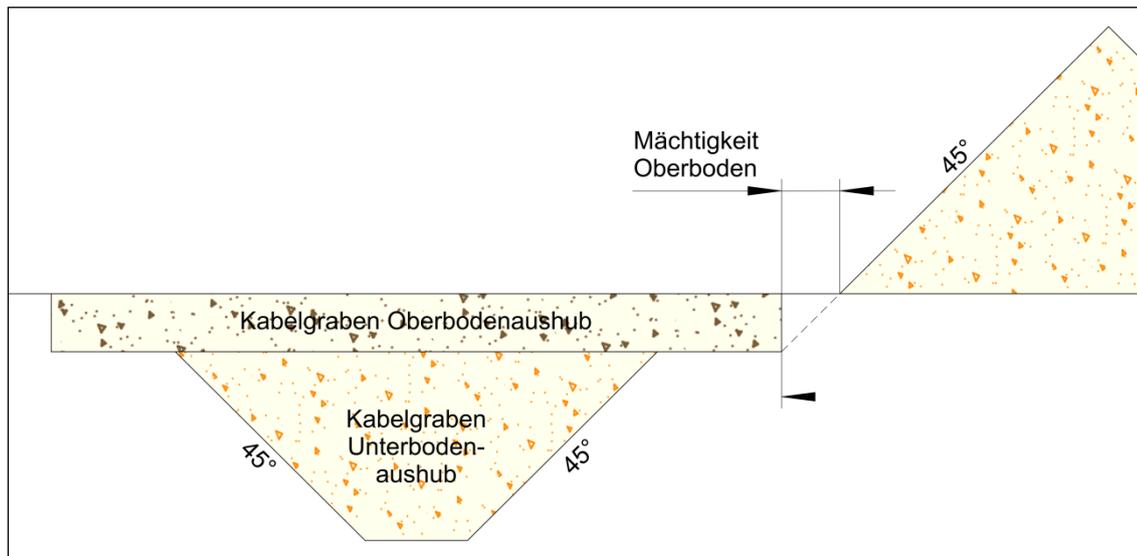


Abbildung 7: Berücksichtigter Abstand zwischen Haufwerk und Kabelgraben

## Zusätzlicher Abstand zwischen den Mieten

Abweichungen von der regelmäßigen geometrischen Form des Querschnitts führen in jedem Fall zu einem höheren Platzbedarf. Weiterhin muss eine saubere Trennung der Bodenmaterialien gewährleistet werden. Deshalb wurde ein Sicherheitsabstand von 0,5 m zwischen jeweils 2 benachbarten Mieten bei der Berechnung des Platzbedarfs berücksichtigt.

## 9.2 Berücksichtigung der räumlichen Gegebenheiten im Trassenverlauf

Die in Abschnitt 9.1 dargestellten Berechnungen wurden für die Untersuchungspunkte der Bodenkartierung durchgeführt. Diese Ergebnisse waren auf den lückenlosen Trassenverlauf zu beziehen. Dabei waren Trassenabschnitte, in denen kein Bodenaushub vorgesehen ist, weil das Kabel im HDD- oder Pressverfahren verlegt wird, besonders zu berücksichtigen.

### 9.2.1 Zuordnung der Punktdaten zu Trassenabschnitten

Die Ergebnisse der beschriebenen Auswertung liegen für die 428 Untersuchungspunkte der Bodenkartierung vor. Diese Punktdaten wurden auf die Systemachse der geplanten Trasse lückenlos übertragen. Hierzu wurde zunächst die Systemachse der geplanten Kabeltrasse linear refe-

renziert anhand der Stationierung des aktuellen Planungsstandes. Im Ergebnis kann jeder Punkt auf der geplanten Trassenführung eindeutig anhand seiner Stationierung beschrieben werden. Die Punktdaten der Untersuchungspunkte wurden anschließend lückenlos auf die stationierte Systemachse übertragen. Dabei wurden für jeden Punkt auf der Systemachse die Berechnungsergebnisse (Anzahl Mieten, Mietenbreite, Mietenhöhe, Mietenquerschnittsfläche) des am nächsten gelegenen Untersuchungspunktes übernommen. Die genannten Attribute wechseln somit genau in der Mitte der Strecke zwischen zwei Untersuchungspunkten (vgl. Abbildung 8).

### 9.2.2 Berücksichtigung der nicht kartierten Trassenabschnitte

Den Abschnitten der Landtrasse nordwestlich des Kartierabschnittes 2 bei Station -350 m bis 3+550 m und zwischen den beiden Kartierabschnitten 1 und 2 bei Station 7+050 m bis 15+200 m wurden folgende Daten zugeordnet:

Station -350 m bis 3+550 m	Anzahl Mieten = 2 Oberbodenmächtigkeit = 0,3 m Mächtigkeit sandiger Unterboden = 1,4 m Breite Oberbodenmiete = 3,00 m Breite Unterbodenmiete (sandiges Material) = 4,75 m Breite gesamt = 9,00 m
----------------------------	---

Station 7+050 m bis 15+200m	Anzahl Mieten = 2 Oberbodenmächtigkeit = 0,4 m Mächtigkeit sandiger Unterboden = 1,3 m Breite Oberbodenmiete = 3.45 m Breite Unterbodenmiete (sandiges Material) = 4,45 m Breite gesamt = 9,30 m
-----------------------------	---

### 9.2.3 Berücksichtigung der HDD-Abschnitte

Die in Kapitel 9.1 beschriebene Auswertung erfolgte zunächst für den Verlauf der Landtrasse ohne Berücksichtigung der Lage der geplanten Horizontalbohrungen (HDD). Auf Trassenabschnitten mit geplanten Horizontalbohrungen entfällt der Bodenaushub, somit besteht in diesen Abschnitten kein Bedarf zur Zwischenlagerung von Bodenaushub. Die HDD-Abschnitte (keine offene Bauweise) wurden deshalb aus dem Trassenverlauf entfernt, so dass lediglich die Abschnitte mit offener Bauweise (Kabelgraben) in den Ergebnissen für den Kabelgraben verbleiben (vgl. Abbildung 8). Dabei wurde der aktuelle Planungsstand berücksichtigt [8].

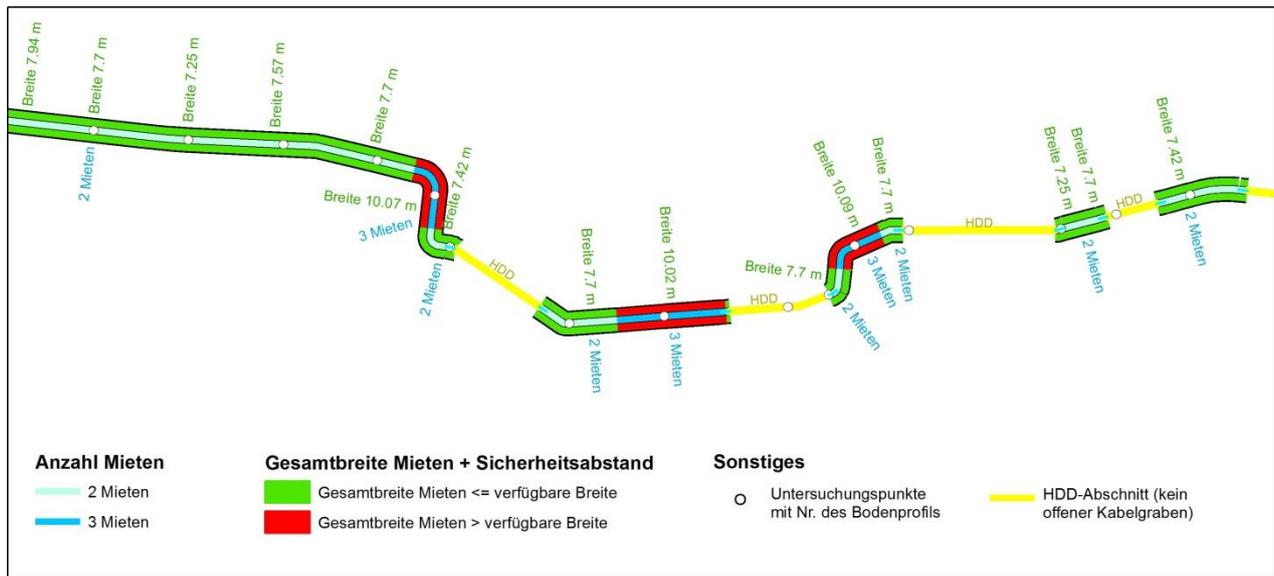


Abbildung 8: Trassenverlauf mit Attributen „Anzahl Mieten“ und „Gesamtbreite Mieten“ nach Ausschluss der HDD-Abschnitte

