

**Ausbau der E 233
(B 402, B 213, B72)**

AS Meppen (A 31) bis AS Cloppenburg (A 1)
Planungsabschnitt 1
AS Meppen (A 31) – Meppen (B 70)

Ingenieurgeologisches Streckengutachten
Trassen-km 100+000 bis 110+958

Landkreis Emsland
Ordeniederung 1
49716 Meppen



GTU Ingenieurgesellschaft
Sahlkamp 149
30179 Hannover
Tel.: 0511 / 90 899 - 0
Fax: 0511 / 90 899 - 25
E-Mail: gtu.hannover@gtu-online.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen	1
1.1	Veranlassung	1
1.2	Bauvorhaben	1
1.2.1	Beschreibung	1
1.2.2	Streckenverlauf	2
1.3	Zur Verfügung gestellte Unterlagen	3
1.4	Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen	4
2	Darstellung und Beschreibung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	6
2.1	Untersuchungsgebiet	6
2.1.1	Morphologie, Bebauung, Bewuchs	6
2.1.2	Geologische Verhältnisse	6
2.1.3	Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse	7
2.1.4	Hinweise auf Nutzung, Vornutzung/Belastung des Untersuchungsgebietes	7
2.2	Baugrund	8
2.2.1	Ergebnisse der Felduntersuchungen	8
2.2.1.1	Oberboden	9
2.2.1.2	Sand	9
2.2.1.3	Organische Böden	10
2.2.1.4	Schluffe/ Tone/ Geschiebelehm	10
2.2.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	11
2.2.3	Feststellungen zu den hydrogeologischen Verhältnissen und Grundwasseruntersuchungen	14
2.2.4	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen	14
2.2.4.1	Probenmaterial	14
2.2.4.2	Untersuchungsparameter und Bewertungskriterien	16
2.2.4.3	Analysenergebnisse	17
2.2.4.4	Bewertung der Untersuchungsergebnisse nach LAGA M 20	18
2.3	Boden und Fels als Baustoff	19
3	Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	19
3.1	Einflüsse auf die Baumaßnahme	19
3.1.1	Geologische Situation	19
3.1.2	Hydrogeologische Situation	19
3.1.3	Einordnung der Baumaßnahme in Erdbebenzonen nach DIN 4149-1	21
3.2	Baugrundbeurteilung der erkundeten Schichten	21
3.2.1	Baugrundmodell mit geotechnischer Bewertung der einzelnen Bodenschichten	21
3.2.2	Bautechnisch relevante geotechnische Kennwerte und Eigenschaften	26
3.2.2.1	Bautechnische Eigenschaften der angetroffenen Bodenarten	26
3.2.2.2	Frostempfindlichkeit	26
3.2.2.3	Geotechnische Kennwerte	28

3.2.2.4	Eignung des Untergrundes zur Versickerung von Niederschlagswasser	29
3.3	Beurteilung von Boden und Fels als Baustoff	31
3.3.1	Geotechnische Kennwerte und Eigenschaften	31
3.3.2	Einordnung und Eignungsaussage	31
3.4	Geotechnische Berechnungen	33
3.4.1	Standsicherheitsuntersuchungen in Dammschnitten	33
3.4.2	Setzungsverhalten in Dammschnitten	35
4	Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise	36
4.1	Geotechnische Kategorien	36
4.2	Empfehlungen und Hinweise für die Entwurfsbearbeitung, Ausschreibung und Baudurchführung	36
4.2.1	Allgemeines	36
4.2.2	Tragfähigkeit und erforderliche Maßnahmen	36
4.2.3	Bewertung des Abschnitts hinsichtlich der maximal zulässigen Einbauklassen nach LAGA	40
4.2.4	Hinweise und Empfehlungen zur Ausführung des Erdbaus	42
4.3	Mindestanforderungen an Nebenangebote im Erdbau	44
4.4	Einschätzungen von Gefährdungen	45
4.5	Berücksichtigung Belange Dritter	45
4.6	Zusammenfassende Beurteilung im Hinblick auf die Ausschreibung der Erdbaumaßnahmen	46
5	Zusammenfassung	49

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarte und Lagepläne
Anlage 1.1	Übersichtskarte
Anlage 1.2.1	Tabelle der Aufschlusspunkte mit Angaben zur Lage
Anlage 1.2.2	Lagepläne mit Baugrundaufschlüssen/ Grundwassermessstellen
Anlage 2	Geotechnische Schnitte
Anlage 3	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
Anlage 3.1.1 – 3.1.4	Übersichtstabelle der bodenmechanischen Laborversuche
Anlage 3.2.1 – 3.2.28	Korngrößenverteilungen
Anlage 3.3.1 – 3.3.2	Zustandsgrenzen
Anlage 3.4.1 – 3.3.6	Kompressionsversuche
Anlage 4	Tabelle Grundwasserstände
Anlage 5	Ingenieurgeologisches Streckenband

Anhang: Dokumentation der Baugrunderkundungen

Anhang A	Schichtenverzeichnisse der Kleinbohrungen
Anhang B	Diagramme der Drucksondierungen
Anhang C	Grundwasserganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen
Anhang D	Darstellung der Ausbaupläne und Bohrprofile der neu errichteten Grundwassermessstellen
Anhang E	Prüfbericht des Chemischen Labors

1 Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen

1.1 Veranlassung

Der Landkreis Emsland und der Landkreis Cloppenburg planen den vierspurigen Ausbau der E 233 von Meppen (A 31) bis Emstek (A 1) über einer Gesamtlänge von rd. 77 km. Die Baustrecke gliedert sich in 8 Abschnitte mit Längen zwischen 6,4 und 14,2 Kilometern, wobei der 7. Abschnitt, Ortsumgehung Cloppenburg, bereits vierspurig ausgebaut und damit nicht Teil dieser Baumaßnahme ist. Für die Streckenabschnitte 1 bis 3 ist der Landkreis Emsland zuständig. Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr trägt die fachtechnische Verantwortung und begleitet die Maßnahmen beratend.

Das vorliegende Gutachten behandelt den rd. 11 km langen Abschnitt 1 zwischen der Anschlussstelle Meppen zur A 31, AS Meppen (A 31), im Westen und Meppen im Osten.

Die Trasse der E 233 verläuft im Abschnitt 1 auf einer Länge von rd. 4,8 km in geringer Dammlage bzw. in geländegleicher Lage. In Anrampungsbereichen von Brücken bzw. den geplanten Anschlussstellen treten auf einer Länge von rd. 6,1 km Dammhöhen von rd. 6,5 m bis zu 11 m auf. Der vierspurige Ausbau ist auf der gesamten Länge des vorliegenden Planungsabschnittes in bzw. parallel der vorhandenen Trassenführung der B 402 vorgesehen.

Für diesen Abschnitt 1 wurde die GTU Ingenieurgesellschaft mbH Hannover mit der Durchführung von Baugrunderkundungen und Laborversuchen sowie der Errichtung von Grundwassermessstellen und der Auswertung der Ergebnisse in einem Ingenieurgeologischen Streckengutachten beauftragt. Die Begutachtung der geplanten Anschlussstellen (und Ingenieurbauwerke) ist nicht Gegenstand der Beauftragung.

1.2 Bauvorhaben

1.2.1 Beschreibung

Die Europastraße 233 (E 233) stellt die kürzeste Verbindung zwischen den Großräumen Amsterdam / Rotterdam und Bremen / Hamburg dar. Die 2- und 3-streifigen Abschnitte sollen auf 4 Fahrstreifen ausgebaut werden. Dabei ist von einem zukünftigen Fahrbahnquerschnitt RQ 28 gemäß den Richtlinien für die Anlage Autobahnen (RAA) auszugehen.

Der untersuchte Planungsabschnitt 1 der E 233 beginnt im Westen rd. 900 m westlich der AS Meppen (A 31) bei Bau-km 100+000 und endet im Osten mit Bau-km 110+958 nördlich von Meppen in Höhe des Sportplatzes Kossen Tannen, s. Anlage 1.1.

Die Achse der Trasse im Planungsabschnitt 1 wurde mit Unterlage 1.3.2 von Seite 3/4 dieses Gutachtens übergeben. Eine detaillierte Entwurfsplanung mit Darstellung der

Straßenplanung sowie der kreuzenden Ingenieurbauwerke lag zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht vor.

Aus der Lage der Achse in Bezug auf die bestehenden B 402 geht hervor, dass auf der gesamten Länge von rd. 11 km der Ausbau in bzw. parallel der vorhandenen Trassenführung der B 402 vorgesehen ist.

Aus den vorliegenden Unterlagen geht hervor, dass im Abschnitt 1 insgesamt 4 Anschlussstellen (AS) vorgesehen sind:

- AS Meppen Nord an die BAB A 31 bei ca. Bau-km 100+850,
- AS Neu Versen an die K 255 bei ca. Bau-km 101+725
- AS Versen an die L 48 bei ca. Bau-km 105+100 und
- AS Meppen an die B 70 bei ca. Bau-km 110+100.

Informationen zu Art und Umfang der aus- oder neuzubauenden Ingenieurbauwerke im Trassenverlauf, Bauwerke in Form von Brücken und Durchlässen, liegen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses geologischen Streckengutachtens noch keine Planunterlagen vor.

1.2.2 Streckenverlauf

Hinsichtlich der nachfolgenden Beschreibung des Streckenverlaufs wird darauf hingewiesen, dass sich die ausgewiesenen Höhen auf die Lage der geplanten Gradienten in Bezug auf die Geländeoberkante (GOK) neben der bestehenden Trasse der B 402 beziehen. Damit handelt es sich im Wesentlichen nicht um neu zu errichtende Dämme, sondern vielmehr um Anschüttungen an die bestehenden Dammbauwerke.

Im Bereich der leichten Einschnittslage bezieht sich die ausgewiesene Einschnittstiefe ebenfalls auf die Lage der Gradienten zur GOK. Sie berücksichtigt nicht die Querneigung der Straße oder die maximale Aushubtiefe bis Unterkante Frostschutzschicht.

Die Trasse des Abschnitts 1 beginnt am in Bau-km 100+000 und endet bei Bau-km 110+958 am Beginn des Abschnitts 2. Die geplante Trasse im Abschnitt 1 verläuft überwiegend in Dammlage und nur in 4 kleineren Abschnitten mit einer Gesamtlänge von rd. 2,8 km in geländegleicher Lage bzw. leichter Einschnittslage, Tiefe bis zu rd. 1,3 m. Von den rd. 8,1 km in Dammlage befinden sich rd. 2 km in geringer Dammlage mit Dammhöhen von bis zu rd. 1 m bis rd. 2,4 m. Die Trasse in den restlichen rd. 6,1 km liegt auf Dämmen mit Höhen von bis zu rd. 6,5 m bis rd. 11 m. Die Tabelle 1 bietet eine zusammenfassende Übersicht über den Trassenverlauf im Abschnitt 3 der E 233.

Aufgrund der zu erwartenden Untergrundverhältnisse sowie der Dammhöhen bis ca. 11 m ist die Baumaßnahme grundsätzlich in die Geotechnische Kategorie 2 einzuordnen.

Tabelle 1 Übersicht Streckenverlauf E 233, Abschnitt

Kilometrierung		Lage der Gradiente	max. Dammhöhe ü. GOK
von	bis		
100+000	100+150	geringe Dammlage	1,7 m
100+150	101+050	Dammlage	6,5 m
101+050	101+350	geringe Dammlage	1,0 m
101+350	102+250	geländegleich	±0,6 m
102+250	102+550	geringe Dammlage	1,0 m
102+550	102+950	geländegleich	±0,5 m
102+950	103+150	geringe Dammlage	1,0 m
103+150	104+325	geländegleich	±0,8 m
104+325	105+150	geringe Dammlage	2,4 m
105+150	105+500	geländegleich / leichter Einschnitt	+0,5 /-1,3 m
105+500	108+800	Dammlage	8,6 m
108+800	109+050	geringe Dammlage	1,0 m
109+050	110+958	Dammlage	10,6 m

1.3 Zur Verfügung gestellte Unterlagen

Zur Bearbeitung dieses Baugrundgutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- 1.3.1 Digitale Geländemodell, DGM, im Bereich der Planungsabschnitte, heruntergeladen von dem Dokumentenmanagementsystem zur Vorbereitung und Planung des vierstreifigen Ausbaus der E 233.
- 1.3.2 Achse zur Erstellung der Bohrpläne für das Baugrundgutachten V. 4.0, Daten zur Trassenlage und -höhe, heruntergeladen von dem Dokumentenmanagementsystem zur Vorbereitung und Planung des vierstreifigen Ausbaus der E 233
- 1.3.3 Baugrundgutachten für die Verlängerung der NU Meppen im Zuge der B 402 n (K 203) bis zur Kreuzung A 31, Dipl.-Geol. Dr. L. Schleicher, Gronau / Westf., 19.03.1992.
- 1.3.4 Ingenieurgeologisches Streckengutachten zur geplanten Nordumgehung Meppen B 402 n, Büro für Ingenieurgeologie Dr. Joh.- G. Zscheke und H. Kaiser, Burgdorf, 06.02.1978.
- 1.3.5 B 402, Nordumgehung Meppen, Bauwerk MEP 12, Unterführung der DB in Bau-km 9+535,58, Baugrunderkundung, Dipl.-Ing. Wilfried Schnack u. Partner, Ingenieurbüro für Grundbau und Bodenmechanik, Hannover, 21.02.1983.
- 1.3.6 Bauwerk MEP 3 im Zuge der B 402 n Nordumgehung Meppen, Unterführung der Ems-Flutmulde bei Versen und eines Wirtschaftsweges in Bau-km 5+263,0 und 5+187,05, Baugrund und Gründung, Dr. Schleicher + Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Gronau i.W., 03.07.1987.
- 1.3.7 Baugrundgutachten und Gründungsbeurteilung für den Neubau einer Unterführung eines Wirtschaftsweges Bauwerk Nr. MEP 10 im Zuge der B 402 n Nordumgehung Meppen in Station 9+008,0, Dr. Schleicher + Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Gronau i.W., 08.08.1988.

- 1.3.8 Überführung der Neuversener Straße (K 260) über die B 402 in Bau-km 2+519,621 (Bw 2), Beurteilung der Gründung, Dipl.-Ing. Wilfried Schnack u. Partner, Ingenieurbüro für Grundbau und Bodenmechanik, Hannover, 30.11.2000.
- 1.3.9 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Geologische Karten, Maßstab 1 : 25.000 und 1 : 50.000. NIBIS Kartenserver des LBEG.
- 1.3.10 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hydrogeologische Karte von Niedersachsen - Lage der Grundwasseroberfläche, Maßstab 1 : 200.000. NIBIS Kartenserver des LBEG.
- 1.3.11 Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, Umweltkarten: Wasserschutzgebiete (http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/GlobalNetFX_Umweltkarten/).
- 1.3.12 Ergebnis der Anfrage nach Kampfmittelfreiheit, BAB A 31 – Meppen, E 233 / B 213, PA 1, PA 3, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen, Regionaldirektion Hannover, Kampfmittelbeseitigungsdienst, Hannover, 15.02.2012.
- 1.3.13 Daten von Grundwassermessstellen des NLWKN , Betriebsstelle Meppen, aus dem Untersuchungsgebiet; Excel- Dateien von 15 Messstellen, erhalten vom Landkreis Emsland per e-mail am 13.03.2012
- 1.3.14 LAGA M 20 - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen für die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen. Technische Regeln, 24.08.2006.
- 1.3.15 ZTV E-StB 09 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßenbau und Verkehrswesen, FGSV.
- 1.3.16 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001, RStO 01, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- 1.3.17 Floss, R., Handbuch ZTVE (ZTV E-StB 09) - Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau, 4. Auflage, Kirschbaum Verlag, Bonn.
- 1.3.18 M GUB - Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Forschungsgesellschaft für Straßenbau und Verkehrswesen, FGSV.

1.4 Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen

In der DIN 4020 bzw. dem „Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau“ (M GUB), Ausgabe 2004 wird bei Linienbauwerken ein Abstand der Baugrundaufschlüsse von 50 bis 200 m bzw. 100 m empfohlen. Dementsprechend wurde für die Baugrunderkundungen generell ein Rasterabstand der Aufschlüsse von 100 m gewählt. In einigen Bereichen, z.B. bei festgestellten ungünstigen Baugrundverhältnissen bzw. an Bauwerken, wurde der Abstand verringert. Insgesamt wurden im Abschnitt 1 entlang der Trasse der E 233 an 152 Punkten Baugrundaufschlüsse durchgeführt, vgl. Anlage 1.2.1/1.2.2.

Die Aufschlusstiefen wurden unter Berücksichtigung der geplanten Dammhöhen entsprechend der Vorgaben der DIN 4020 festgelegt.

Die Aufschlussarbeiten wurden in einem Zeitraum vom 07.02. bis 03.04.2012 durchgeführt.

Grundsätzlich wurde an jedem Aufschlusspunkt eine Drucksondierung (Cone Penetration Tests - CPT) gemäß DIN EN ISO 22 476-1 ausgeführt. Anhand von Drucksondierungen können sowohl bei bindigen als auch nichtbindigen Böden verschiedene bodenmechanische Parameter sowie Lagerungsdichten abgeleitet werden. Ungefähr an jedem dritten Aufschlusspunkt, bzw. nach Erfordernis als Ergänzung zu den Drucksondierungen und zur Kalibrierung der Drucksondier-Ergebnisse, wurden Kleinbohrungen (Bohrsondierungen - BS) gemäß DIN EN ISO 22 475-1 durchgeführt.

Eine detaillierte Übersicht der durchgeführten Baugrundaufschlüsse mit genauen Lageangaben enthält die Tabelle in Anlage 1.2.1. Die Einmessung der Ansatzpunkte erfolgte GNSS gestützt nach Lage und Höhe gem. ETAS 89 UTM. Die Lage der Aufschlusspunkte ist auf dem Lageplan in Anlage 1.2.2 dargestellt.

Die Bezeichnung der Ansatzpunkte wurde unter Zugrundelegung der Trassenkilometrierung gewählt. Die in der Bezeichnung enthaltene Kilometrierung entspricht grundsätzlich der Stationierung des Aufschlusses. Da einige Aufschlusspunkte allerdings verschoben werden mussten, z.B. wegen Unzugänglichkeit des Aufschlusspunktes mit der Drucksonde, kann die tatsächliche Stationierung abweichen. Einmal kommt es vor, dass 2 Aufschlüsse mit derselben Kilometrierung benannt sind, da sie sich auf ungefähr gleicher Höhe einmal südlich und einmal nördlich der bestehenden B 402 befinden. Diese Aufschlusspunkte unterscheiden sich durch die Endung ‚a‘ (siehe 103+401 und 103+401a in Anlage 1.2.1).

Die Ergebnisse der Kleinbohrungen in Form von Schichtenverzeichnissen nach DIN 4022-1 sind in Anhang A und die Ergebnisse der Drucksondierungen (CPT) sind als Sondierdiagramme als Anhang B beigefügt.

Im bodenmechanischen Labor der GTU wurde die im Feld vorgenommene Benennung und Beschreibung der angetroffenen Bodenarten überprüft und mittels bodenmechanischer Laborversuche, siehe Kapitel 2.2.2 und Anlage 3, verifiziert. Anhand dieser Bodenansprache sowie der Ergebnisse der Laborversuche wurden Bohrprofile nach DIN 4023 erstellt. Dabei wurde neben der Benennung der Böden anhand rein quantitativer Kriterien (Korngrößenverteilung) auch das bodenmechanische Verhalten der jeweiligen Bodenarten berücksichtigt. Die Bohrprofile und die Diagramme der Drucksondierungen sind in den geotechnischen Schnitten der Anlage 2 dargestellt.

2 Darstellung und Beschreibung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Untersuchungsgebiet

2.1.1 Morphologie, Bebauung, Bewuchs

Das Gelände im Untersuchungsgebiet ist im westlichen Bereich bis rd. Bau-km 105+500 weitestgehend flach mit Höhen zwischen rd. 15 und rd. 20 m NHN. Ab rd. Bau-km 105+500, Bereich der Ems-Flutmulde, fällt das Gelände auf Höhen zwischen rd. 10 und rd. 13 m NHN ab, und steigt zum Ende des Abschnitts ab rd. Bau-km 109+000 wieder auf rd. 20 m NHN an.

Da die Trasse vollständig in unmittelbarer Nähe parallel zur vorhandenen B 402 verläuft, sind von der Baumaßnahme nur direkt an die B 402 angrenzende Bebauungen betroffen. Nach dem vorliegenden digitalen Geländemodell, Unterlage 1.3.1 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, und dem vorliegenden Trassenverlauf, Unterlage 1.3.2 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, ist vereinzelt Bebauung neben der B 402 vorhanden. Diese Bebauung ist in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2 Vorhandenen Bebauung neben der bestehenden B 402

rd. Bau-km	Trassenseite	Bauwerk	rd. Mindestabstand Bebauung zur Trassenachse Neubau
101+400 bis 101+560	Süd	Industriegebiet Versen	25 m
101+800	Süd	Bauernhof	10 m
102+500 bis 102+650	Nord	Wohnbebauung	50 m
102+900	Nord	Wohnbebauung	80 m
104+200 bis 104+530	Süd	Gewerbe- und Wohnbebauung	15 m
109+600	Süd	vermtl. Wohnbebauung	100 m

Weiterhin kreuzt die Trasse in Ihrem Verlauf mehrere Gewässer, den Wesuwer Schloot bei rd. Bau-km 101+320 und den Goldbach bei rd. Bau-km 104+200, zwei Altarme der Ems, Altarm Versen, bei rd. Bau-km 106+500 und rd. Bau-km 107+750, die Ems bei rd. Bau-km 107+850 sowie die Ems-Flutmulde zwischen rd. Bau-km 105+525 bis rd. Bau-km 105+670.

Derzeitig wird das Gelände angrenzend an die bestehende Bundesstraße überwiegend landwirtschaftlich als Acker- oder Weideflächen genutzt.

2.1.2 Geologische Verhältnisse

Das Gebiet ist insgesamt charakterisiert durch große Talsandflächen und sandige Grundmoränen. Gemäß Geologischer Karte, Unterlage 1.3.9 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, sind im Untersuchungsgebiet größtenteils sandige und kiesige Flussablagerungen zu erwarten.

Zu Beginn der Trasse und in den Kreuzungsbereichen der Ems ist mit organischen Böden, Torf, zu rechnen, der auch in größerer Tiefe bzw. in mehreren Horizonten vorkommt.

Hinweise auf geologische und mineralogische Besonderheiten liegen nicht vor. Des Weiteren befindet sich die Trasse nicht in einem Erdbebengefährdungsgebiet. Ebenso liegen keine Gebiete mit geotechnischen Gefährdungen, wie Erdfall- und Senkungsgebiete, im Bereich der untersuchten Trasse vor.

2.1.3 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse

Nach der Hydrogeologischen Karte Niedersachsens 1 : 200.000 (s. Unterlage 1.3.10 von Seite 3/4 dieses Gutachtens) liegt die Grundwasseroberfläche im Trassenbereich des Abschnitts 1 zwischen ca. 10 und 15 m NN.

Für den Großraum der zu untersuchenden Trasse, insbesondere im östlichen Bereich, ist das Fließgewässer der Ems mit seinen Altarmen prägend. Im westlichen Trassenbereich sind weiterhin zwei kleinere Gewässer, der Wesuwer Schloot und der Goldbach, vorhanden. Insbesondere im Bereich der Altarme der Ems und der Ems können die Gewässerniederungen bei hohen Wasserständen überschwemmt werden.

Gemäß der Umweltkarte „Wasserschutzgebiete“ des Niedersächsisches Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz, s. Unterlage 1.3.11 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, befindet sich kein Trinkwassergewinnungs-gebiet im Planungsabschnitt 1.

2.1.4 Hinweise auf Nutzung, Vornutzung/Belastung des Untersuchungsgebietes

Wie bereits erwähnt, wird der Boden im Untersuchungsgebiet überwiegend land- und forstwirtschaftlich genutzt.

Bereichsweise verläuft die Trasse entlang von bestehender Bebauung, siehe Tabelle 2. Die Bebauung nördlich der Trasse liegt auf entgegen gesetzter Seite der Verbreiterung der E 233 und ist somit nur bedingt von der Baumaßnahme betroffen. Die Wohnbebauungen bei rd. Bau-km 109+600 ist mit einem Abstand von rd. 100 m zur Trassenachse des Neubaus ebenfalls nicht direkt von der Baumaßnahme betroffen. Die Bebauungen bei rd. Bau-km 101+400 bis 101+560, Bau-km 101+800 sowie Bau-km 104+200 bis 104+530 sind mit Mindestabständen zur Trassenachse des Neubaus von rd. 10 m bis 25 m von der Baumaßnahme betroffen. Insbesondere bei Bau-km 101+800 und 104+200 bis 104+530 betragen die Mindestabstände zur Bebauung maximal 15 m. Der Abstand zu den Grundstücksgrenzen ist noch geringer. In diesen Bereichen ist vermutlich ein Landerwerb erforderlich.

Hinweise auf Altlasten, Deponien oder Auffüllungen im untersuchten Trassenabschnitt liegen nicht vor. Vereinzelt sind neben der Trasse kleinere Altablagerungen, mit Bauschutt, Schrott, Hausmüll, Bau- und Abbruchholz, Bodenaushub, Sperrmüll sowie Garten- und Parkabfällen vorhanden, die jedoch weitestgehend aufgrund des Abstandes zur Trasse für die Ausbaumaßnahme nicht relevant sind. Lediglich im Bereich östlich der L 48 bei rd. Bau-km 104+800 ist eine Altablagerung mit Bauschutt, Schrott, Hausmüll, Sperrmüll sowie Garten- und Parkabfällen in unmittelbarer Nähe südlich der Trasse vorhanden. Bei den Erkundungen in diesem Bereich wurden aber keine Hinweise auf Altablagerungen vorgefunden.

Rohstoffentnahmen sind nach den uns vorliegenden Unterlagen im Trassenbereich nicht vorhanden.

Über weite Strecken ist der Trassenbereich kampfmittelfrei. In einigen, in Unterlage 1.3.12 von Seite 3/4 dieses Gutachtens rot markierten Bereichen, können jedoch Bombenblindgänger vorhanden sein, von denen eine Gefährdung ausgehen kann, weswegen hier Gefahrenerforschungsmaßnahmen empfohlen wurden. Aus diesem Grund erfolgte in diesen Bereichen eine Begleitung der Aufschlussarbeiten durch eine Kampfmittelräumfirma.

Für Bereiche, in denen damals Baumbewuchs vorhanden war, konnte keine Luftbildauswertung durchgeführt werden. Hier wurde nicht explizit empfohlen Gefahrenerforschungsmaßnahmen durchzuführen.

Entlang der Trasse befinden sich mehrere Biotope, die lediglich im Bereich der Querungen der Trasse mit den Altarmen der Ems und der Ems von der Trasse tangiert werden. In diesen Querungsbereichen sind Brückenbauwerke vorgesehen. Der Einfluss dieser Bauwerke auf die Biotope ist nicht Gegenstand dieser geotechnischen Untersuchungen und ist gesondert zu begutachten.

Die Trasse quert bzw. verläuft parallel zu mehreren Leitungen und Kabeln. Ob eine Verlegung der Leitungen, insbesondere der Gasleitungen im Zuge der Baumaßnahme vorgesehen ist, ist nicht bekannt.

2.2 Baugrund

2.2.1 Ergebnisse der Felduntersuchungen

Nachfolgend sind die in den Aufschlusspunkten angetroffenen Böden und deren grundsätzlichen Eigenschaften beschrieben.

Den Hauptanteil der erkundeten Böden machen Feinsande aus. Bereichsweise sind in die Sande organische Böden, auch in mehreren Horizonten, zwischengeschaltet. Untergeordnet wurden auch bindige Böden erkundet.

2.2.1.1 Oberboden

Bei dem Oberboden handelt es sich überwiegend um humose Feinsande mit wechselnden Schluffanteilen in lockerer Lagerung. Nach DIN 18 196 handelt es sich dementsprechend um Boden der Bodengruppe OH.

Der Chemismus des Oberbodens bzw. eine potentielle Belastung durch Schadstoffe des Bodens im oberen Meter unter Geländeoberkante wurde durch chemische Analysen an Mischproben im gesamten Trassenabschnitt untersucht. Dabei kam heraus, dass die untersuchten Proben bei Vernachlässigung des Total Organic Carbon (TOC)-Gehaltes – bis auf eine Ausnahme – dem Zuordnungswert Z 0 gemäß LAGA M 20 zuzuordnen sind. Eine ausführliche Beurteilung erfolgt in Kapitel 2.2.4.

Der Oberboden im Bereich der Neubau-Strecken des untersuchten Trassenabschnitts wird überwiegend landwirtschaftlich als Acker- bzw. Weidefläche oder forstwirtschaftlich genutzt.

2.2.1.2 Sand

Bei den im untersuchten Abschnitt erkundeten Sanden handelt es sich überwiegend um Fein- bis Mittelsande ohne oder mit schwach schluffigen Beimengungen. Untergeordnet waren die Sande auch schluffig bis stark schluffig. Sande aus der Grobsand-Fraktion wurden im gesamten Untersuchungsbereich kaum angetroffen. Die Lagerungsdichte der Sande wurde anhand der Ergebnisse der Drucksondierungen ermittelt. Demnach sind die Sande im überwiegenden Trassenbereich locker – mitteldicht bzw. locker gelagert und gehen mit zunehmender Tiefe in eine mindestens mitteldichte Lagerung über. Bereichsweise wurden bereits ab der GOK mitteldichte bzw. mitteldichte – dichte Sande erkundet.