### 9.3 Ergebnisse

Die Trasse wurde von der Station 0 bis zur Station 53+520 m ausgewertet. Dabei entfallen 29,0 % der Strecke auf Abschnitte, in denen kein Aushub vorgesehen ist (HDD-Abschnitte). Dem entspricht eine Trassenlänge von ca. 15.490 m. In den Abschnitten mit offener Bauweise (Kabelgraben, Länge in Summe ca. 38.030 m) ist der Aushub über eine Länge von insgesamt 32.020 m lediglich in Ober- und Unterboden zu trennen (2 Haufwerke). Dem entsprechen 59,8 % der Gesamtstrecke bzw. 84,2 % der Strecke mit offener Bauweise. Auf der restlichen Strecke von insgesamt ca. 6.010 m Länge ist eine weitere Trennung des Unterbodens in 2 Lager erforderlich (Dreifach-Bodentrennung). Dies betrifft 11,2 % der Gesamtstrecke bzw. 15,8 % der Strecke mit offener Bauweise.

2fach-Trennung	32.020 m	84,2 %
3fach-Trennung	6.010 m	15,8 %

Die berechneten Gesamtbreiten verteilen sich wie folgt:

Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung für die Gesamtbreite der Bodenmieten zur Zwischenlagerung des Aushubs im untersuchten Trassenverlauf

Mietenbreite insgesamt (von ... bis)	Streckenlänge [m]	Anteil (nur offene Bauweise) [%]	Summenhäufigkeit [%]
≤6,0 m	0	0,0	0,0
>6,0 ... 7,0 m	640	1,7	1,7
>7,0 ... 8,0 m	21.360	56,1	57,8
>8,0 ... 9,0 m	10.100	26,6	84,4
>9,0 ... 10,0 m	2.420	6,4	90,8
>10,0 ... 11,0 m	3.510	9,2	100
>11,0 m	0	0,0	100
<b>Summe</b>	<b>38.030</b>	<b>100</b>	-

#### 9.4 Vergleich der erforderlichen Lagerungsbreiten mit dem verfügbaren Platz auf dem Arbeitsstreifen

##### Arbeitsstreifen mit 20 m Breite

Der Arbeitsstreifen, innerhalb dessen das Kabel verlegt und der Aushub gelagert werden muss, ist im Regelfall 20 m breit. Mit der aktuellen Planung liegt ein Standard-Prinzipschnitt durch den Arbeitsstreifen vor, aus dem die für die Zwischenlagerung des Aushubs verfügbare Breite abgeleitet werden kann (Abbildung 9). Es resultiert eine verfügbare Breite für die Bodenlagerung von rund 10 m (12 m abzüglich 0,35 m für die halbe Sohlbreite und 1,7 m für die Böschung des Kabelgrabens).

Standard Arbeitsstreifen - Normalboden

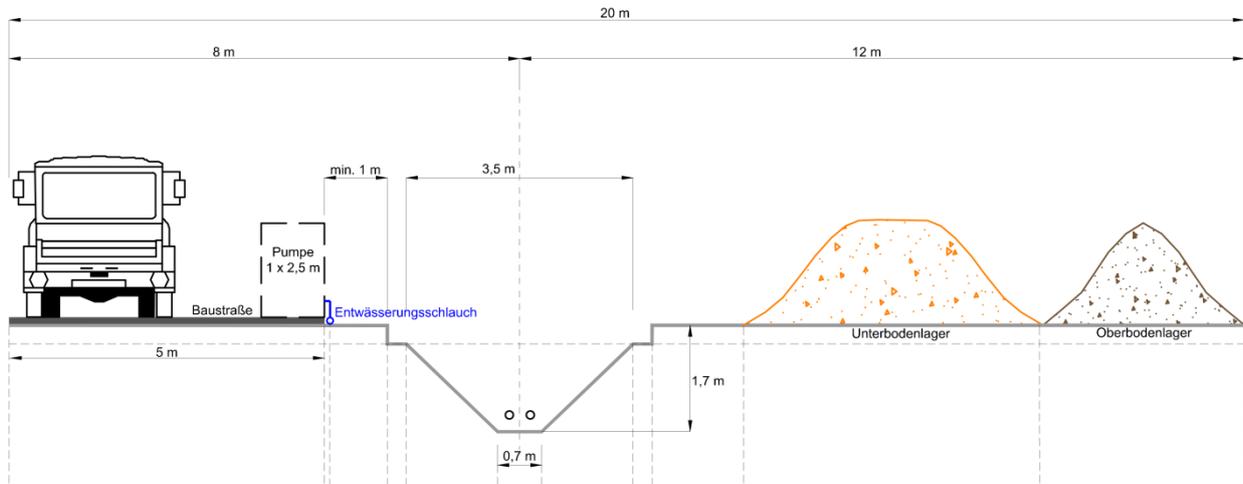


Abbildung 9: Prinzipschnitt Standard-Arbeitsstreifen - Normalboden (ABB, 14.09.2016, NL-BD-CI-TYP-0001-Rev4 - Normalboden) [6]

Der verfügbare Platz unterscheidet sich bei Einschränkungen bezüglich des Arbeitsstreifens aufgrund parallel verlaufender Infrastruktur (vgl. Abbildung 10). Hier steht für das Unterbodenlager eine Breite von rund 6 m zur Verfügung (8 m abzüglich 0,35 m für die halbe Grabensohle und 1,7 m für die Grabenböschung). Für das Oberbodenlager steht eine Breite von ca. 4 m zur Verfügung (12 m abzüglich 0,35 m für die halbe Grabensohle und 1,7 m für die Grabenböschung und 6 m für die Baustraße). Hier stehen damit ebenfalls insgesamt etwa 10 m zur Bodenlagerung zur Verfügung.

Arbeitsstreifen - parallel zu Infrastruktur (Pipeline, Strasse, Kabel etc.) mit Lagerplatz

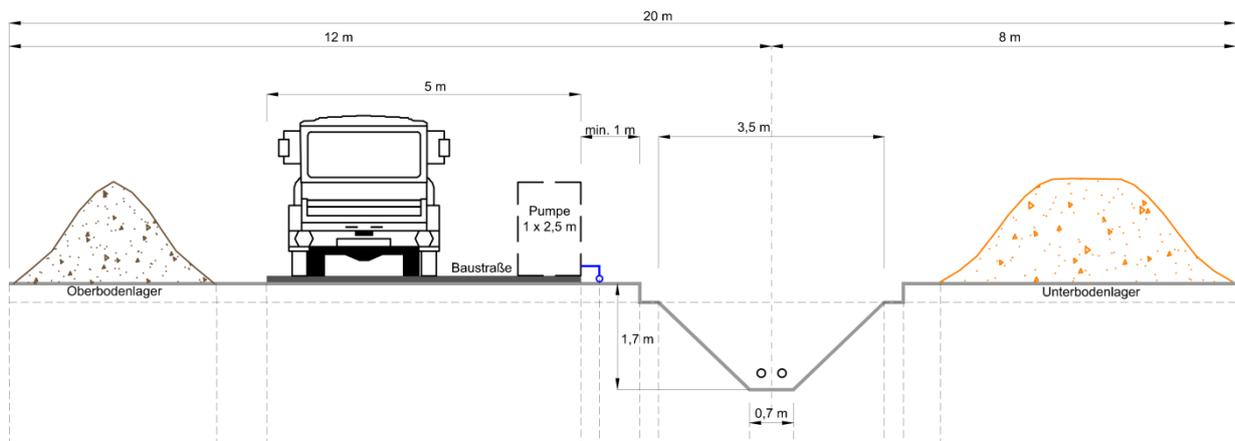


Abbildung 10: Prinzipschnitt Arbeitsstreifen - parallel zu Infrastruktur (Pipeline, Straße, Kabel etc.) mit Lagerplatz (ABB, 14.09.2016, NL-BD-CI-TYP-0016-Rev5) [6]

## Arbeitsstreifen mit zusätzlicher Erweiterung zur Mehrfach-Bodentrennung

Mit der aktuellen Planung wurden Trassenabschnitte benannt, in denen eine Erweiterung der Breite des Arbeitsstreifens um 3 bis 5 m aufgrund zu erwartender Bodenmehrfachtrennung oder schwieriger Bodenverhältnisse erforderlich ist. Die entsprechenden Trassenabschnitte und Erweiterungsbeträge wurden im GIS verarbeitet und bei der Überprüfung des verfügbaren Lagerplatzes zusätzlich zu der Breite von 10 m berücksichtigt.

Auf insgesamt ca. 46.320 m der Trasse sind keine Erweiterungen des eventuell vorhandenen Arbeitsstreifens vorgesehen. Hier beträgt die für die Lagerung des Bodenaushubs verfügbare Breite 10 m. Auf einer Gesamtstrecke von ca. 60 m ist eine Erweiterung des Arbeitsstreifens um 3 m Breite vorgesehen, auf einer Gesamtstrecke von ca. 400 m um 4 m und auf einer Gesamtstrecke von ca. 6.740 m um 5 m.

## Ergebnisse

Die verfügbare Breite auf dem Arbeitsstreifen reicht auf insgesamt 35.590 m der Trassenführung für die Zwischenlagerung des Bodens aus. Auf insgesamt 2.440 m der Trassenführung wurde ein größerer Platzbedarf berechnet als die auf dem Arbeitsstreifen verfügbare Breite.

## 10 Ermittlung des Platzbedarfes für die Lagerung des Bodenaushubs für die HDD-Schutzrohrablage

Die Achsen der Horizontalbohrungen liegen in HDD-Abschnitten ca. 2 m voneinander entfernt, während die Kabel in den sich anschließenden offenen Kabelgräben im Abstand von 0,7 m voneinander verlegt werden. Außerdem durchörtern die HDD den Boden in größerer Tiefe als die Sohlage des Kabelgrabens. Im Übergangsbereich zwischen Kabelgraben im Normalquerschnitt und HDD ist deshalb jeweils eine Erweiterung des Kabelgrabens erforderlich. Der in diesen Bereichen zusätzlich anfallende Bodenaushub muss zusätzlich zum Aushub des Kabelgrabens zwischengelagert werden.

### 10.1 Methodik

Die Berechnung des Platzbedarfes für die Zwischenlagerung von Bodenaushub erfolgte analog zur Vorgehensweise für den Aushub aus dem offenen Kabelgraben (vgl. Kapitel 9.1).

### 10.2 Lage der Baugruben für die HDD-Schutzrohrablage

Die Lage der Start- und Zielgruben resultiert aus dem Anfangs- und Endpunkt jeder geplanten HDD-Strecke. Diese wurden aus der aktuellen Planung übernommen [8].

### 10.3 Geometrie der Start- und Zielgruben

Die Start-/Zielgruben werden mit einer Länge von 9 m mit Sohlbreite 2,7 m, Böschungsneigung 45° und Oberbodenaushub über eine Breite von 6,1 m berücksichtigt. Diese mittleren Abmessungen entsprechen der aktuellen Planung (vgl. Abbildung 11 bis Abbildung 13).

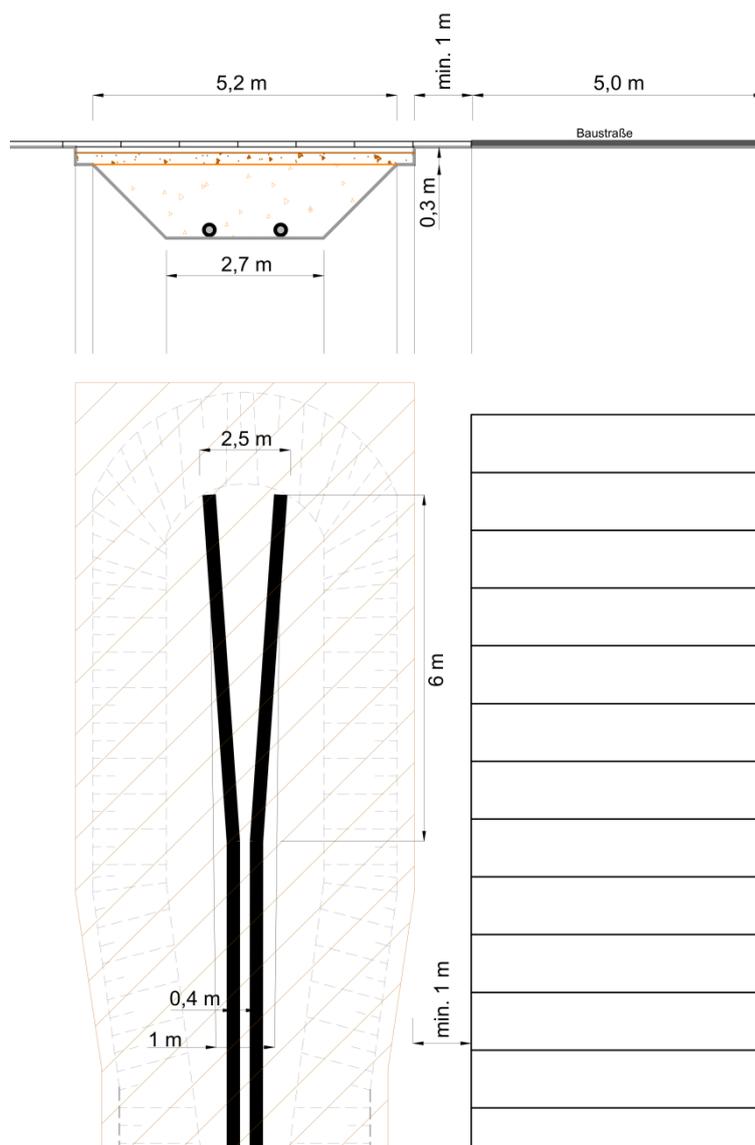


Abbildung 11: Platzbedarf für HDD-Schutzrohr-Ablage (ABB, 14.09.2016, NL-BD-CI-TYP-Rev5-  
Platzbedarf für HDD-Schutzrohr-Ablage)