Die angetroffenen Fein- bis Mittelsande sind sehr gleichkörnig und weisen eine steile Körnungslinie auf. Größtenteils handelt es sich bei den angetroffenen Sanden um enggestufte Sande der Bodengruppe SE oder SU gemäß DIN 18 196. Mit steigendem Schluffanteil, der lokal erkundet wurde, sind sie auch in die Bodengruppe SU* einzuordnen.

Nach den vorliegenden geologischen Karten handelt es sich bei den angetroffenen Sanden überwiegend um Schmelzwassersande fluviatilen Ursprungs. Bereichsweise sind im mittleren Trassenabschnitt auch äolisch abgelagerte Sande, sog. Dünensand, zu erwarten.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass schluffige und stark schluffige Sande stark wasser- und frostempfindliche Böden sind, die weiterhin empfindlich gegenüber mechanischen Belastungen sind.

2.2.1.3 Organische Böden

Im gesamten Abschnitt wurden lokal organische Böden angetroffen. Hierbei handelt es sich überwiegend um sandige Torfe oder Mudden mit variierenden Mächtigkeiten. Die Mudden, die überwiegend eine breiig – weiche und zum Teil weiche Konsistenz aufweisen, wurden größtenteils in Bereichen von Gewässern (Flutmulden, Ems-Altarmen, etc.) angetroffen. Sie können den Bodengruppe OT, OU und teilweise auch OH/SU* gemäß DIN 18 196 zugeordnet werden.

Die Torfe wurden entweder oberflächennah (rd. 0 – 1 m u. GOK) oder in größeren Tiefen ab ca. 6 m u. GOK in bis zu 3 Horizonten erkundet. Gerade die tiefliegenden Torfschichten weisen einen z.T. deutlichen Anteil an anorganischen Bestandteilen in Form von Sand und Schluff auf. Größtenteils handelt es sich bei den angetroffenen Torfen um zersetzte Torfe der Bodengruppe HZ gemäß DIN 18 196. Vereinzelt, insbesondere oberflächennah, wurden auch Pflanzenfaserreste in den Torfen festgestellt, so dass sie der Bodengruppe HN zuzuordnen sind.

Des Weiteren wurden verteilt über den gesamten Trassenanschnitt bereichsweise, (überwiegend unterhalb des Oberbodens) humose bzw. organische Sande erbohrt. Diese sind aufgrund ihres Anteils an organischen Bestandteilen in die Bodengruppe OH gemäß DIN 18 196 einzugruppieren.

2.2.1.4 Schluffe/ Tone/ Geschiebelehm

Bereichsweise wurden im untersuchten Trassenabschnitt Schluff- bzw. Tonschichten sowie in einem Einzelfall am Ende des Abschnitts Geschiebelehm erkundet.

Oberflächennah wurden in 3 Teilbereichen vereinzelt bis in Tiefen von bis zu rd. 1,8 m geringmächtige ($d < 1$ m) Schluffe festgestellt. Weiterhin wurden in 3 Teilbereichen Schlufflagen in Tiefen ab rd. 4 m erkundet.

Die Tonlagen wurden in 3 Teilbereichen in größeren Tiefen ab rd. 9 m bzw. rd. 13 - 14 m festgestellt.

Am Ende des untersuchten Trassenabschnitts wurde direkt unterhalb des Oberbodens bis in eine Tiefe von rd. 4 m Geschiebelehm angetroffen.

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen und Auswertung des Spitzendrucks ist für die oberflächennah anstehenden Schluffe von einer weichen, für die tiefer anstehenden Schluffe und Tone von einer weich – steifen bzw. steifen und für den Geschiebelehm von einer weich – steifen Konsistenz auszugehen.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei den Schluffen und dem Geschiebelehm um stark wasser- und frostempfindliche Böden handelt, die weiterhin empfindlich gegenüber mechanischen Belastungen sind.

2.2.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Aus den Kleinbohrungen wurden bei Schichtwechsel, mindestens jedoch alle 2 m, gestörte Bodenproben (GP) entnommen. Die Bodenproben wurden im bodenmechanischen Labor der GTU visuell begutachtet. An ausgewählten Proben wurden Laborversuche zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123, des Wassergehalts nach DIN 18 121-1, der Zustandsgrenzen gemäß DIN 18 122-1 sowie des Glühverlustes nach DIN 18 128 durchgeführt.

Die ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3 Bodenmechanische Laborversuche

Art des bodenmechanischen Laborversuchs	Anzahl der durchgeführten Versuche
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	61 Nasssiebungen, 8 Sieb-/Schlammanalysen
Wassergehalt nach DIN 18 121-1	33 Versuche
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122-1	2 Versuche
Glühverlust nach DIN 18 128	25 Versuche
Kompressionsversuch nach DIN 18 135	6 Versuche

An einigen organischen/bindigen Proben wurden auch eindimensionale Kompressionsversuche (Ödometer-Versuch, KD-Versuch) nach DIN 18 135 ausgeführt. Diese Ergebnisse (siehe Anlage 3.4), die an gestörtem Probenmaterial durchgeführt wurden, wurden nicht direkt verwendet. Sie stimmen jedoch gut mit den für die jeweiligen Bodenarten erwarteten Kennwerten überein, und wurden deshalb zur Kalibrierung und Interpretation der Drucksondier-Ergebnisse hinzugezogen. Außerdem wurden die mit den Versuchen ermittelten Steifemoduli bei der Festlegung der bodenmechanischen Kennwerte, siehe Kapitel 3.2.2.3, berücksichtigt.

Die Übersicht der durchgeführten Laborversuche sowie die Ergebnisse der Wassergehalts- und Glühverlustbestimmungen sind in der Anlage 3.1 dargestellt.

Die Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilungen sind in der Anlage 3.2 dargestellt.

Im überwiegenden Bereich des Trassenabschnitts 1 stehen Sande mit wechselnden Schluffanteilen an.

Bei den angetroffenen Sanden handelt es sich zum überwiegenden Teil um enggestufte mittelsandige Feinsande mit unterschiedlichen Schluffanteilen bis ca. 15 M.-%, vgl. Abbildung 1. Untergeordnet wurden bei den Sanden auch Schluffanteile > 15 M.-% erbohrt, vgl. Abbildung 2.

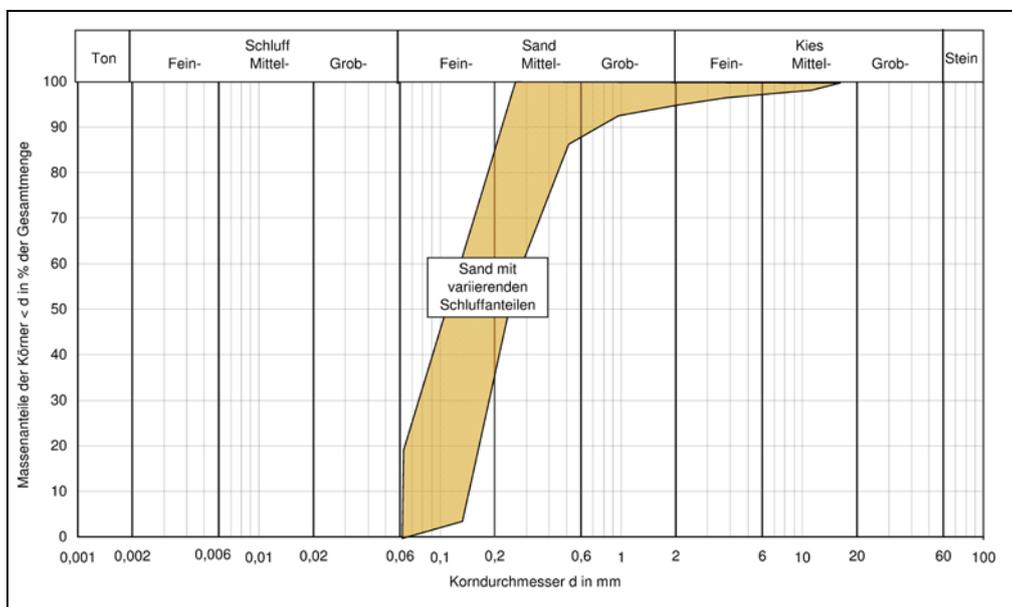


Abbildung 1 Körnungsband der Sande mit variierenden Schluffanteilen

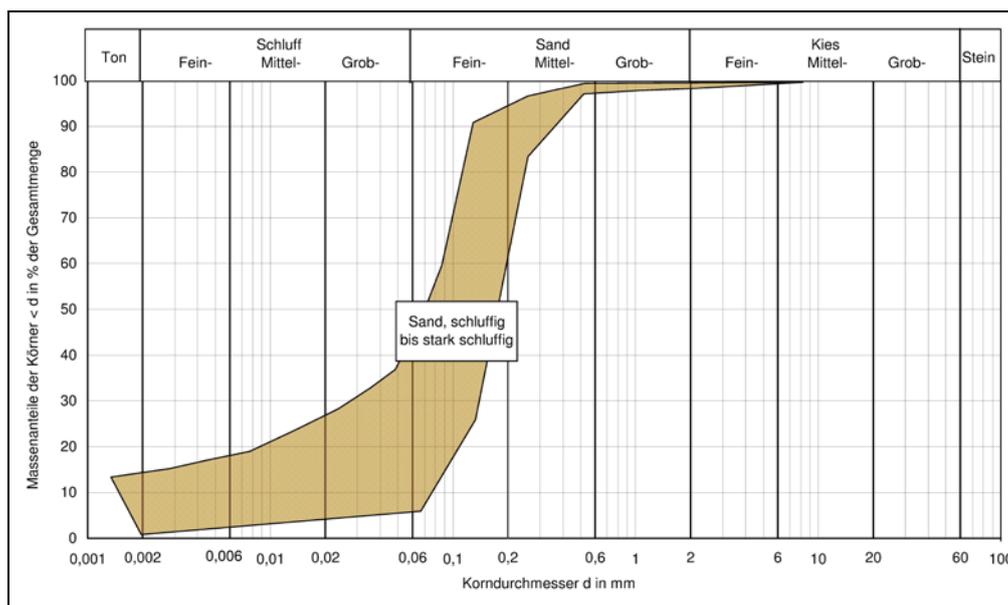


Abbildung 2 Körnungsband der Sande, schluffig bis stark schluffig

Die erkundeten Schluffe bzw. anorganischen bindigen Böden weisen wechselnde (Fein-) Sandanteile und variierende Tonanteile auf. Da die Schluffe nur untergeordnet vorkommen, wird für diese Böden kein Körnungsband erstellt.

Im gesamten Abschnitt wurden lokal organische Böden mit variierenden Mächtigkeiten in unterschiedlichen Tiefenlagen angetroffen. Hierbei handelt es sich überwiegend um sandige Torfe, breiig – weiche Mudden sowie organische/humose Sande.

Eine Übersicht über die Ergebnisse der Wassergehalts- und Glühverlustsbestimmungen der im Trassenabschnitt angetroffenen organischen Böden bietet Tabelle 4.

Tabelle 4 Untersuchte organische Böden

Boden	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18 196	Wassergehalt [%]	Glühverlust [%]
Torf, oberflächennah	H,s'	HZ, HN	62 – 320	17 – 52
Torf, tieferliegend	H,s - s*	HZ	61 – 250	12 bzw. 16 – 59
Mudde	U + fS, t' o' - o	OT	31,6 – 45,9	2,0 – 7,3
organischer/humoser Sand	S, u', o' - o	OH	12,2 – 31,8 (53,9)	2,4 – 8,0 (13,9)

An zwei der entnommenen Proben aus den Mudde-Schichten wurden Versuche zur Bestimmung der Zustandsgrenzen durchgeführt, siehe Anlage 3.3. Hierbei wurden breiig – weiche Konsistenzen festgestellt, und die Proben können gemäß dem A-Linien-Diagramm nach *Casagrande* der Bodengruppe OT/UA zugeordnet werden.

2.2.3 Feststellungen zu den hydrogeologischen Verhältnissen und Grundwasseruntersuchungen

Bei der Durchführung der Kleinbohrungen wurde am Tag der Bohrung mittels Lichtlot der Grundwasserstand im Bohrloch gemessen. Es wird darauf hingewiesen, dass die gemessenen Grundwassersstände einen punktuellen Aufschluss darstellen und in einem eng begrenzten Zeitrahmen ausgeführt wurden, d.h. zum Zeitpunkt der Messung nicht ausgepegelt waren.

Weiterhin wurden zur längerfristigen Beobachtung der Grundwasserstände 5 Grundwassermessstellen im Abschnitt 1 eingerichtet.

Eine Übersicht über das angetroffene Wasser im Baugrund liefert Anlage 2 sowie die Tabelle in Anlage 4. Des Weiteren enthält Kapitel 3.2.1 abschnittsweise eine kurze Beschreibung des angetroffenen Grundwassers.

2.2.4 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen

2.2.4.1 Probenmaterial

Zur Untersuchung, ob eine Schadstoffbelastung des Bodens vorliegt, wurden an Bodenproben Schadstoffanalysen nach LAGA M 20, Unterlage 1.3.14 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, durchgeführt.

Da im Abschnitt 1, bei 105+200 bis 105+500, nur ein kurzer Einschnittsbereich mit geringen Einschnittstiefen von rd. 1,3 m geplant und dementsprechend kein tieferer Bodenaushub erforderlich ist, wurde zur Untersuchung einer möglichen Schadstoffbelastung/ eines möglichen Schadstoffeintrags der Boden im oberen Meter untersucht. Bei den in dieser Tiefenlage anstehenden Böden handelt es sich überwiegend um Oberboden über Sanden mit wechselnden Schluff- und organischen Anteilen.

Bei der organoleptischen Ansprache der Proben im bodenmechanischen Labor der GTU wurden keine Verdachtsmomente für chemische Belastungen festgestellt, Dementsprechend wurden für ca. 1 km lange Streckenabschnitte aus einer Tiefe von 0,0 bis 1,0 m u. GOK repräsentative Mischproben (MP) gebildet und chemisch analysiert. Eine Zusammenstellung über die Zusammenführung der entnommenen Proben zu den Mischproben ist Tabelle 5 zu entnehmen.

Die in Tabelle 5 genannten 11 Mischproben wurden in den Chemischen Laboratorien Institut Koldingen, Sarstedt analysiert. Die Ergebnisse der Analysen sind nachfolgend dargestellt.