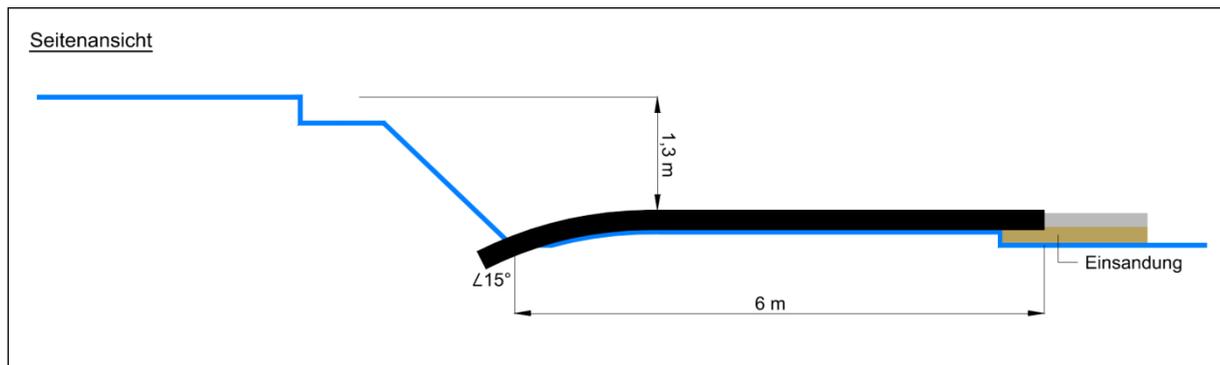


Abbildung 12: Platzbedarf für HDD-Schutzrohr-Ablage, Seitenansicht (ABB, 14.09.2016, NL-BD-CI-TYP-Rev5-Platzbedarf für HDD-Schutzrohr-Ablage)

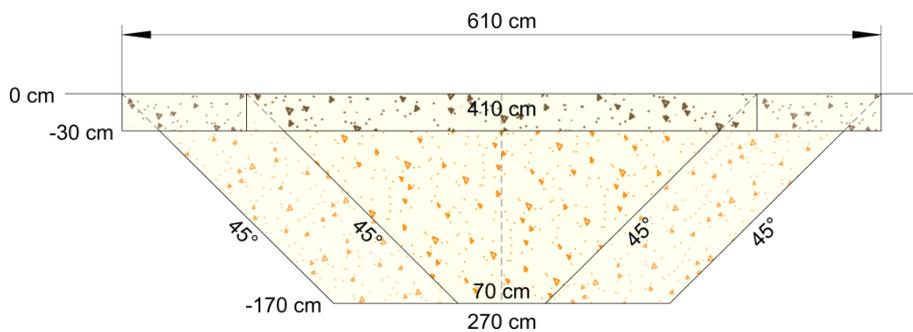


Abbildung 13: Berücksichtigtes Normal-Querprofil für den Bereich der HDD-Schutzrohrablage (mit eingezeichnetem Profil des Kabelgrabens)

#### 10.4 Geometrie der Bodenmieten

Der Aushub wird ebenso wie der Aushub des Kabelgrabens in Form von Bodenmieten abgelegt. Für die Mieten wurden zur Berechnung des Platzbedarfes dieselbe geometrische Form berücksichtigt wie für die Mieten entlang des Kabelgrabens (Maximalhöhe Oberbodenmiete 2 m und Unterbodenmiete 3 m, Böschungsneigungen entsprechend Kapitel 9.1.3). Zwischen zwei benachbarten Mieten wurde ein Mindestabstand von 0,5 m angesetzt zur sauberen Trennung der Materialien. Der Abstand zwischen der Baugrube und dem unmittelbar benachbarten Haufwerk beträgt 1 m (vgl. Abbildung 11).

#### 10.5 Ergebnisse

Von den 436 Baugruben im Bereich der HDD-Schutzrohrablage liegen 362 in Abschnitten, in denen der Boden lediglich in Ober- und Unterboden getrennt werden muss. 74 Baugruben liegen in Abschnitten, in denen der Unterboden zusätzlich separiert werden muss (3fach-Bodentrennung).

Die berechneten Breiten, die für die Haufwerke zur Zwischenlagerung erforderlich sind, sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Darin sind die Zwischenabstände zwischen den Haufwerken und Sicherheitsabstände zur Baugrube enthalten. Ist der Boden in 2 Haufwerke zu trennen, ist eine Lagerungsbreite von maximal 11 m erforderlich. Bei Trennung in 3 Haufwerke wird eine Lagerungsbreite zwischen 11 m und 15 m benötigt.

Tabelle 7: Berechnete Breite für die Zwischenlagerung des Bodenaushubs im Bereich der Baugruben für die HDD-Schutzrohrablage

Mietenbreite insgesamt (von ... bis)	Anzahl	Anteil [%]	Summenhäufigkeit [%]
≤8,0 m	0	0,0	0,0
>8,0 ... 9,0 m	4	0,9	0,9
>9,0 ... 10,0 m	249	57,1	58,0
>10,0 ... 11,0 m	109	25,0	83,0
>11,0 ... 12,0 m	0	0,0	83,0
>12,0 ... 13,0 m	30	6,9	89,9
>13,0 ... 14,0 m	34	7,8	97,7
>14,0 ... 15,0 m	10	2,3	100
>15,0 m	0	0,0	100
<b>Summe</b>	<b>436</b>	<b>100</b>	-

### 10.6 Vergleich der erforderlichen Lagerungsbreiten mit dem verfügbaren Platz auf dem Arbeitsstreifen

#### Vorgehensweise

Die Breite des Bodenaushubs ist im Bereich der Baugruben für die HDD-Schutzrohrablage 2 m größer als im Bereich des restlichen Kabelgrabens. Die Breite des Arbeitsstreifens links und rechts der Systemachse ist damit im Vergleich zum normalen Kabelgraben um jeweils 1 m kleiner. Damit steht für die Lagerung von Bodenmaterial auf einem 20 m breiten Arbeitsstreifen ein ca. 9 m breiter Streifen zur Verfügung. Da diese Breite für die Lagerung nicht ausreichen wird und ggf. auch für weitere Zwecke genutzt werden muss, ist i. d. R. ein Transport von Boden parallel zur Trasse zur optimalen Nutzung des verfügbaren Platzes auf dem Arbeitsstreifen erforderlich.

Die optimale Nutzung des verfügbaren Platzes kann nur vor Ort für jede konkrete Baugrube vorgenommen werden. Deshalb wird bei der folgenden Betrachtung ein Transport von Boden in Trassenrichtung nicht berücksichtigt, sondern wie beim restlichen Kabelgraben ausschließlich davon ausgegangen, dass der Aushub unmittelbar neben der Baugrube abgelagert wird. Dabei wird von einem 20 m breiten Arbeitsstreifen ausgegangen und in den Bereichen mit geplanter Erweiterung des Arbeitsstreifens die dort geplante zusätzliche Breite berücksichtigt (vgl. Abschnitt 9.4).

**Ergebnisse**

Die berechneten Gesamtbreiten für die Haufwerke im Bereich der HDD-Schutzrohrablage ist in den meisten Fällen größer als die auf dem Arbeitsstreifen verfügbare Breite (Tabelle 8). Nur in 61 von 436 Fällen reicht der Platz auf dem Arbeitsstreifen aus. Dabei wurde eine eventuell vorgesehene abweichende Nutzung dieser Flächen nicht berücksichtigt. Damit wird deutlich, dass eine optimale Verteilung des Aushubs zur Zwischenlagerung mittels Transport in Trassenrichtung über geringe Distanzen in den betreffenden Fällen erforderlich ist, wenn die Grenzen des Arbeitsstreifens nicht überschritten werden sollen.

Tabelle 8: Differenz zwischen verfügbarer Breite auf dem Arbeitsstreifen und erforderlicher Gesamtbreite beim Aushub der Baugruben zur HDD-Schutzrohrablage

Defizit (Differenz Verfügbare Breite - Mietenbreite)	Anzahl	Anteil [%]	Summenhäufigkeit [%]
>5 m	7	1,6	1,6
5...>4 m	28	6,4	8
4...>3 m	24	5,5	13,5
3...>2 m	0	0,0	13,5
2...>1 m	109	25,0	35,5
1...>0 m	207	47,5	86,0
Breite ausreichend	61	14,0	100
<b>Summe</b>	<b>436</b>	<b>100</b>	-

## 11 Ermittlung des Platzbedarfes für die Lagerung des Bodenaushubs aus den Muffenbaugruben

Die Muffenmontage erfolgt in für diesen Zweck zu errichtenden Baugruben. Der Bodenaushub wird hier mit größerer Breite und Tiefe durchgeführt. Im Bereich der Muffenbaugruben fällt somit Bodenaushub in größerem Volumen als am übrigen Kabelgraben an, der bis zum Wiedereinbau in Bodenmieten nach Bodenarten getrennt zwischengelagert werden muss.