Tabelle 5 Zusammenstellung der Zusammenführung der untersuchten Mischproben

Bezeichnung der Mischprobe	Zusammenführung aus		
	Probe Nr.	Aufschluss	Entnahmetiefe
MP 1	SP 1	BS 100+402	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 100+601	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 2	SP 1	BS 101+350	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 101+401	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 101+499	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 101+684	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 101+803	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 3	SP 1	BS 102+102	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 102+300	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 102+450	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 102+500	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 102+701	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 4	SP 1	BS 103+101	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 103+501	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 5	SP 1	BS 104+000	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 104+303	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 104+624	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 104+702	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 104+802	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 6	SP 1	BS 105+103	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 105+310	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 105+550	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 105+650	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 105+902	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 7	SP 1	BS 106+201	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 106+302	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 106+402	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 106+555	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 106+701	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 106+902	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 8	SP 1	BS 107+204	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 107+302	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 107+521	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 107+702	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 107+904	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 9	SP 1	BS 108+050	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 108+099	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 108+504	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 108+702	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 108+900	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 10	SP 1	BS 109+097	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 109+301	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 109+501	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 109+703	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 109+800	0,0 – 1,0 m u. GOK
MP 11	SP 1	BS 110+104	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 110+204	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 110+401	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 110+700	0,0 – 1,0 m u. GOK
	SP 1	BS 110+830	0,0 – 1,0 m u. GOK

2.2.4.2 Untersuchungsparameter und Bewertungskriterien

Die Proben wurden gemäß LAGA M 20 auf die folgenden Parameter im Feststoff und Eluat analysiert:

Feststoff:

- Kohlenwasserstoffe (KW)
- EOX (extrahierbare organisch gebundene Halogene)
- TOC (gesamter organischer Kohlenstoff)
- PAK (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe), Σ nach EPA
- Arsen (As)
- Schwermetalle: Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg), Zink (Zn)

Eluat:

- pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit
- Chlorid (Cl^-)
- Sulfat (SO_4^{2-})

Die zur Bewertung der Schadstoffbelastungen im Boden unter den Gesichtspunkten einer Verwertung bzw. Entsorgung anzuwendenden Zuordnungswerte (Z) der LAGA M 20 Richtlinie sind im Folgenden dargestellt. Die Zuordnungswerte gelten für die Verwertung des auszubauenden Bodenmaterials. Als Obergrenzen werden Konzentrationsniveaus bzw. Zuordnungswerte genannt:

bis Z 0:	Uneingeschränkter Einbau - Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen
bis Z 0*:	Verfüllungen von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelter Zone
bis Z 1:	Eingeschränkte Verwertung in technischen Bauwerken
bis Z 1.2 (nur Eluat):	Eingeschränkter Einbau in technischen Bauwerken in hydrogeologisch günstigen Gebieten
bis Z 2:	Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Maßnahmen
Z 2 überschritten:	Das Material gilt als besonders überwachungsbedürftiger Abfall, für den besondere Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden. Abfallbehandlung bzw. Ablagerung auf Deponien

2.2.4.3 Analysenergebnisse

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen am Feststoff und Eluat mit den Zuordnungswerten gemäß LAGA M 20 für die Analysen des oberen Meters sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 aufgelistet.

Die Prüfberichte des Chemischen Labors sind im Anhang E beigefügt.

Die Werte beziehen sich auf die Masse der Trockensubstanz.

Tabelle 6 Ergebnisse der Mischproben MP 1 – MP 5, Oberer Meter
 (ca. Bau-km 100+000 bis 104+800)

Feststoff	Zuordnungswerte nach LAGA M 20				Analyseergebnisse				
	Z 0 (Sand)	Z 0*	Z 1	Z 2	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5
TOC [%] ¹⁾	0,5(1,0)	0,5(1,0)	1,5	5	0,53	2,0	1,6	0,51	1,1
EOX [mg/kg]	1	1	3	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
As [mg/kg]	10	15	45	150	1,2	<1,0	1,0	<1,0	1,7
Pb [mg/kg]	40	140	210	700	<2,5	3,4	6,8	2,8	6,3
Cd [mg/kg]	0,4	1	3	10	<0,060	0,095	0,13	<0,060	0,075
Cr [mg/kg]	30	120	180	600	4,9	7,2	6,6	4,2	7,3
Cu [mg/kg]	20	80	120	400	<2,0	3,5	3,0	<2,0	2,5
Ni [mg/kg]	15	100	150	500	2,4	1,8	1,6	1,4	2,3
Hg [mg/kg]	0,1	1	1,5	5	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Zn [mg/kg]	60	100	450	1500	<3,0	5,5	7,4	<3,0	7,0
KW n-C ₁₀₋₄₀ [mg/kg]	100	400	600	2000	<50	<50	<50	<50	<50
Σ PAK [mg/kg]	3	3	3	30	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Eluat	Zuordnungswerte nach LAGA M 20				Analyseergebnisse				
	Z 0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5
pH-Wert	6,5- 9,5	6,5- 9,5	6-12	5,5-12	7,0	7,5	7,4	7,2	7,4
elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	250	250	1500	2000	19,9	24,3	34,5	14,3	38,1
Cl [mg/l]	30	30	50	100	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
SO ₄ [mg/l]	20	20	50	200	1,9	<1,0	1,1	<1,0	1,8
Zuordnung gemäß LAGA M 20					Z 1	Z 1	Z 1	Z 1	Z 1
Zuordnung gem. LAGA ohne Beurteilung TOC					Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 0

¹⁾ Gilt für die Zuordnungswerte Z 0 und Z 0*: bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert nicht 0,5 sondern 1,0 Masse-%

n.b. der betreffende Stoff ist bezgl. der Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar

Tabelle 7 Ergebnisse der Mischproben MP 6 - MP 11, Oberer Meter
(ca. Bau-km 105+000 bis 310+830)

Feststoff	Zuordnungswerte nach LAGA M 20				Analyseergebnisse					
	Z 0 (Sand)	Z 0*	Z 1	Z 2	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10	MP 11
TOC [%] ¹⁾	0,5(1,0)	0,5(1,0)	1,5	5	0,76	0,45	0,62	0,50	0,69	0,41
EOX [mg/kg]	1	1	3	10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
As [mg/kg]	10	15	45	150	2,2	3,5	1,8	2,2	2,2	2,5
Pb [mg/kg]	40	140	210	700	7,3	5,3	4,5	6,6	6,3	6,3
Cd [mg/kg]	0,4	1	3	10	0,12	0,095	<0,06	0,071	0,070	<0,06
Cr [mg/kg]	30	120	180	600	8,2	7,9	5,6	7,9	6,7	8,2
Cu [mg/kg]	20	80	120	400	4,2	<2,0	<2,0	2,6	3,9	2,5
Ni [mg/kg]	15	100	150	500	2,4	3,3	1,9	3,0	2,1	3,5
Hg [mg/kg]	0,1	1	1,5	5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,039	<0,02
Zn [mg/kg]	60	100	450	1500	12	11	4,6	7,5	9,4	8,4
KW n-C ₁₀₋₄₀ [mg/kg]	100	400	600	2000	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Σ PAK [mg/kg]	3	3	3	30	n.b.	n.b.	0,19	n.b.	6,7	n.b.
Eluat	Zuordnungswerte nach LAGA M 20				Analyseergebnisse					
	Z 0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	MP 10	MP 11
pH-Wert	6,5- 9,5	6,5- 9,5	6-12	5,5-12	7,0	6,9	7,0	7,6	6,9	7,4
elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	250	250	1500	2000	37,2	19,0	15,6	42,8	40,0	14,5
Cl [mg/l]	30	30	50	100	<1,0	<1,0	<1,0	1,1	<1,0	1,1
SO ₄ [mg/l]	20	20	50	200	4,5	2,0	<1,0	5,2	4,4	2,2
Zuordnung gemäß LAGA M 20					Z 1	Z 0	Z 1	Z 0	Z 2	Z 0
Zuordnung gem. LAGA ohne Beurteilung TOC					Z 0	Z 0	Z 0	Z 0	Z 2	Z 0

¹⁾ Gilt für die Zuordnungswerte Z 0 und Z 0*: bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert nicht 0,5 sondern 1,0 Masse-%

n.b. der betreffende Stoff ist bezgl. der Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar

2.2.4.4 Bewertung der Untersuchungsergebnisse nach LAGA M 20

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse zeigt, dass bei der überwiegenden Anzahl der Mischproben mit Ausnahme der MP 10 lediglich leicht erhöhte Gehalte an TOC, organischer Kohlenstoff, festgestellt wurde.

Unter Berücksichtigung des zum Teil geringfügig erhöhten TOC-Gehalts ist der überwiegende Teil der Mischproben der Zuordnungsklasse Z 1, eingeschränkte Verwertung in technischen Bauwerken, zuzuordnen. Organischer Kohlenstoff, der wie im vorliegenden Fall

nach der organoleptischen Bodenansprache bzgl. seiner Herkunft den humosen Bestandteilen des Oberbodens und damit natürlichem Ursprung zugeordnet werden kann, ist nicht als kontaminierender Bestandteil im Boden anzusehen und wird aus gutachterlicher Sicht somit nicht als kontaminationsrelevant angesehen.

Bei der MP 10 wurde ein leicht erhöhter Gehalt an PAK festgestellt der eine Einstufung des Bodenmaterials in die Zuordnungsklasse Z 2, Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Maßnahmen, erfordert.

Der Boden im Bereich des bis 1,3 m tiefen Einschnitts, der mit der Mischprobe MP 6 untersucht wurde, zeigt – außer einem leicht erhöhten TOC-Gehalt – keine erhöhten Schadstoffkonzentrationen.

2.3 Boden und Fels als Baustoff

Zum Zeitpunkt der Gutachtenbearbeitung waren keine Bodenentnahmestellen vorgegeben. Hinsichtlich der Eignung als Baustoff werden daher im Folgenden die Böden bewertet, die in Bereichen mit geländegleicher Lage/leichter Einschnittslage bzw. in Trassenabschnitten mit erforderlichem Bodenaustausch vorkommen. Eine Bewertung der Eignung von Boden als Baustoff erfolgt in Kapitel 3.3.

3 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

3.1 Einflüsse auf die Baumaßnahme

3.1.1 Geologische Situation

Nach den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse ist entlang der Trasse im Abschnitt 1 unterhalb des Oberbodens überwiegend mit enggestuften Feinsanden in überwiegend lockerer bis mitteldichter Lagerung zu rechnen. Bereichsweise sind in die Sande organische Böden, auch in mehreren Horizonten, zwischengeschaltet. Untergeordnet wurden auch bindige Böden erkundet.

3.1.2 Hydrogeologische Situation

Nach der Hydrogeologischen Karte Niedersachsens 1 : 200.000 (s. Unterlage 1.3.10 von Seite 3/4 dieses Gutachtens) liegt die Grundwasseroberfläche im Trassenbereich des Abschnitts 1 zwischen ca. 10 m NN und 15 m NN.

Die zum Zeitpunkt der Aufschlüsse eingemessenen, sowie die in den Grundwassermessstellen gemessenen Wasserstände stimmen im Wesentlichen mit der Lage des Grundwasserspiegels gemäß der Hydrogeologischen Karte überein, wobei jedoch im ersten Drittel des untersuchten Abschnitts auch Grundwasserstände von bis zu rd. 16,7 m NHN

festgestellt wurden. Insgesamt ist nach einem Anstieg der Grundwasserstände entsprechend der Morphologie bis rd. Bau-km 102+500 auf rd. 16,7 m NHN bis zur Mitte des Streckenabschnitts bei rd. Bau-km 106+200 ein Abfallen der Grundwasseroberfläche auf rd. 9 m NHN zu beobachten. Ab diesem Bau-km steigt die Grundwasseroberfläche bis zum Ende des untersuchten Streckenabschnitts wieder auf rd. 15,4 m NHN an, vgl. Tabelle der Anlage 4.

Zur Abschätzung der langfristigen saisonalen Grundwasserschwankungsbreite wurden die Messreihen von Grundwassermessstellen aus der Umgebung des Untersuchungsgebiets ausgewertet, Unterlage 1.3.13 von Seite 3/4 dieses Gutachtens. Die Ganglinien der letzten 5 Jahre der für den Abschnitt 1 maßgeblichen Messstellen sind in dem Anhang C beigefügt.

Anhand dieser Messungen ist zu erkennen, dass die höchsten Wasserstände prinzipiell im ersten Jahresdrittel (Januar bis April) auftreten. Die niedrigsten Wasserstände treten in der Regel im Spätsommer bis Herbst auf (September bis November). Dies korreliert mit unseren allgemeinen Erfahrungen in Niedersachsen. Die saisonalen Schwankungen der Grundwasserstände der Messstellen betragen in den letzten 5 Jahren im Mittel rd. 1 m bis rd. 2 m.

Zur Festlegung des Bemessungswasserstands wird dementsprechend angenommen, dass die saisonalen Schwankungen des Grundwasserspiegels im Untersuchungsgebiet zwischen 1 und 2 m betragen können. Bei der Festlegung des Bemessungswasserstands (anzunehmender mittlerer Höchststand des Grundwassers – MHGW) im Planungsabschnitt 1 wurde unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen und dem Zeitpunkt der Messungen während der Aufschlussarbeiten ein rd. 1 m höheres gegenüber dem derzeitigen Niveau angenommen.

Als Bemessungswasserstände in der jeweiligen Kilometrierung sind grundsätzlich die in der Tabelle der Anlage 4 angegebenen Grundwasserstände anzusetzen.

Um aussagekräftige, kontinuierliche Grundwasserstandsmessungen im direkten Trassenbereich und eine größere Planungssicherheit bei der Baumaßnahme zu erhalten, wurden im Bereich des Planungsabschnitts insgesamt 5 Pegel (Grundwassermessstellen – GWM) zur Beobachtung der Grundwasserstände errichtet. Die Ausbauprofile sind in Anhang D beigefügt. Die Lage der Grundwassermessstellen ist der Anlage 1.2.2 zu entnehmen..

Eine Übersicht über die errichteten GWMs und die bis zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung gemessenen Wasserstände bietet die nachfolgende Tabelle 8.

Tabelle 8 Grundwassermessstellen im Planungsabschnitt 1

Bezeichnung	Höhe GOK [m NHN]	POK über GOK [m]	Messung am 12.04.2012	
			[m u. GOK]	[m NHN]
GWM 5 / 100+696	16,61	1,08	1,47	15,14
GWM 4 / 102+946	18,37	0,77	2,73	15,64
GWM 3 / 105+557	11,03	1,20	1,13	9,90
GWM 2 / 108+209	11,75	1,00	1,40	10,35
GWM 1 / 109+338	12,41	1,10	1,70	10,71

3.1.3 Einordnung der Baumaßnahme in Erdbebenzonen nach DIN 4149-1

Gemäß DIN 4149-1 liegt der untersuchte Trassenabschnitt außerhalb jeglicher Erdbebengefährdungszonen.