Die Muffenmontage erfolgt unabhängig von den Verlegearbeiten für das Kabel, der Kabelgraben kann zum Zeitpunkt der Muffenmontage bereits vollständig oder in Abschnitten wieder verfüllt worden sein. In diesen Fällen kann die Fläche des wiederverfüllten Kabelgrabens für die Zwischenlagerung des Bodenaushubs der Muffenbaugrube genutzt werden. Die Platzverhältnisse sind von der Zeit und den lokalen Verhältnissen im Bereich der Muffenbaugrube abhängig und können nicht vorab eingeschätzt werden.

### 11.1 Methodik

Die Berechnungen erfolgten mit der für den Kabelgraben beschriebenen Methodik (siehe Kapitel 9.1).

Bei der Volumenermittlung wurde die Geometrie der Muffenbaugruben berücksichtigt. Abweichend zur Zwischenlagerung des Aushubs aus dem Kabelgraben wurde kein zusätzlicher Abstand zwischen zwei Mieten berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass aufgrund des Platzmangels im Bereich der Muffenbaugruben mit Geo-Vlies zur sauberen Trennung unterschiedlicher Böden gearbeitet wird. Weiterhin wurde im Bereich der Muffenbaugruben eine Maximalhöhe für die Haufwerke von 2 m für den Oberboden und 3 m für den Unterboden angesetzt, da gemäß Leitfaden Bodenschutz an Linienbaustellen [2] und in Abstimmung mit dem LLUR in Ausnahmefällen von der Maximalhöhe von 2 m abgewichen werden kann.

### 11.2 Standorte der Muffenbaugruben

Die geplanten Standorte der 48 Muffenbaugruben wurden dem aktuellen Planungsstand (ABB, Stand Dezember 2016) entnommen. Den Muffenbaugruben im Bereich der beiden Kartierabschnitte der Bodenkartierung wurden die Ergebnisse des jeweils nächstgelegenen Untersuchungspunktes zugeordnet. Außerhalb der Kartierabschnitte wurden die in Kapitel 9.1.1 genannten Bodenverhältnisse angenommen.

### 11.3 Geometrie der Muffenbaugruben

Es wurde die Normalgeometrie einer Baugrube zur Muffenmontage entsprechend des aktuellen Planungsstandes für die Berechnungen des Aushubvolumens herangezogen (Method Statement Erstellung Muffengrube, ABB 27.09.2016 [9]).

Sohlbreite	5 m
Böschungsneigung	45°
Muffengrubentiefe	angepasst an örtliche Gegebenheiten
Breite Oberbodenaushub	resultiert aus der Muffengrubentiefe und der Böschungsneigung

Die geplanten, an die örtlichen Gegebenheiten angepassten Muffengrubentiefen wurden für jede Muffengrube aus der Ausführungsplanung entnommen [8].

Die Abbildung 14 zeigt die geplante Geometrie einer Standard-Muffengrube.

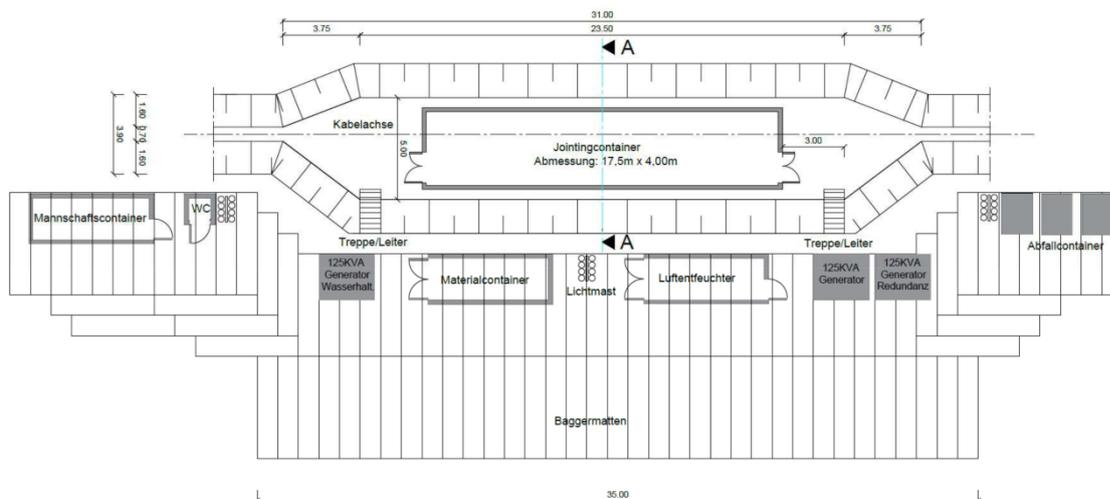


Abbildung 14: Normalgeometrie Muffenbaugrube

Der Querschnitt mit angepasster Tiefe und der genannten Sohlbreite und Böschungsneigung wird über eine Länge von 23,5 m hergestellt. An den beiden Enden vermittelt der dargestellte Querschnitt über eine Strecke von jeweils 3,75 m zum Querschnitt des angrenzenden Kabelgrabens. Für Volumenberechnungen zum Aushub ist deshalb der dargestellte Querschnitt über eine Länge von insgesamt  $23,5 \text{ m} + 2 \cdot (3,75 \text{ m} / 2) = 27,25 \text{ m}$  zu berücksichtigen.

### 11.4 Geometrie der Bodenmieten

Es wurde wie beim Kabelgraben von einem dreieckigen Querschnitt des Haufwerks ausgegangen unter Berücksichtigung der dort beschriebenen Böschungsneigungen (vgl. Kapitel 9.1.3). Übersteigt die Höhe des dreieckigen Querschnitts die Maximalhöhe, wurde ein trapezförmiger Querschnitt zugrunde gelegt. Es wurde eine Maximalhöhe von 2 m für den Oberboden und von 3 m für den Unterboden berücksichtigt. Eine Schüttung bis auf diese Höhe ist laut Leitfaden zum Bodenschutz auf Linienbaustellungen [2] in Ausnahmefällen möglich.

#### Abstand zwischen Haufwerk und Muffenbaugrube

Zur Gewährleistung der Standsicherheit wurde ein Abstand zwischen dem Rand der Baugrube und dem Böschungsfuß des nächsten Haufwerks berücksichtigt (Zwischenberme). Als Abstand wurde die Höhe des Oberbodenaushubs angesetzt.

#### Zusätzlicher Abstand zwischen den Mieten

Im Bereich der Muffenbaugruben wurde wie auch beim Kabelgraben ein Zwischenraum zwischen den Bodenmieten von 0,5 m zur sauberen Trennung des Materials berücksichtigt.

### 11.5 Ergebnisse

#### Breite der Haufwerke bei trassenparalleler Ablagerung

Die berechneten Breiten für die Zwischenlagerung von Bodenaushub sind in Tabelle 9 für den Fall zusammengefasst, dass keine Transporte in Trassenrichtung stattfinden, sondern dass der Aushub lediglich neben der Muffenbaugrube abgelegt wird.

Tabelle 9: Häufigkeitsverteilung der erforderlichen Breite für die Bodenmieten zur trassenparallelen Zwischenlagerung des Aushubs aus den Muffenbaugruben

Mietenbreite insgesamt (von ... bis)	Anzahl	Anteil [%]	Summenhäufigkeit [%]
≤6 m	0	0	0
>6...10 m	4	8	8
>10...12 m	23	48	56
>12...14 m	15	31	88
>14...18 m	6	13	100
>18 m	0	0	100
<b>Summe</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	-

## Verfügbare Breite auf dem Arbeitsstreifen

Die verfügbare Breite auf dem Arbeitsstreifen kann überschlägig anhand der Geometrie der Baugrube ermittelt werden. Aus der Sohlbreite, der Böschungsneigung und einer mittleren Tiefe von 1,7 m resultiert eine mittlere Breite einer Muffenbaugrube von ca. 8,3 m. Der Kabelgraben ist ca. 4,1 m breit. Demnach ist neben einer Muffenbaugrube etwa 4,2 m weniger Platz für die Lagerung von Boden auf dem Arbeitsstreifen. Es resultiert eine verfügbare Breite auf einem 20 m breiten Arbeitsstreifen von ca. 5,8 m. Die geplanten Erweiterungen des Arbeitsstreifens im Bereich von Muffenbaugruben [8] dienen größtenteils der Baustelleneinrichtung und können deshalb nicht zur Zwischenlagerung von Bodenmaterial verwendet werden.

## Bewertung der Platzverhältnisse

Anhand der berechneten Gesamtbreite für die Zwischenlagerung von Bodenaushub (Tabelle 9) kann geschlossen werden, dass ein 20 m breiter Arbeitsstreifen keinen ausreichenden Platz bietet für die parallele Zwischenlagerung von Bodenaushub. Deshalb ist geplant, den Aushub im Bereich vor und nach der Muffenbaugrube, teilweise auch auf dem bereits wiederverfüllten Kabelgraben, zwischenzulagern [8]. Eine Optimierung der Platzverhältnisse kann nur einzelfallweise unter Berücksichtigung der räumlichen Gegebenheiten erfolgen. Deshalb wird als Ergebnis der durchgeführten Berechnungen für die Muffenbaugruben lediglich die Gesamtfläche angegeben, die für die Zwischenlagerung des Bodenaushubs erforderlich ist. Die Gesamtfläche resultiert aus der berechneten Gesamtbreite der Haufwerke einschließlich Sicherheitsabstände zwischen den Haufwerken, multipliziert mit der effektiven Länge der Muffenbaugrube von 27,25 m. Zusätzlicher Platzbedarf zur sicheren Trennung von Haufwerken, der sich aufgrund der konkreten räumlichen Bedingungen ergeben kann, wurde nicht berücksichtigt.

Im Mittel beträgt die erforderliche Lagerfläche 320 m<sup>2</sup>, sie liegt bei allen Muffenbaugruben zwischen 190 m<sup>2</sup> und 460 m<sup>2</sup>. Die Häufigkeitsverteilung der berechneten erforderlichen Lagerfläche ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der erforderlichen Lagerfläche für die Bodenmieten zur Zwischenlagerung des Aushubs aus den Muffenbaugruben

Lagerfläche insgesamt (von ... bis)	Anzahl	Anteil [%]	Summen- häufigkeit [%]
≤150 m <sup>2</sup>	0	0	0
>150...200 m <sup>2</sup>	1	2	2
>200...250 m <sup>2</sup>	3	6	8
>250...300 m <sup>2</sup>	9	19	27
>300...350 m <sup>2</sup>	28	58	85
>350...400 m <sup>2</sup>	4	8	94
>400...450 m <sup>2</sup>	2	4	98
>450...500 m <sup>2</sup>	1	2	100
>500 m <sup>2</sup>	0	0	100
<b>Summe</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	-

## 12 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Eine Übersicht über den gesamten Trassenverlauf zeigt Anlage 3. Bei den grün dargestellten Sondierungen wird der zur Verfügung stehende Platz als ausreichend eingeschätzt. Hier sind maximal 2 Mieten erforderlich (Oberboden- und Unterbodenmieten). An den rot gekennzeichneten Standorten ist aufgrund wechselnder Bodenverhältnisse im Untergrund die Anlage einer dritten Miete erforderlich. Hier überschreitet die Gesamtbreite der Mieten einschließlich Sicherheitsabstand die zur Verfügung stehende Ablagerungsfläche.

Die detaillierten Ergebnisse der Auswertung werden mittels Trassenabschnittskarten im Maßstab 1:2.000 dargestellt (siehe Anlage 4). Aus den Karten kann neben der benötigten Ablagerungsbreite auch die Anzahl der erforderlichen Mieten sowie der zusätzlich erforderliche Flächenbedarf im Bereich der Muffenstandorte entnommen werden.

Die jeweils den Trassenabschnittskarten zugrunde liegenden Daten können Tabelle 8 entnommen werden.

Tabelle 11: Unterteilung der Trassenabschnittskarten

Kilometrierung	Blattnummern	Auswertungsgrundlagen
0+000 bis 3+500	2 bis 7	Bodenprofile LLUR (siehe Tabelle 4)
3+500 bis 7+000	7 bis 12	Bodenprofile 501 bis 534 (Bodenkartierung 2. Etappe)
7+000 bis 15+200	13 bis 23	Bodenprofile LLUR (siehe Tabelle 5)
15+200 bis 53+500	23 bis 83	Bodenprofile 1 bis 394 (Bodenkartierung 1. Etappe)

Die Profile der zweiten Kartier-Etappe wurden zur Unterscheidung von denen der ersten Kartier-Etappe neu durchnummeriert (Profile 501 bis 534). Die Standorte der Bodenprofile des LLUR, die zur Einschätzung des Bodenaufbaus herangezogen wurden, können ebenfalls den Karten entnommen werden. An den Profilstandorten ist jeweils die Originalbezeichnung des Datenbestandes entsprechend Tabelle 4 und Tabelle 5 (Datenfeld LFDNR) angetragen.

Ergänzend zur kartographischen Ergebnisdarstellung sind in den nachfolgenden Tabellen alle Profile aufgelistet, bei denen infolge eines Substratwechsels im Unterboden drei Bodenmieten zur Ablagerung erforderlich sind.

Tabelle 12: Profilstandorte mit Wechsellagerung bindiger Böden und Sand (3 Bodenmieten)

Lfd-Nr.	Abschnitt	PROFIL_ID	RECHTS	HOCH	BOHRUNG
1	1	28	3502641,99	5996143,87	BSS/17+900
2	1	29	3502702,72	5996080,26	BSS/17+990
3	1	30	3502738,43	5996032,04	BSS/18+050
4	1	31	3502771,87	5995970,82	BSS/18+120
5	1	96	3504884,09	5990831,48	BSS/24+505
6	1	98	3504908,98	5990658,28	BSS/24+700
7	1	99	3504912,50	5990558,33	BSS/24+800
8	1	100	3504910,83	5990478,49	BSS/24+880
9	1	101	3504878,60	5990363,85	BSS/25+000
10	1	102	3504870,44	5990264,18	BSS/25+100
11	1	103	3504862,27	5990164,52	BSS/25+200
12	1	105	3504851,57	5989964,81	BSS/25+400