3.2 Baugrundbeurteilung der erkundeten Schichten

3.2.1 Baugrundmodell mit geotechnischer Bewertung der einzelnen Bodenschichten

Der Baugrund im Trassenbereich lässt sich in Bereiche untergliedern, in denen ein ähnlicher Baugrundaufbau bzw. ähnliche Baugrundverhältnisse ermittelt wurden, vgl. auch Anlage 2. Diese Homogenbereiche werden nachfolgend kurz beschrieben und sind in Tabelle 9 abschließend zusammengefasst.

Es wird darauf hingewiesen, dass selbst in vermeintlichen Homogenbereichen hinsichtlich des Baugrundaufbaus zwischen den punktuellen Aufschlüssen (mit Abständen von i.d.R. 100 m) Unregelmäßigkeiten im Baugrundaufbau vorkommen können.

Einen Hinweis auf den Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) in Bezug auf die Lage der Gradiente bzw. die Lage des Planums (ca. Gradiente - 1 m) liefert die Tabelle in Anlage 4.

Im **Dambereich** von **km 100+000 bis 100+450** stehen im Untergrund überwiegend Sande mit variierenden Schluffanteilen an. Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen sind die Sande überwiegend locker bis mitteldicht und mit zunehmender Tiefe mitteldicht bis dicht gelagert. Grundwasser wurde bei den Aufschlussarbeiten in diesem Bereich in Tiefen zwischen rd. 1,2 m unter GOK angetroffen.

Im **Dambereich** von **km 100+450 bis 100+650** wurden Sande mit variierenden Schluffanteilen mit geringmächtigen Torfzwischenlagen, $d = \text{rd. } 0,4 \text{ m}$, in Tiefen bis $0,7 \text{ m}$ bzw. $1,6 \text{ m}$ angetroffen. Die Sande sind überwiegend locker bis mitteldicht gelagert. Grundwasser wurde in diesem Bereich in Tiefen von rd. $0,95 \text{ m}$ angetroffen.

Im **Dammbereich** von **km 100+650 bis 101+350** stehen im Untergrund überwiegend Sande mit variierenden Schluffanteilen an. Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen sind die Sande am Anfang des Bereichs überwiegend mitteldicht, dann größtenteils dicht bis sehr dicht (bis in Tiefen von rd. 4 – 6 m) und gegen Ende des Bereichs überwiegend locker bis mitteldicht gelagert. Grundwasser wurde in diesem Bereich in Tiefen von rd. 1,5 m bis rd. 2,2 m angetroffen.

In dem **geländegleichen Bereich** von **km 101+350 bis 102+250** wurden oberflächennah bis rd. 1 - 1,3 m u. GOK wenig tragfähige Böden, wie organischer Sande, Schluff bzw. Torfe erkundet. Unterlagert werden diese Böden von locker bis mitteldicht, mit zunehmender Tiefe auch mitteldicht bis dicht gelagerten Sanden. Bereichsweise wurden auch mächtigere sehr lockere bis lockere Zwischenlagen erkundet. Grundwasser wurde in Tiefen von rd. 1 m bis rd. 2 m angetroffen. In der nachfolgenden Tabelle ist der Bereich noch weiter unterteilt.

Im Bereich von **km 102+250 bis 102+475 mit geringer Dammlage** wurden überwiegend Sande mit (z.T. stark) variierenden Schluffanteilen und bereichsweise bis in Tiefen von rd. 1 m Torf angetroffen. Die Sande weisen eine überwiegend mitteldichte Lagerung auf, die mit zunehmender Tiefe in eine dichte Lagerung übergeht. Bereichsweise wurden auch lockere Zwischenlagen erkundet. Grundwasser wurde in diesem Bereich in Tiefen von rd. 0,9 - 1 m angetroffen.

In dem **geländegleichen Bereich** von **km 102+475 bis 103+925**, der von einem kurzen Abschnitt mit **geringer Dammlage (km 102+975 bis 103+150)** unterbrochen wird, wurden Sande mit variierenden Schluffanteilen erkundet, die am Anfang des Bereichs bis ca. Bau-km 103+150 überwiegend mitteldicht bis dicht, und anschließend überwiegend locker bzw. locker bis mitteldicht gelagert sind. Grundwasser wurde in diesem Bereich in Tiefen von rd. 0,9 m bis rd. 2,8 m angetroffen.

In dem **geländegleichen Bereich** von **km 103+925 bis 104+325** wurden Sande mit variierenden Schluffanteilen und Schluffzwischenlagen erkundet. Ab rd. 6 m und bei 12 – 17 m wurden auch Torfe in z.T. 3 Horizonten angetroffen. Bei CPT 104+187 wurde ab einer Tiefe von 20 m eine Schluffschicht erkundet. Die Sande sind überwiegend mitteldicht, bereichsweise auch dicht gelagert. Bei rd. Bau-km 104+200 quert die Trasse den Goldbach. Grundwasser wurde in Tiefen von rd. 1,7 m bis 1,9 m angetroffen.

Im **Bereich mit geringer Dammlage** von **km 104+325 bis 105+575**, der bei ca. **km 105+200 in einen leichten Einschnitt** übergeht, wurden Sande mit variierenden Schluffanteilen erkundet, die am Anfang des Bereichs bis ca. Bau-km 105+000 überwiegend locker bis mitteldicht, mit zunehmender Tiefe auch mitteldicht bis dicht, und anschließend

überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert sind. Im Bereich von der AS Versen wurden in Tiefen von rd. 5 - 10,5 m u. GOK lediglich Spitzendrücke q_c von 1 - 2 MN/m² gemessen. Grundwasser wurde in diesem Bereich in Tiefen von rd. 1,2 m bis rd. 2,8 m angetroffen.

Im anschließenden Bereich der Flutmulde, die mit einer Brücke überquert wird, wurden in Tiefen von rd. 1,3 – 2,4 m u. GOK organische Böden (Torfe und Mudden) angetroffen, die von locker gelagerten Sanden unterlagert werden. In einer Tiefe von 13 – 20 m wurde eine Tonlage erkundet. Grundwasser wurde im Bereich der Flutmulde in Tiefen von rd. 1,2 m angetroffen.

Im **Dammbereich** von **km 105+675 bis 106+500** wurden überwiegend locker gelagerte Sande mit variierenden Schluffanteilen, die mit zunehmender Tiefe in eine mitteldichte bis dichte Lagerung übergehen. Grundwasser wurde in Tiefen von rd. 1,1 m bis rd. 1,9 m angetroffen.

Im **Dammbereich** von **km 106+500 bis 106+750** (Bereich eines Ems-Altarms) wurde teils Mude in Tiefen von rd. 1,4 – 3,9 m u. GOK, teils sehr lockerer Sand angetroffen. Darunter folgen locker, mit zunehmender Tiefe auch mitteldicht gelagerte Sande, in die bei 13 – 15,5 m Tonschichten eingelagert sind. Grundwasser wurde in diesem Bereich in Tiefen von rd. 1,1 m bis rd. 2,1 m angetroffen. In der nachfolgenden Tabelle ist der Bereich noch weiter unterteilt.

Im **Dammbereich** von **km 106+750 bis 107+000** wurden überwiegend locker bis mitteldicht gelagerte Sande mit variierenden Schluffanteilen angetroffen, in die bereichsweise geringmächtige Muddelagen zwischengeschaltet sind. Grundwasser wurde in Tiefen von rd. 1 m angetroffen.

Im **Dammbereich** von **km 107+000 bis 108+650** wurden überwiegend locker gelagerte Sande mit variierenden Schluffanteilen erkundet, die ab rd. 6 – 10 m u. GOK in eine mindestens mitteldichte Lagerung übergehen. In Einzelfällen wurden in Tiefen ab 9 m Tonlagen mit Mächtigkeiten von bis zu 1,2 m festgestellt. Grundwasser wurde in Tiefen von rd. 0,8 m bis rd. 1,6 m angetroffen.

Im **Dammbereich** von **km 108+650 bis 108+975** wurden überwiegend locker bis mitteldicht gelagerte Sande mit variierenden Schluffanteilen angetroffen. In diese Sande sind in Tiefen ab rd. 2,3 m organische Böden (Torfe und Mudden) bzw. Schluffschichten eingelagert. Am Ende des Bereichs wurden ab 8 m u. GOK Schluffschichten in 2 Horizonten erkundet. Grundwasser wurde in Tiefen von rd. 1,2 m bis rd. 1,8 m angetroffen.

Im **Dammbereich** von **km 108+975 bis 110+875** wurden überwiegend locker bis mitteldicht und vereinzelt auch dicht bis sehr dicht gelagerte und mit zunehmender Tiefe mindestens mitteldicht gelagerte Sande mit variierenden Schluffanteilen angetroffen. Im **Bereich von km 109+275 bis 109+375** ist in den Sanden in Tiefen von rd. 2,6 – 3,3 m bzw. 1,8 – 3,8 m eine Muddelage zwischengeschaltet. Im **Bereich km 110+375 bis 110+500** stehen bis rd. 1 m u. GOK organische Sande an. Ab rd. km 110+500 sind in die Sande bereichsweise geringmächtige Schluffschichten eingelagert. Grundwasser wurde bis rd. km 110+000 in Tiefen zwischen 0,8 – 3,2 m u. GOK angetroffen. Ab hier steigt das Gelände an, so dass das Grundwasser hier bei rd. 6,4 – 7 m u. GOK ansteht.

Im **Dammbereich** von **km 110+875 bis zum Ende des Abschnitts bei km 110+958** wurden Geschiebelehme über Sanden erkundet.

Zur Überprüfung der Lagerungsdichte der bestehenden B 402 wurden CPT durch den Damm ausgeführt. Hierbei wurde überwiegend sandiges Dammmaterial in mindestens dichter Lagerung festgestellt. Lokal wurden auch nur locker bis mitteldichte Dämme erkundet.

Tabelle 9 Baugrundaufbau im Trassenabschnitt

Kilometrierung		Lage der Trasse	im Untergrund anstehende Böden
von	bis		
100+000	100+450	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen
100+450	100+650	Dammlage	Sand mit Torfzwischenlage, d = 40 cm
100+650	101+350	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen
101+350	101+525	geländegleich	bis 1 m org. Sand bzw. Torf über Sand mit variierenden Schluffanteilen
101+525	101+670	geländegleich	Schluff bis rd. 1 m (bereichsweise auch Torf bis 0,8 m) über Sand mit Schluffzwischenlagen
101+670	101+850	geländegleich	Sand mit variierenden Schluffanteilen, oberflächennah organische Linsen
101+850	102+125	geländegleich	bis 1,3 m Torf über Sand mit variierenden Schluffanteilen, z.T. schluffig
102+125	102+250	geländegleich	bis 1 m Schlufflagen über Sand
102+250	102+475	geringe Dammlage	Sand, z.T. bis 1 m Torf über Sand mit (z.T. stark) variierenden Schluffanteilen
102+475	103+925	geringe Dammlage bzw. geländegleich	Sand mit variierenden Schluffanteilen
103+925	104+325	geländegleich	Sand mit variierenden Schluffanteilen und Schluffzwischenlagen, ab rd. 6 m: Torflagen; tiefe Torf- bzw. Schluff-Lagen ab 12 - 17 m bzw. 20 m
104+325	105+575	geringe Dammlage / geringer Einschnitt	Sand mit variierenden Schluffanteilen
105+575	105+675	Brücke	Sand mit Mudde- bzw. Torf-Zwischenlage, Tonlage bei 13,8 - 19,5 m
105+675	106+500	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen
106+500	106+575	Dammlage	Sand, z.T. schluffig über Mudde über Sand
106+575	106+650	Dammlage	Sand, sehr locker bis locker, ab 13 m u. GOK Tonlagen
106+650	106+750	Dammlage	Sand, z.T. schluffig über Mudde über Sand
106+750	107+000	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen (z.T. mit geringmächtigen Mudde-Zwischenlagen)
107+000	108+650	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen; bei 107+050 und 107+550 Tonlage bei ca. 9 - 10 m
108+650	108+975	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen, Zwischenlage aus Torf bzw. bindigen Material; bei 108+950 ab 8 m Schlufflagen
108+975	109+275	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen
109+275	109+375	Dammlage	bis ca. 4 m Sand mit Mudde-Lagen über Sand
109+375	110+375	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen
110+375	110+500	Dammlage	bis 1 m org. Sand über Sand mit variierenden Schluffanteilen
110+500	110+875	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen, bereichsweise Schlufflagen
110+875	110+958	Dammlage	Geschiebelehm über Sand

3.2.2 Bautechnisch relevante geotechnische Kennwerte und Eigenschaften

3.2.2.1 Bautechnische Eigenschaften der angetroffenen Bodenarten

Zur bautechnischen Klassifizierung und zur Beurteilung der angetroffenen Bodenarten hinsichtlich der erforderlichen Erdarbeiten sind in Tabelle 10 die Bodengruppen nach DIN 18 196 und die Bodenklassen nach DIN 18 300 der angetroffenen Bodenarten angegeben.

Tabelle 10 Bodengruppen und Bodenklassen der angetroffenen Bodenarten

Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300
Oberboden	OH	1
Sand mit variierenden Schluffanteilen	SE, SU	3
Sand, schluffig bis stark schluffig	SU* untergeordnet ST*	4 ¹⁾
Torf	HZ, HN	2
Mudde	OH, OU, OT	2
Schluff	UL	4 ¹⁾
Ton	TA	4
Geschiebelehm	TL/ST*	4 ¹⁾

¹⁾ Bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2

Die angetroffenen Schluffe sowie die schluffigen Sande sind stark frost- und wasserempfindlich. Außerdem sind sie empfindlich gegenüber mechanischer Beanspruchung. Bei Wasserzutritt kann sich eine steife Konsistenz schnell zu einer weichen – breiigen Konsistenz entwickeln.

3.2.2.2 Frostempfindlichkeit

Die Frostempfindlichkeit des Untergrunds ist bei der Ermittlung der erforderlichen Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus maßgebend. Beim Antreffen von Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F 2 oder F 3 sind Frostschutzmaßnahmen erforderlich.

Auf der Grundlage der durchgeführten Laborversuche sowie der Bodenansprachen im Labor wurden die in den geländegleichen Lagen angetroffenen Böden ca. in der Tiefenlage des Planums (Oberkante Untergrund), d.h. rd. 1 m unter Gradienten, hinsichtlich Frostempfindlichkeit klassifiziert. Die Einzelergebnisse sind in der Anlage 2 und der nachfolgenden Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11 Frostempfindlichkeitsklassen (ZTVE-StB 09) im Trassenbereich

Kilometrierung		Lage der Trasse	Frostempfindlichkeitsklasse	Bodenarten in Höhe Planum
von	bis			
101+350	101+740	Geländegleich	F 3	Schluff, Torf, schluffiger Sand
101+740	101+800	Geländegleich	F 1	Sand (SE)
101+800	102+250	Geländegleich	F 3	Torf, Schluff, org. Sand
102+550	102+875	Geländegleich	F 3	Sand (SU, SU*)
102+875	102+975	Geländegleich	F 1	Sand (SE)
103+150	104+000	Geländegleich	F 1	Sand (SE, untergeordnet SU)
104+000	104+350	Geländegleich	F 3	Schluff, schluffiger Sand
105+150	105+500	Geländegleich/ leichter Einschnitt	F 1	Sand (SE)

Demnach stehen im Trassenbereich in den geländegleichen Abschnitten auf einer Länge von rd. 1,25 km sehr frostempfindliche Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 sowie auf einer Länge von rd. 1,36 km nicht frostempfindliche Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 nach ZTV E-StB 09, Unterlage 1.3.15 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, an.