Lfd-Nr.	Abschnitt	PROFIL_ID	RECHTS	HOCH	BOHRUNG
13	1	106	3504846,61	5989864,94	BSS/25+500
14	1	143	3505638,28	5986574,98	BSS/29+200
15	1	263	3510891,76	5977094,03	BSS/41+000
16	1	274	3511945,43	5976947,94	BSS/42+080
17	1	277	3512186,12	5976820,33	BSS/42+400
18	1	280	3512385,88	5976894,77	BSS/42+640
19	1	285	3513353,18	5976888,51	BSS/43+620
20	1	294	3514054,93	5976702,59	BSS/44+400
21	1	333	3517073,99	5976096,00	BSS/47+870
22	1	337	3517376,45	5976163,92	BSS/48+180
23	1	347	3518267,84	5976044,25	BSS/49+080
24	1	377	3521071,33	5975864,68	BSS/51+900
25	2	503	3492368,12	6001863,95	BSS/3+800
26	2	504	3492466,98	6001879,02	BSS/3+900
27	2	505	3492565,84	6001894,08	BSS/4+000
28	2	507	3492759,29	6001934,49	BSS/4+200
29	2	508	3492865,74	6001955,02	BSS/4+320
30	2	509	3492944,23	6001951,68	BSS/4+400
31	2	510	3493043,68	6001960,50	BSS/4+500
32	2	511	3493143,65	6001962,47	BSS/4+600
33	2	512	3493243,63	6001960,56	BSS/4+700
34	2	514	3493441,20	6001929,49	BSS/4+900
35	2	516	3493638,77	6001898,41	BSS/5+100
36	2	517	3493737,56	6001882,87	BSS/5+200
37	2	518	3493836,69	6001869,80	BSS/5+300
38	2	519	3493935,91	6001857,34	BSS/5+400
39	2	520	3494035,13	6001844,87	BSS/5+500
40	2	521	3494134,61	6001838,28	BSS/5+600
41	2	525	3494385,73	6001609,01	BSS/6+000
42	2	526	3494478,09	6001570,67	BSS/6+100

Lfd-Nr.	Abschnitt	PROFIL_ID	RECHTS	HOCH	BOHRUNG
43	2	527	3494570,45	6001532,32	BSS/6+200
44	2	528	3494662,80	6001493,99	BSS/6+300
45	2	530	3494848,76	6001425,90	BSS/6+500

Tabelle 13: Profilstandorte mit Wechsellagerung bindiger Böden und Torf (3 Bodenmieten)

Lfd-Nr.	Abschnitt	PROFIL_ID	RECHTS	HOCH	BOHRUNG
1	1	155	3506213,20	5985508,44	BSS/30+500
2	1	157	3506234,87	5985309,62	BSS/30+700
3	1	165	3506347,86	5984509,05	BSS/31+530
4	1	167	3506404,35	5984348,71	BSS/31+700
5	1	169	3506447,54	5984226,10	BSS/31+830
6	1	170	3506475,78	5984145,92	BSS/31+915
7	1	172	3506537,09	5983971,45	BSS/32+100
8	1	173	3506570,25	5983877,11	BSS/32+200
9	1	196	3507638,08	5982081,27	BSS/34+500
10	1	197	3507669,66	5981986,71	BSS/34+560
11	1	199	3507734,96	5981799,91	BSS/34+800
12	1	200	3507749,98	5981701,05	BSS/34+900
13	1	245	3509913,28	5978420,81	BSS/39+330
14	1	247	3510007,56	5978280,25	BSS/39+500
15	1	249	3510089,74	5978097,73	BSS/39+700
16	1	286	3513385,05	5976818,84	BSS/43+700
17	1	288	3513538,53	5976763,74	BSS/43+880
18	1	289	3513637,84	5976751,98	BSS/43+980
19	1	290	3513717,29	5976742,57	BSS/44+060
20	1	291	3513796,73	5976733,16	BSS/44+140
21	1	310	3515424,09	5976710,08	BSS/45+870
22	1	315	3515811,67	5976685,94	BSS/46+260
23	1	316	3515886,60	5976689,20	BSS/46+335
24	1	317	3515934,91	5976669,06	BSS/46+400

Lfd-Nr.	Abschnitt	PROFIL_ID	RECHTS	HOCH	BOHRUNG
25	1	341	3517691,77	5976110,14	BSS/48+500
26	1	342	3517790,90	5976096,95	BSS/48+600
27	1	364	3519886,58	5976005,83	BSS/50+700
28	1	365	3519986,52	5976002,58	BSS/50+800
29	1	366	3520086,41	5975997,90	BSS/50+900
30	1	367	3520186,28	5975992,92	BSS/51+085
31	1	371	3520584,17	5975952,13	BSS/51+400
32	1	372	3520683,01	5975936,95	BSS/51+500
33	1	373	3520757,74	5975915,66	BSS/51+580
34	1	374	3520846,30	5975899,63	BSS/51+670
35	1	378	3521169,19	5975844,10	BSS/52+000
36	1	383	3521546,68	5975752,14	BSS/52+400
37	1	385	3521702,62	5975877,38	BSS/52+600
38	1	386	3521766,78	5975950,66	BSS/52+700
39	1	388	3521915,63	5976078,68	BSS/52+900
40	1	389	3521992,76	5976134,16	BSS/52+995
41	1	390	3522077,98	5976195,48	BSS/53+100
42	1	391	3522159,16	5976253,88	BSS/53+200
43	1	392	3522238,17	5976315,19	BSS/53+300

Tabelle 14: Profilstandorte mit Verdacht auf Jarosit-Vorkommen (3 Bodenmieten)

Lfd-Nr.	Abschnitt	PROFIL_ID	RECHTS	HOCH	BOHR
1	1	97	3504918,90	5990756,80	BSS/24+600
2	1	261	3510750,47	5977218,70	BSS/40+800
3	1	330	3516870,97	5976139,74	BSS/47+610
4	1	350	3518576,88	5976019,83	BSS/49+390

### 13 Berücksichtigung der Geländeoberfläche

Bei der Abschätzung des Platzbedarfs für die Lagerung des Bodenaushubs aus dem Kabelgraben wurde von einer weitgehend ebenen Geländeoberfläche ausgegangen (siehe Kapitel 9). Kleinere Gräben, Grüppen und gewellte Geländeoberflächen konnten bei den Berechnungen nicht berücksichtigt werden, da deren gleichartige Betrachtung nicht möglich ist. Jedes Grabenprofil bzw. jede Grüppe ist unterschiedlich. Die Strukturen weisen keinen einheitlichen Aufbau auf.

Insbesondere das Vorkommen von Grüppen (künstliche Wassergräben) mit dazwischen liegenden Beeten kann zu einer Mengenzunahme des anfallenden Oberbodenaushubs führen, da auch an den tiefsten Stellen, also im Bereich der Grüppen, eine Mindestüberdeckung des Kabels von 1,20 m gewährleistet sein muss. Diese Bereiche sind im Gelände gut an der welligen Geländeoberfläche zu erkennen. Tabelle 15 enthält daher eine Auflistung der Trassenabschnitte, bei denen anhand von Luftbildern und den vorliegenden Vermessungsunterlagen Grüppen bzw. ähnliche Strukturen verbreitet sind. Neben der Kilometrierung, der Abschnittslänge und der Anzahl kann der Tabelle auch die geschätzte mittlere Differenz zwischen Grüppe und Beet (Abstand höchster zu tiefstem Punkt) und die Blattnummer der technischen Planung entnommen werden.

Tabelle 15: Trassenabschnitte mit Vorkommen von Grüppen

Lfd-Nr.	Kilometrierung	Länge (m)	Anzahl	Differenz Grüppe zu Beet	Blatt-Nr.
1	2+040 bis 2+270	230	6	0,2-0,3 m	6
2	17+860 bis 17+990	130	6	0,2-0,3 m	27
3	18+870 bis 18+940	70	3	0,2-0,3 m	28
4	19+480 bis 19+790	310	13	0,2-0,3 m	29
5	33+140 bis 33+180	40	3	0,2-0,3 m	52
6	33+390 bis 33+510	120	6	0,4-0,6 m	52
7	35+100 bis 35+180	80	3	0,3-0,4 m	54
8	35+880 bis 35+930	50	3	0,3-0,4 m	55
9	36+270 bis 36+400	130	9	0,6-1,0 m	56
10	36+650 bis 36+790	140	3	0,6-1,0 m	56
12	44+680 bis 44+750	70	4	0,4-0,5 m	70
13	45+000 bis 45+080	80	4	0,4-0,5 m	70
14	45+300 bis 45+440	140	6	0,4-0,5 m	70, 71

15	45+480 bis 45+550	70	4	0,4-0,5 m	71
16	45+610 bis 45+650	40	3	0,4-0,5 m	71
17	46+250 bis 46+380	130	10	0,4-0,5 m	72
18	52+530 bis 52+790	260	12	0,6-0,8 m	81, 82
19	52+840 bis 52+950	110	6	0,7-1,0 m	81, 82
20	53+050 bis 53+290	240	13	0,7-1,0 m	82
		<b>3.240</b>	<b>117</b>		

Eine exakte Berücksichtigung der Grütten und Geländeunebenheiten bei der Abschätzung des Aushubvolumens ist ohne eine aufwendige 3D-Modellierung nicht möglich. Angesichts der in die Berechnung eingehenden Parametervorgaben (Auflockerungsfaktoren, Böschungsneigungen der Haufwerke), die orientierenden Charakter haben, wird eine Berücksichtigung der Grütten mittels aufwendiger Modellierung als wenig sinnvoll erachtet.

In den in Tabelle 15 ersichtlichen Trassenabschnitten muss infolge des Vorkommens von Grütten mit einem Anfallen zusätzlicher Aushubmassen gerechnet werden. In diesen Abschnitten können im Zuge der Bauausführung Platzprobleme hinsichtlich der Lagerung des Aushubmaterials auftreten. Im Bedarfsfall muss im Rahmen des Bodenmanagements durch die bodenkundliche Baubegleitung reagiert werden und Lösungen gefunden werden (vgl. Kapitel 14).

## 14 Hinweise zur Bodenkundlichen Baubegleitung

Während der Bauausführung ist eine Bodenkundliche Baubegleitung durchzuführen, die im Rahmen der Bauüberwachung vor Ort auf den Baustellen regelmäßig präsent sein muss. Die bodenkundliche Baubegleitung hat den Umgang mit den Böden und vorhandene Zielvorgaben zu überwachen und sämtliche bodenrelevanten Belange zu dokumentieren.

Von besonderer Bedeutung ist die Kontrolle des Bodenmaterialmanagements (Bodenabtrag, Zwischenlagerung, Wiederherstellung des Bodens) basierend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Kartierung. So sollten insbesondere Trassenabschnitte, für die ein zusätzlicher Bedarf an Mieten abgeleitet wurde einen Schwerpunkt der Bodenkundlichen Baubegleitung darstellen. Vor allem im Bereich von Trassenabschnitten mit 3 oder 4 ausgewiesenen Mieten ist eine intensive Kontrolle der Bauausführung erforderlich. Gleiches gilt auch für die nicht kartierten Trassenabschnitte km 0+000 bis 3+500 bzw. km 7+000 bis 15+200. Da der genaue Bodenaufbau im Be-

reich der Trassenachse nicht bekannt ist, empfiehlt sich auch hier eine intensivere Begleitung. Zudem sollte die bodenkundliche Baubegleitung verstärkt beratend tätig werden, wie zum Beispiel bei einem notwendigen Einsatz von Geo-Vlies zur Trennung von Bodenmieten bei sich im Zuge der Bauausführung ergebenden Platzproblemen (vgl. Kapitel 12). Zielstellung ist die Einhaltung des planfestgestellten Arbeitsbereiches. Planänderungen sollten nach Möglichkeit vermieden werden und durch gezieltes Bodenmanagement, zum Beispiel Abtransport nicht im Arbeitsbereich lagerbarer Böden, kompensiert werden.

Im Bereich festgestellter Übergänge von einem zu zwei Unterbodensubstraten muss im Zuge der Bodenkundlichen Baubegleitung eine zusätzlich Überprüfung der Schichtenfolge erfolgen. Beim Erreichen eines Übergangsprofils sollten zusätzliche Bohrstocksondierungen in einem Abstand von jeweils 25 m in Richtung des Trassenverlaufs durchgeführt werden. Sie dienen der genaueren Lokalisierung des festgestellten Substratwechsels.

Ein weiterer Schwerpunkt der bodenkundlichen Baubegleitung wird der Umgang mit sulfatsauren Böden im Trassenbereich sein. Diese sind gekennzeichnet durch charakteristische blassgelbe (schwefelgelbe) Flecken von Jarosit (Maibolt) in einer sonst grauen Matrix. Jarosit tritt in der Regel im mehr oder weniger aeroben Unterboden oberhalb des Grundwasserspiegels auf (Go- bzw. Go/r-Horizont). Die pH-Werte dieser Bodenschichten liegen in der Regel  $< 3,7$ . Zudem findet man hohe Gehalte an löslichem Eisen im Dränwasser vor, was zu einer starken Verockerung von Dränrohren und Drängräben führt.

Als potenziell sulfatsauer müssen die im südlichen Trassenabschnitt auftretenden Organomarschen eingestuft werden (insgesamt 56 Profile). Folgende im Rahmen der Bodenkundlichen Baubegleitung einsetzbare Vor-Ort-Schnellmethoden eignen zur Identifizierung sulfatsaurer Böden:

- Salzsäure-Schnelltest mit 10%iger HCl (Carbonatgehalt und säureflüchtige Sulfide, H<sub>2</sub>S-Geruch bei Kontakt des Bodens mit Salzsäure)
- Bestimmung der pH-Werte in der Bodenlösung mit pH-Meter (Einstichmessung oder in Wasser fest/flüssig im Verhältnis 1 : 5).

Optional bieten sich auch eine Bestimmung der pH-Werte im Drainagewasser und die regelmäßige Untersuchungen des Pumpwassers auf Frachten an reduziertem Eisen zur Abschätzung der Verockerungsgefahr der Vorfluter an. Zudem können auch die Gehalte von Sulfat und Eisen im Drainagewasser Hinweise auf das Vorkommen sulfatsaurer Böden liefern.

Abschließend sei auch darauf hingewiesen, dass bei einem Substratwechsel im Untergrund, also bei 2 oder mehr zu trennenden Unterbodensubstraten eventuell eine Anpassung der Aushubtechnologie erfolgen muss. Der Aushub des Unterbodens durch einen „vor Kopf“ arbeitenden Kettenbagger mit Profillöffel ist in diesen Fällen zwar aufwendiger, wird aber prinzipiell als möglich erachtet. Grundsätzlich ist auf eine exakte Trennung der sich unterscheidenden Bodensubstrate zu achten die durch die Bodenkundliche Baubegleitung sicherzustellen ist.

## 15 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] AD-HOC ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung KA5.- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 5. Auflage, Hannover
- [2] Profilbeschreibungen des Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) im PDF-Format einschließlich Excel-Tabelle
- [3] Bodenkarte von Schleswig-Holstein im Maßstab 1:25.000; Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Shape Datei der NordLink-Trasse
- [4] GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER GBR (2013): NORD.LINK ±500-kV-HGU Interkonnektor Tonstad – Wilster Landtrasse Büsum - UW Wilster; 2. Bericht: Baugrundbeurteilung und geotechnische Hinweise zur Ausführung der Bohrungen im HDD-Verfahren.- Hamburg
- [5] BÄDJER, DR. NICOLE (2014): Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen.- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek
- [6] Ausführungsplanung ABB (2016): Typicals (Standard-) Arbeitsstreifen und Platzbedarf HDD (Stand September 2016)
- [7] GORIS, A. (HRSG.). (2010): Schneider Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen; 19. Auflage
- [8] ABB AB High Voltage Cables: Lage- und Grunderwerbsplan zum Projekt NordLink HVC (Master-DWG, Purpose: for construction, Stand: 14.12.2016)
- [9] ABB AB High Voltage Cables: Method Statement Erstellung Muffengrube, zum Projekt NordLink HVC, Stand: 27.09.2016