In den Bereichen mit Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 sind Frostschutzmaßnahmen in Form eines frostsicheren Tragschichtaufbaus bzw. der Einbau einer Frostschutzschicht aus nicht frostempfindlichen Böden erforderlich.

In den Bereichen mit Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 sind generell keine Frostschutzmaßnahmen erforderlich.

In Dammbereichen mit Höhen $h > 1$ m, ist die Frostsicherheit durch das Dammschüttmaterial zu gewährleisten. Deshalb ist die obere Zone der geplanten Dämme aus frostsicherem Material herzustellen.

Generell ist für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 bei Straßen der Bauklassen SV, I und II eine Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus von 65 cm angegeben. Da das Untersuchungsgebiet in der Frosteinwirkungszone I liegt, sind hierfür keine Mehrdicken erforderlich. Aufgrund der Lage der Gradienten außerhalb geschlossener Ortslage und mit Dammhöhen < 2 m ist eine Mehrdicke von 5 cm anzusetzen. Die Wasserverhältnisse variieren im Trassenbereich. Bei ungünstigen Wasserverhältnissen, Grundwasser kommt in Frostperioden dauerhaft oder auch nur zeitweise höher als 2 m unter Planum vor, ist eine Mehr-

dicke von 5 cm anzusetzen. Bei ungünstigen Wasserverhältnissen ist somit eine Dicke des frostsicheren Aufbaus von 75 cm und bei günstigen Wasserverhältnissen eine Dicke des frostsicheren Aufbaus von 70 cm anzusetzen. In der nachfolgenden Tabelle 12 sind die Dicken des empfohlenen frostsicheren Aufbaus für die geländegleichen Bereiche mit frostempfindlichen Böden zusammengestellt.

Tabelle 12 Empfohlene Dicke des frostsicheren Aufbaus

Kilometrierung		Lage der Trasse	Frostempfindlichkeitsklasse	Empfohlene Dicke des frostsicheren Aufbaus
von	bis			
101+350	101+740	Geländegleich	F 3	d = 75 cm
101+800	102+250	Geländegleich	F 3	d = 75 cm
102+550	102+875	Geländegleich	F 3	d = 75 cm
104+000	104+350	Geländegleich	F 3	d = 75 cm

3.2.2.3 Geotechnische Kennwerte

Für die im Rahmen der vorliegenden Baumaßnahme durchzuführenden erdstatischen Berechnungen können die in Tabelle 14 angegebenen charakteristischen Werte der bodenmechanischen Kennwerte verwendet werden.

Die Bodenkennwerte wurden anhand der im bodenmechanischen Labor der GTU vorgenommenen Bodenansprache, der Ergebnisse der Laborversuche bzw. deren Bewertung unter Berücksichtigung von Erfahrungen mit vergleichbaren Bodenarten sowie aus den Ergebnissen der Drucksondierungen abgeleitet.

Die Lagerungsdichte der Sande kann aus den gemessenen Spitzendrücken wie folgt abgeschätzt werden.

Tabelle 13 Lagerungsdichten nichtbindiger Böden in Abhängigkeit des Spitzendrucks q_c

Spitzendruck q_c [MN/m ²]	Lagerungsdichte
2 bis 4	sehr locker
4 bis 7,5	locker
7,5 bis 15	mitteldicht
15 bis 25	dicht
> 25	sehr dicht

Tabelle 14 Bodenmechanische Kennwerte (charakteristische Werte)

Bodenart	Spitzen qc [MN/m ²]	Lagerungs- dichte/ Konsistenz	Wichte		Scherparameter			Steife- modul E _s [MN/m ²]	Durch- lässigkeit k _f [m/s]
			γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	c _u [kN/m ²]	φ' [°]	c' [kN/m ²]		
Oberboden		locker	18	10	-	30	0	3	ca. 1·10 ⁻⁵
Sand (fS, ms) mit variierenden Schluffanteilen (SE, SU)	2 - 5	sehr locker - locker	17,5	10	-	30	0	15 - 20	ca. 1·10 ⁻⁵ - 1·10 ⁻⁶
	5 - 10	locker - mitteldicht	18	10	-	30	0	20 - 40	
	7,5 - 15	mitteldicht	19	11	-	32,5	0	40 - 50	
	> 15	dicht - sehr dicht	20	12	-	35	0	50 - 80	
Sand (schluffig – stark schluffig, SU*)	< 7,5	locker	19	9	-	27,5	0	20	ca. 1·10 ⁻⁶ - 1·10 ⁻⁷
	7,5 - 15	mitteldicht	20	10	-	30	0	30	
	> 15	dicht	20	10	-	32,5	0	40	
Torf	< 1	zersetzt, ober- flächennah	11	1	10 - 15	15	2 - 3	0,5 - 1,0	ca. 1·10 ⁻⁶ - 1·10 ⁻⁸
	1 - 2	teilweise nicht zersetzt	11	1	20 - 30	17,5	3	1 - 2	
	2 - 3		12	2	30 - 40	20	5	3	
Mudde	< 1	breiig – weich	12	2	15 - 25	18	2 - 4	1 - 2	ca. 5·10 ⁻⁷ - 5·10 ⁻⁹
	1 - 2	weich	14	4	40 - 50	20	10	2 - 5	
Schluff (UL)	1 - 2	weich	19	9	25	25	0	5	ca. 5·10 ⁻⁷ - 1·10 ⁻⁹
	2 - 4	weich-steif	19	9	30	25	5	5 - 8	
Ton (TA)	1 - 2	weich-steif	20	10	50	22,5	10 – 15	6 - 10	ca. 1·10 ⁻⁸ - 1·10 ⁻¹⁰
	2 - 4	steif	20	10	> 50	22,5	20	10 - 15	
stark sandiger Geschiebelehm (TL/ST*)	1 - 2	weich-steif	20	10	25 - 35	27,5	5	5 - 12	ca. 5·10 ⁻⁸ - 5·10 ⁻⁹

Die Steifemoduln sind in Abhängigkeit vom jeweiligen Belastungsbereich anzusetzen. Anhand von zusätzlichen Erkenntnissen können sich Änderungen in den anzusetzenden Kennwerten ergeben.

3.2.2.4 Eignung des Untergrundes zur Versickerung von Niederschlagswasser

Die Versickerungseignung des Untergrundes für Niederschlagswasser wird insbesondere vom Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f bestimmt. Für die angetroffenen Bodenarten wurden aufgrund von Erfahrungen und der Ergebnisse der Untersuchungen im Planungsabschnitt 3 Schwankungsbereiche der Durchlässigkeitsbeiwerte angenommen und in Tabelle 14, Abschnitt 3.2.2.3, dargestellt.

Nach der Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew, 2005) ist die Errichtung von Versickerungsanlagen bei Böden mit Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1 \cdot 10^{-5}$ m/s in der Regel nicht sinnvoll. Nach dem DWA-Arbeitsblatt A 138 liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich etwa in einem k_f -Bereich von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Demnach sind von den angetroffenen Böden prinzipiell nur Sande der Bodengruppe SE und SU für eine Versickerung von Niederschlagswasser als bedingt geeignet bis geeignet zu beurteilen.

Eine weitere Voraussetzung für die Versickerung von Niederschlagswasser ist neben der o. g. ausreichenden Durchlässigkeit des Sickerraums auch eine ausreichende Mächtigkeit des Sickerraums. Dementsprechend ist bei der Beurteilung der Versickerungseignung nicht nur auf die Durchlässigkeit der Bodenschichten zu achten ist, sondern auch auf den Abstand zwischen der Unterkante einer Versickeranlage und der Grundwasseroberfläche, welcher beim mittleren Höchststand des Grundwasserspiegels (MHGW) mindestens 1 m betragen muss.

Eine Einteilung der Trasse in zur Versickerung prinzipiell geeignete Bodenarten unterhalb des Oberbodens ist in Anlage 2 angegeben. In der folgenden Tabelle 15 sind die Abschnitte, in denen eine Versickerung grundsätzlich möglich ist, zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 15 Zur Versickerung geeignete Trassenabschnitte

Kilometrierung		Zur Versickerung geeigneter Untergrund
von	bis	
102+650	102+750	bedingt geeignet
102+850	103+000	bedingt geeignet
104+750	104+950	bedingt geeignet
105+050	105+500	bedingt geeignet
110+000	110+958	bedingt geeignet

Aufgrund der Wasserdurchlässigkeit der Sande zwischen rd. $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s sind diese für eine Versickerungseignung als nur bedingt geeignet bis geeignet einzustufen. Es wird darauf hingewiesen, dass bei der Verwendung der angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte für die Bemessung von Versickerungsanlagen zum Erhalt der sogenannten Bemessungs- k_f -Werte die entsprechenden Korrekturfaktoren gemäß des Anhang B der ATV-DVWK-A 138 zu berücksichtigen sind.

3.3 Beurteilung von Boden und Fels als Baustoff

3.3.1 Geotechnische Kennwerte und Eigenschaften

Da, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, keine Bodenentnahmestellen vorgegeben waren und hier keine Einschnitte geplant sind, können nur die Böden aus den geländegleichen Bereichen als Baustoff wiederverwertet werden. Die Beschreibung der Eigenschaften und geotechnischen Kennwerte ist im Kapitel 3.2.2 zusammengestellt.

3.3.2 Einordnung und Eignungsaussage

Die in den geländegleichen Trassenabschnitten und dem Trassenabschnitt in leichter Einschnittslage bzw. in Trassenabschnitten mit erforderlichem Bodenaustausch unterhalb des Oberbodens bis ca. 1 – 1,5 m u. GOK anfallenden Böden, sowie deren Bodenklasse nach DIN 18 300 sind in Anlage 2 dargestellt. Einen zusammenfassenden Überblick bietet nachfolgende Tabelle 16.

Tabelle 16 Anfallende Aushubmaterialien

Kilometrierung		Lage der Trasse	Bodengruppen nach DIN 18 196 der auszuhebenden Bodenarten	Bodenklasse nach DIN 18 300
von	bis			
100+450	100+650	Dammlage	OH, HN	2
101+350	102+250	Geländegleich	HN, HZ, OH, UL, SU*	2, 4 ¹⁾
102+250	102+550	Dammlage	OH, HN, HZ	2
102+550	102+975	Geländegleich	SU, SE, SU*	3, 4 ¹⁾
103+150	104+000	Geländegleich	SE	3
104+000	104+325	Geländegleich	OH, UL, SE	2, 3, 4 ¹⁾
105+150	105+510	Geländegleich/ leichter Einschnitt	SU, SE	3
110+375	110+500	Dammlage	OH	2

¹⁾ Bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2

Im Abschnitt 1 sind keine nennenswerten Einschnittsbereiche vorhanden, und aus den geländegleichen Bereichen unterhalb des Oberbodens werden nur verhältnismäßig geringe Mengen an Boden gefördert. Hierbei handelt es sich überwiegend um organische und bindige Böden, die grundsätzlich nicht wieder zu verwenden sind. Lediglich in dem kurzen leichten Einschnittsbereich fallen Fein- bis Mittelsande mit variierenden Schluffanteilen an, deren Materialeignung als Dammbaustoff, Austauschmaterial, Frostschutzmaterial, Tragschicht- und Filtermaterial sowie Material zur Bauwerkshinterfüllung in der Tabelle 17 zusammenfassend dargestellt ist.

Tabelle 17 Beurteilung der Materialeignung

Bodenart	Beurteilung der Materialeignung					
	Damm-schütt-material	Baugrund-ver-besserung	Frost-schutz-material	Trag-schicht-material	Filter-material	Bauwerks-hinter-füllung
Sand (SE)	+	-	+	-	-	+
Sand (SU)	+	-	-	-	-	+
Sand (SU*)	+	-	-	-	-	-

- = nicht geeignet o = bedingt geeignet + = geeignet

Die Sande sind generell als Dammschüttmaterial geeignet. Aufgrund des engen Kornspektrums sind die Sande jedoch nur schwer verdichtbar. Bei Verwendung dieser Sande ist eine Regelleignung der Dämme von 1 : 2 vorzusehen.

Da bei den Erdarbeiten nur verhältnismäßig wenig Material anfällt ist dementsprechend zusätzliches Material erforderlich.

Als Dammbaumaterial sind nach ZTV E-StB (Unterlage 1.3.15 und 1.3.17 von Seite 3/4 dieses Gutachtens) grundsätzlich alle Bodenarten geeignet, sofern die Anforderungen an

- Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit,
- Witterungs- und Wasserempfindlichkeit beim Einbau,
- Frostempfindlichkeit im eingebauten Zustand,
- die Standsicherheit der Böschungen,
- das Setzungsverhalten der Dämme sowie
- die Wasserdurchlässigkeit und Filterstabilität gegenüber angrenzenden Bodenschichten

eingehalten sind. Es wird allerdings empfohlen, grob- oder gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SE, SI, SW, SU, SU*, GE, GI, GW, GU, GU* zu verwenden. Es wird darauf hingewiesen, dass das Dammmaterial im verdichteten Endzustand zur Gewährleistung der Standsicherheit Mindest-Scherparameter von $\varphi' = 25,0^\circ$ und $c' = 10 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 27,5^\circ$ und $c' = 8 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\varphi' = 35^\circ$ und $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ aufweisen muss.

Als Frostschuttschicht können Böden der Bodengruppe GE, GI, GW, SE, SI, SW nach DIN 18 196 bzw. Korngemische 0/2, 0/4, 0/11, 0/16, 0/22, 0/32, 0/45, 0/56, 0/63 mit einem max. Anteil an Feinkorn < 0,063 mm von 5 M.-% verwendet werden.

Für die erforderlichen Bodenaustauschmaßnahmen ist hoch verdichtbares gebrochenes Material oder ein vergleichbares Recycling- Material zu verwenden. Sofern das Austausch-

material zum frostsicheren Aufbau hinzuzählen soll, ist frostsicheres Material zu verwenden. Ansonsten muss das Material für einen Bodenaustausch die Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit erfüllen.

Für den Oberbau, d.h. für Kies- und Schottertragschichten zwischen Decke bzw. Trag-schichtdecke und Planum können Baustoffgemische mit Körnungen 0/32, 0/45 und 0/56 mit einem zulässigen Feinkornanteil von max. 5 M.-% verwendet werden.

Bei der Herstellung des Oberbaus im Straßenbau sind weiterhin grundsätzlich die „Techni-schen Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau – TL SoB-StB“ sowie „Zusätzlichen Technischen Vertrags-bedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau – ZTV T-StB“ zu beachten.

Die Korngrößenverteilungen der als Filtermaterial einzusetzenden Böden richten sich nach der Filterstabilität gegenüber den angrenzenden Böden und sind dementsprechend zu wäh-len.

Für die Hinterfüllbereiche sowie den unmittelbar an das Bauwerk anschließenden Über-schüttbereich bis 1,0 m Dicke sind grobkörnige und gemischtkörnige Böden der Boden-gruppe GE, GI, GW, SE, SI, SW sowie GU, GT, SU, ST nach DIN 18 196 bzw. Korn-gemische aus gebrochenem Gestein 0/100 mm mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von nicht mehr als 15 M.-% geeignet. Sofern die Hinterfüllung aus gemischtkörnigen Böden ausgeführt wird, ist eine mindestens 1 m dicke, filterstabile Entwässerungsschicht aus grob-körnigem Material hinter dem Bauwerk vorzusehen. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Beachtung der Anforderungen des „Merkblatt über den Einfluss von Hinterfüllungen auf Bauwerke“, FGSV, 1994 hingewiesen.

3.4 Geotechnische Berechnungen

3.4.1 Standsicherheitsuntersuchungen in Dammschnitten

Bei der Untersuchung der Standsicherheit gegen Böschungsbruch wurde ermittelt, dass unter Zugrundelegung einer Böschungsneigung von 1 : 1,5 bei bis zu 8 m hohen Dämmen und 1 : 2 in Bereichen mit den bis zu 11 m hohen Dämmen im Endzustand grundsätzlich eine ausreichende Standsicherheit gegeben ist, sofern das Dammmaterial Mindest-Scher-parameter von $\varphi' = 25,0^\circ$ und $c' = 10 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 27,5^\circ$ und $c' = 8 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\varphi' = 35^\circ$ und $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ aufweist.

Eine Ausnahme davon machen die Dammbereiche mit mächtigeren Mudde-Schichten im Untergrund bei Bau-km 106+550 bis 106+750 sowie bei Bau-km 109+275 bis 109+375. Hier ist zur Gewährleistung der Standsicherheit im Endzustand eine Böschungsneigung von 1 : 2 erforderlich.

Sofern die örtlich anstehenden enggestuften Feinsande zur Schüttung der Dämme verwendet werden sollen, ist generell eine Dammneigung von 1 : 2 vorzusehen.

Anhand weiterer Berechnungen wurde die Anfangsstandsicherheit, d.h. die Standsicherheit bei undrainierten Verhältnissen direkt nach Aufbringung der Schüttlagen, untersucht. Die angesetzte undrainierte Kohäsion c_u wurde überschlägig anhand der ermittelten Spitzendrücke abgeleitet.

Nach den Ergebnissen der Standsicherheitsuntersuchungen ist in dem Abschnitt von Bau-km 110+875 bis zum Ende des Planungsabschnitts 1 bei Bau-km 110+958 die Anfangsstandsicherheit bei der geplanten Endhöhe von rd. 10,5 m nicht gegeben. In diesem Abschnitt ist eine Einhaltung einer maximalen Schütthöhe und einer Liegezeit zur teilweisen Konsolidierung der Geschiebeböden erforderlich. Es ist eine Anfangsschütthöhe von 6 m einzuhalten. Nach einer Liegezeit von rd. 2 Monaten kann der Damm auf die Endhöhe geschüttet werden.

Eine Kontrolle der Setzungen und insbesondere der Porenwasserüberdrücke in diesem Abschnitt ist sinnvoll und erforderlich, um die Liegezeit optimieren zu können. Anhand des gemessenen Setzungsverlaufs und der Porenwasserüberdrücke kann zu einem früheren Zeitpunkt eine Abschätzung der noch zu erwartenden Restsetzungen erfolgen und die Liegezeit ggf. entsprechend angepasst / optimiert werden. Für die messtechnische Begleitung ist ein Messkonzept auszuarbeiten, in dem Art und Umfang der Messungen festgelegt werden, und welches die Messung der Setzungen mittels Setzungspegeln, Piezometer in den Weichschichten sowie eine Dokumentation der Schüttstufen umfassen sollte. In den übrigen Dammbereichen ist keine Begrenzung der Schüttlagen oder die Einhaltung bestimmter Schütt- bzw. Liegezeiten erforderlich.

In den o. g. Bereichen mit den mächtigeren Mudde-Schichten ist ebenfalls eine messtechnische Begleitung vorzusehen. In dem Bereich von Bau-km 108+650 bis 108+975 stehen in den Sanden organische Zwischenlagen an. Hier sind eine temporäre Überschüttung zur Vorwegnahme der Setzungen von mindestens 1,5 m sowie ebenfalls eine messtechnische Begleitung erforderlich.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die vermeintlich ungünstigsten Verhältnisse berücksichtigt wurden. Aufgrund der jedoch nur punktuell vorhandenen Aufschlüsse können sich ggf. auch noch ungünstigere Verhältnisse ergeben.

3.4.2 Setzungsverhalten in Dammschnitten

Anhand von Überslagsberechnungen wurde in maßgeblichen Querschnitten des Trassenabschnitts das Konsolidations- und Setzungsverhalten abgeschätzt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18 Abschätzung der Setzungen und Konsolidation maßgeblicher Querschnitte

Querprofil ca. km	Dammhöhe [m]	Setzungen [cm]	Konsolidationsdauer [Tage]
100+500	6 m	ca. 10 – 15 cm	Während der Bauzeit
106+700	6 m	ca. 20 – 30 cm	ca. 60
109+350	6 m	ca. 20 – 30 cm	ca. 60
110+910	10,5 m	ca. 15 – 20 cm	ca. 120

Im Dammbereich von Bau-km 106+550 bis 107+100 sowie im Dammbereich von Bau-km 109+275 bis 109+375 wurden rechnerische Setzungen von 20 cm bis 30 cm bei einer Liegezeit von rd. 2 Monaten abgeschätzt. Im Dammschnitt von Bau-km 110+875 bis 110+958 wurden rechnerische Setzungen von 15 cm bis 20 cm bei einer Liegezeit unter Berücksichtigung der o. g. Zwischenschüttung von rd. 4 Monaten abgeschätzt. In diesen Bereichen wird eine frühzeitige Schüttung der Dämme unter Kontrolle der Setzungen und der Porenwasserüberdrücke empfohlen.

Im Dammbereich von Bau-km 100+450 bis 100+650 wurden rechnerische Setzungen von 10 cm bis 15 cm abgeschätzt. Hier werden die Setzungen zwar überwiegend während der Bauzeit abklingen, aufgrund der organischen Böden im Untergrund wird hier ebenfalls eine frühzeitige Schüttung empfohlen.

In den übrigen Dammschnitten werden die Setzungen während der Bauzeit abklingen.

Aus organischen Böden sind weiterhin prinzipiell Kriechsetzungen möglich. Da in den Dammbereichen jedoch nur Torfe in geringen Mächtigkeiten bzw. Mudden mit nur geringen organischen Anteilen anstehen, sind hier keine nennenswerten Kriechsetzungen zu erwarten.

Aus der Anschüttung des neuen an den bestehenden Damm sind Mitnahmesetzungen des bestehenden Damms nicht auszuschließen, die unter Berücksichtigung der Vorbelastung des Baugrunds unter dem bestehenden Damm mit bis zu rd. 5 – 10 cm abgeschätzt werden können. Um ein Abreisen der neuen Fahrbahn an der alten Fahrbahn zu vermeiden, ist die neue Fahrbahn erst nach dem Abklingen der Setzungen herzustellen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die vermeintlich ungünstigsten Verhältnisse berücksichtigt wurden. Aufgrund der jedoch nur punktuell vorhandenen Aufschlüsse können sich ggf. ungünstigere Verhältnisse ergeben.

4 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise

4.1 Geotechnische Kategorien

Nach Auswertung und Beurteilung der Baugrundaufschlüsse und Laborversuche wird die anfängliche Eingruppierung der Baumaßnahme in die Geotechnischen Kategorie 2 grundsätzlich bestätigt.

4.2 Empfehlungen und Hinweise für die Entwurfsbearbeitung, Ausschreibung und Baudurchführung

4.2.1 Allgemeines

Das Gutachten gilt nur für den in Kapitel 1.2 beschriebenen Planungsstand. Planungsänderungen sind dem Gutachter mitzuteilen. Sondervorschläge und Planungsänderungen sind im Rahmen einer zusätzlichen Begutachtung bzw. geotechnischen Beratung zu prüfen und zu beurteilen.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die durchgeführten Baugrunderkundungen nur einen stichprobenartigen Aufschluss liefern. Dies gilt insbesondere auch für die Festlegung, in welchem Umfang Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich sind. Bei der Durchführung der Erdarbeiten ist grundsätzlich eine Inaugenscheinnahme und Abnahme der Aushubsohlen durch einen geotechnischen Sachverständigen erforderlich. Dadurch können die erforderlichen Maßnahmen optimiert werden.

Die ausgeschriebenen Maßnahmen zur Bodenverbesserung sowie die entsprechenden Leistungsverzeichnisse sollten mit dem Gutachter abgestimmt werden.

Es gelten nur die zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung gültigen Normen "Weißdruck" bzw. der "Stand der Technik".

4.2.2 Tragfähigkeit und erforderliche Maßnahmen

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Tragfähigkeit des Planums und einer ausreichenden Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Erdbauwerke, sind sofern der Baugrund es erfordert, Maßnahmen zur Baugrundverbesserung vorzusehen. Die im Trassenabschnitt 1 notwendigen Maßnahmen sind zum Einen in Anlage 2 angegeben und des Weiteren in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19 Erforderliche Gründungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung

Kilometrierung		Lage der Trasse	anstehende Böden im Untergrund bzw. unter Planum	erf. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung
von	bis			
100+000	100+450	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
100+450	100+650	Dammlage	Sand mit Torfzwischenlagen	Oberboden und oberflächennahe org. Böden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ Damm frühzeitig schütten
100+650	101+350	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
101+350	102+250	geländegleich	bis 1 m: organische bzw. bindige Böden über Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden und organische/bindige Böden abschieben, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
102+250	102+550	geringe Dammlage	Sand, z.T. bis 1 m Torf, über Sand mit (z.T. stark) variierenden Schluffanteilen	Oberboden und oberflächennahe org. Böden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
102+550	102+975	geländegleich	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
102+975	103+150	geringe Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
103+150	104+000	geländegleich	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
104+000	104+325	geländegleich	Sand mit variierenden Schluffanteilen und Schluffzwischenlagen, ab rd. 6 m Torflagen tiefe Torf- bzw. Schluff-Lagen ab 12 - 17 m bzw. 20 m	Oberboden und organische/bindige Böden abschieben, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
104+325	105+150	geringe Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
105+150	105+510	geländegleich /leichter Einschnitt	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Einschnitt herstellen, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
			Brücke	
105+680	106+450	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
			Brücke	

Tabelle 19 Fortsetzung

Kilometrierung		Lage der Trasse	anstehende Böden im Untergrund bzw. unter Planum	erf. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung
von	bis			
106+550	106+750	Dammlage	Sand, sehr locker, über Mudde über Sand, ab 13 m: Tonlagen	Oberboden abschieben, Damm frühzeitig schütten und messtechnische Überwachung Böschungsneigung von 1: 2
106+750	107+100	Dammlage	Sand, z.T. mit geringmächtigen Mudde-Zwischenlagen, ab 9,5 m: Tonlagen	Oberboden abschieben, Damm frühzeitig schütten
Brücke				
107+200	108+650	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen (z.T. locker), vereinzelt Tonlagen ab 9 m	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
108+650	108+975	geringe Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen, Zwischenlagen aus Torf bzw. bindigem Material	Oberboden abschieben, Damm frühzeitig schütten mit temp. Überschüttung von min. 1,5 m und messtechnische Überwachung
108+975	109+275	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
109+275	109+375	Dammlage	Sand mit Mudde bis 4 m über Sand	Oberboden abschieben, Damm frühzeitig schütten und messtechnische Überwachung Böschungsneigung von 1: 2
109+375	110+375	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
110+375	110+500	Dammlage	bis 1 m organischer Sand über Sand mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden und org. Böden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
Brücke				
110+550	110+875	Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen, bereichsweise Schlufflagen	Oberboden und oberflächennahe bindige Böden abschieben, Nachverdichten der Sohle auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
110+875	110+958	Dammlage	Geschiebelehm und Sand	Oberboden abschieben, Damm frühzeitig schütten und messtechnische Überwachung

In Bereichen mit Dammlage ist grundsätzlich der Oberboden abzuschleppen und die Aushubsohle mit geeignetem Gerät ausreichend, $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, zu verdichten. In Teilbereichen, siehe Tabelle 19, wird zur Vorwegnahme der Setzungen aus den organischen und bindigen Böden eine frühzeitige Schüttung des Damms bei gleichzeitiger messtechnischer Überwachung empfohlen, siehe auch Kapitel 3.4. Im Bereich der Dammlage von Bau-km

108+650 bis Bau-km 108+975, wird aufgrund der nur geringen Dammhöhe eine zusätzliche temporäre Überschüttung empfohlen.

In den geländegleichen Bereichen ist gemäß RStO 01, Unterlage 1.3.16 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, auf dem Planum (mit Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3) ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Dieses Verformungsmodul ist bei den hier anstehenden Böden erfahrungsgemäß durch Nachverdichtung mit geeignetem Gerät zu erreichen. Der Verdichtungserfolg sowie die sonstigen verfahrenstechnischen Randbedingungen, insbesondere zur Art und Weise der Verdichtung, sind generell vorab anhand von Probefeldern den örtlichen Bedingungen anzupassen und zu optimieren.

Ist der Boden unterhalb des Planums der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 gemäß RStO 01 zuzuordnen, ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Bei den im Trassenabschnitt anstehenden F 1-Böden handelt es sich um enggestuften Fein- bis Mittelsande, die aufgrund ihres enggestuften Kornspektrums nur sehr schwer verdichtbar sind. Der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ ist bei diesen Böden auch durch intensive Nachverdichtung nicht zu erreichen. Es sind daher zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Im vorliegenden Fall wird ein zusätzlicher Bodenaustausch bis in eine Tiefe von $t \geq 30 \text{ cm}$ und der Einbau eines hoch verdichtbaren gebrochenen Materials oder ein vergleichbares Recycling-Material empfohlen. Der Bodenaustausch ist mit geeignetem Gerät ausreichend, $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$, zu verdichten. Die Dicke des Bodenaustausches und die sonstigen verfahrenstechnischen Randbedingungen, insbesondere zur Art und Weise der Verdichtung, sind generell vorab anhand von Probefeldern den örtlichen Bedingungen anzupassen und zu optimieren.

In den Bereichen Bau-km 100+450 – 100+650, Bau-km 101+350 – 102+550 sowie Bau-km 104+000 – 104+325 wurden oberflächennah bis in Tiefen von i. M. rd. 1 m organische bzw. bindige Böden angetroffen. Diese nicht ausreichend tragfähigen Böden sind auszutauschen und wie oben beschrieben durch ein hoch verdichtbares gebrochenes Material oder ein vergleichbares Recycling-Material zu ersetzen.

Es wird noch mal explizit darauf hingewiesen, dass bei den Dammbereichen Bau-km 106+550 bis 106+750 und Bau-km 109+275 – 109+375 die Endstandsicherheit nur mit einer Böschungsneigung von 1: 2 gegeben ist.

Es ist bei den Erdarbeiten mit Kapillarwasser zu rechnen. In Folge von Verdichtungsarbeiten kann Grundwasser bis in Höhe des Planums „angesogen“ werden, was eine Verdichtung stark erschweren kann.

In Zeiten hoher Grundwasserstände ist bereichsweise mit Grundwasser in Höhe des Planums zu rechnen. Es sind entsprechende Entwässerungsmaßnahmen einzuplanen.

4.2.3 Bewertung des Abschnitts hinsichtlich der maximal zulässigen Einbauklassen nach LAGA

Gemäß LAGA M 20, Unterlage 1.3.14 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, soll durch die Einordnung von Bodenmaterial bzw. mineralischem Abfall in Einbauklassen eine großräumige Schadstoffverteilung verhindert werden.

Zur Verwertung von Böden bzw. mineralischen Abfällen bei der Errichtung technischer Bauwerke, z.B. Straßen, Wege und Verkehrsflächen einschließlich Dämmen, Lärm- und Sichtschutzwällen, müssen Einbauklassen, d.h. Bereiche, in denen mineralische Abfälle nach einheitlichen Kriterien eingebaut werden können, festgelegt werden. Die Einbauklassen werden nach LAGA M 20 durch entsprechende Zuordnungswerte begrenzt. Die Einbauklassen werden in der LAGA M 20 beschrieben und sind nachfolgend zusammengefasst.

Einbauklasse 0: Uneingeschränkte Verwertung

In bodenähnlichen Anwendungen, z.B. Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken kann geeignetes Bodenmaterial mit maximalen Zuordnungswerten Z 0 bzw. maximal Z 0* außerhalb wasserwirtschaftlicher Schutzgebiete eingebaut werden.

Einbauklasse 1: Eingeschränkter offener Einbau

Der Abfall wird so eingebaut, dass er von Wasser durchsickert werden kann (wasserdurchlässige Bauweise). Der Einbau wird dahingehend eingeschränkt, dass der Abfall nur in technischen Bauwerken und nicht in bodenähnlichen Anwendungen eingebaut werden darf.

Beim eingeschränkten offenen Einbau ist die Eluatkonzentration maßgebend. Deswegen wird unterschieden, ob im Bereich der Verwertungsmaßnahme ungünstige (Einbauklasse 1.1 mit den Zuordnungswerten Z 1.1) oder günstige hydrogeologische Standortbedingungen (Einbauklasse 1.2 mit den Zuordnungswerten Z 1.2) vorliegen.

Die hydrogeologisch günstigen Gebiete sind landesspezifisch festzulegen und sind i. A. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete ausreichend mächtige (mindestens 2 m) homogene Deckschichten mit geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen (Ton, Schluff, Lehm) überdeckt ist.

Beim Einbau von mineralischen Abfällen in der Einbauklasse 1.2 soll der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand i.d.R. mindestens 2 m betragen.

Einbauklasse 2: Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (Zuordnungswerte Z 2)

Der Abfall wird unter einer wasserundurchlässigen Deckschicht so eingebaut, dass er von Wasser nicht oder nur geringfügig durchsickert werden kann (nicht oder nur geringdurchlässige Bauweise). In einigen Fällen wird die Wasserdurchlässigkeit (das Auslaugverhalten) zusätzlich durch die Verwendung von Bindemitteln, z.B. Bitumen oder Zement, reduziert. Der Einbau wird dahingehend eingeschränkt, dass der Abfall nur in technischen Bauwerken (z.B. Straßen, Wege, Verkehrs-, Industrie- Gewerbeflächen einschließlich Lärm- und Sichtschutzwällen sowie Gebäuden einschließlich Unterbau) eingebaut werden darf und zwar als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht aus Beton, Asphalt, etc., als gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht, z.B. Pflaster, oder als gebundene Tragschicht. Bei Erdbaumaßnahmen muss durch aus technischer Sicht geeignete einzelne oder kombinierte Maßnahmen sichergestellt werden, dass das Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall weitestgehend ferngehalten wird. Dabei reicht das Aufbringen einer mineralischen Oberflächenabdichtung $d \geq 50$ cm und $k_f \leq 10^{-8}$ m/s nach gewonnenen Erfahrungen nicht aus.

Der Abstand zwischen Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand soll mindestens 1 m betragen.

Mineralscher Abfall bei dem die Zuordnungswerte Z 2 überschritten sind, darf in technischen Bauwerken grundsätzlich nicht verwertet, sondern muss deponiert werden.

Für den Einbau in offener Einbauweise (bis Einbauklasse 1.2) kommen im Trassenabschnitt Dammbereiche in Frage. Aufgrund der in weiten Bereichen des Abschnitts hoch anstehenden Grundwasserstände sowie des Fehlens einer ausreichenden, zusammenhängenden undurchlässigen Schicht, herrschen im gesamten Planungsabschnitt 1 hydrogeologisch ungünstige Untergrundverhältnisse vor. Dementsprechend darf in den Dämmen nur Boden/mineralischer Abfall bis Einbauklasse 1.1 eingebaut werden.

Der Einbau von mineralischem Abfall der Einbauklasse 2 (Zuordnungswerte kleiner oder gleich Z 2) in der Tragschicht der Straße ist unter Einhaltung vorgenannter Anforderungen dann erlaubt, wenn der Abstand der Schüttkörperbasis zum Grundwasserstand mindestens 1 m beträgt. Dementsprechend darf unter Berücksichtigung der vorgenannten Randbedingungen in allen Dammlagen in die Tragschicht der Straße grundsätzlich Material der Einbauklasse 2 eingebaut werden.

Des Weiteren ist der Einbau von Material der Einbauklasse 2 im Inneren der Dammbauwerke (Zonendamm) grundsätzlich vorstellbar, sofern durch geeignete technische Sicherungsmaßnahmen, z.B. eine wasserundurchlässige Deckschicht, sichergestellt ist, dass das

Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall weitestgehend ferngehalten wird. Die Wirksamkeit der wasserundurchlässigen Schicht, die den Abfall umgibt, muss nachgewiesen werden.

Im Zusammenhang mit der Verwertung bzw. dem Einbau von mineralischem Abfall, u.a. hinsichtlich der Standortbeurteilung, wird auf die Regelungen in LAGA M 20, Unterlage 1.3.14 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, verwiesen.

4.2.4 Hinweise und Empfehlungen zur Ausführung des Erdbaus

Für die Erdarbeiten sind generell die Bestimmungen der ZTV E-StB 09 sowie Unterlage 1.3.17 von Seite 3/4 dieses Gutachtens zu beachten. Auf einige Punkte wird nachfolgend besonders hingewiesen.

- Die Eigenschaften des Baugrunds dürfen durch die Arbeitsvorgänge und die eingesetzten Geräte nicht nachteilig verändert werden. Durch den Baubetrieb aufgelockerte oder aufgeweichte Schichten sind zu verbessern oder auszutauschen. Gefrorene Böden sind auszutauschen.
- Auf die starke Wasserempfindlichkeit der bereichsweise anstehenden bindigen Böden ist zu achten. Aufgeweichte oder anstehende weiche Böden sind gegen einen zu verdichtenden schluffarmen Sand zu ersetzen.
- Eine ausreichende Oberflächenentwässerung ist auch für die Bauzeit sicherzustellen. Hierzu sollten die Oberkante der Tragschicht und das Planum mit einem Quergefälle von mindestens 2,5 % angelegt werden. Sofern in den Damm wasserempfindliche Böden eingebaut werden sollen, sind die Schüttflächen mit einem Quergefälle von mindestens 4 % anzulegen.
- Es ist grundsätzlich mit dem Auftreten von Stau- und Schichtenwasser auf den bindigen Böden zu rechnen. Dies betrifft insbesondere Abschnitte in denen bindige Böden bis dicht unter den Straßenoberbau anstehen. Ebenso ist mit Kapillarwasser zu rechnen, welches infolge von Verdichtungsarbeiten bis in Höhe des Planums „angesogen“ werden und eine Verdichtung stark erschweren kann.
- Bei der Durchführung von Bodenaustausch- bzw. Bodenverbesserungsmaßnahmen ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° zu beachten. Außerdem ist im Übergangsbereich der Austauschmaßnahmen ein Auskeilen unter $n = 1 : 6$ auszuführen.
- Der Oberboden ist vollständig aus den Streckenbereichen (Trassenbereiche, gesamte Dammaufstandsflächen sowie Gründungsbereichen von Bauwerken) zu entfernen.

- Die Dicken der erforderlichen Bodenaustauschsschichten sind generell vorab anhand von Probefeldern den örtlichen Bedingungen anzupassen und zu optimieren.
- Vor Beginn der Dammbau- und Bodenverbesserungsarbeiten ist durch Probeverdichtung zu prüfen, ob mit den gewählten Bodenmaterialien und Arbeitsverfahren die Verdichtungsanforderungen erreicht werden. Der Nachweis der in Kapitel 3.4.1 angegebenen erforderlichen Mindest-Scherparameter sowie der Nachweis des erreichten Verdichtungsgrads (D_{Pr}) und der Tragfähigkeit (E_{v2}) gemäß ZTV E-StB 09 ist mittels Versuchen zu erbringen.
- In niederschlagsreichen Jahreszeiten kann das Grundwasser im Trassenabschnitt von rd. Bau-km 101+400 bis 102+500 sowie Bau-km 103+200 bis 104+700 bis in die Tragschicht ansteigen, siehe auch Anlage 4. Dies ist bei der Planung der Erdarbeiten zu berücksichtigen.
- Auf vielen der landwirtschaftlich genutzten Flächen ist mit dem Auftreten von Felddrainagen zu rechnen, die beim Antreffen mit entsprechenden Sammelleitungen zu fassen sind.

Dämme:

- Angaben zu Dammneigungen liegen nach der derzeit vorliegenden Planung nicht vor. Nach den Empfehlungen der Richtlinien für die Anlage von Straßen -Querschnitt, Ausgabe 1996 (RAS-Q) werden Böschungsneigung von 1 : 1,5 bei bis zu 10 m hohen Dämmen und 1 : 2 bei den bis zu 11 m hohen Dämmen empfohlen. Im vorliegenden Fall ist jedoch bereits ab einer Dammhöhe von 8 m eine Dammneigung von 1 : 2 vorzusehen. Sofern die örtlich anstehenden enggestuften Feinsande zur Schüttung der Dämme verwendet werden sollen, ist generell eine Dammneigung von 1 : 2 vorzusehen.
- Es ist darauf zu achten, im oberen Meter des Dammkörpers nur grobkörnige Böden einzubauen, um die Frostsicherheit zu gewährleisten.
- Sollte außerhalb der Bereiche, in denen der Untergrund zur Versickerung geeignet ist, vgl. Tabelle 15, z.B. durch entsprechend durchlässiges Dammmaterial eine Versickerung durch die Böschung zugelassen werden, ist unbedingt eine ausreichende Entwässerung/ Abführung des Wassers in der Dammaufstandsfläche zu gewährleisten.
- Als Dammbaumaterial werden grob- oder gemischtkörnige Böden empfohlen. Für das Dammmaterial sind die in Kapitel 3.4.1 angegebenen Scherparameter einzuhalten.

- Da der neue Damm an den bestehenden Damm angeschüttet werden soll, ist die seitliche Dammschüttungen nach den Anmerkungen des Handbuchs zur ZTVE-StB 09, Unterlage 1.3.17 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, treppenförmig an bestehende Dämme anzuschließen.
- Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubringen und zu verdichten. Die Schütthöhe und Anzahl der Übergänge beim Verdichten sind nach Art und Größe der Arbeitsgeräte und der Bodenart so festzulegen, dass der geforderte Verdichtungsgrad entsprechend der Tiefenlage unter Planum erreicht bzw. der Tragfähigkeitsnachweis nach ZTV E-StB 09, Abschnitt 4.3.2, erbracht wird.
- Der Nachweis des erreichten Verdichtungsgrades und der Tragfähigkeit ist gemäß ZTV E-StB 09 mittels Versuchen zu erbringen.
- Zur Vermeidung von Erosionsschäden sind die Böschungflächen nach der Fertigstellung unverzüglich zu begrünen.

Geländegleiche Bereiche:

- Grundsätzlich sind bei geländegleichen Lagen bei nicht gegebener Versickerungseignung Längsentwässerungen (Sickeranlagen / Sickerleitungen / Sickerstränge) vorzusehen.
- Es ist sicherzustellen, dass insbesondere in Gradiententiefpunkten die Entwässerung des Straßenkörpers gewährleistet ist. Dies kann z.B. durch eine dickere Tragschicht/ Frostschuttschicht oder eine Sickeranlage unterhalb des Planums erfolgen.
- Bereichsweise kann der empfohlene Bodenaustausch im Bereich des Grundwassers liegen, siehe auch Grundwasserstände in Anlage 4. Hierauf ist bei der Planung der Erdarbeiten zu achten. Es wird empfohlen, hier eine Wasserhaltung bis mindestens 1 m unter der Unterkante des Bodenaustausches einzuplanen.

4.3 Mindestanforderungen an Nebenangebote im Erdbau

Sofern Alternativen zu den vorgeschlagenen Bodenverbesserungsmaßnahmen in Nebenangeboten abgegeben werden, ist als Mindestanforderung auf dem Planum in Unterkante Frostschuttschicht ein E_{v2} -Wert von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ sicherzustellen.

Falls als Bodenaustauschmaterial oder in der Tragschicht Recyclingmaterialien angeboten werden, sind die gemäß LAGA M 20 in Kapitel 4.2.3 angegebenen Anforderungen in Abhängigkeit des Einbauortes zu beachten.

Für das Dammmaterial gelten hinsichtlich der Einbauklassen gemäß LAGA die Anmerkungen in Kapitel 4.2.3.

Für Liefermaterialien gelten grundsätzlich die in Kapitel 3.3.2 gemachten Angaben.

Generell ist ein Dammbau-Material zu verwenden, dass die Anforderungen an Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit nach ZTV E-StB 09 erfüllt. Es wird empfohlen, als Dammbaumaterial grob- oder gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SE, SI, SW, SU, SU*, GE, GI, GW, GU, GU* zu verwenden. Sofern andere Böden verwendet werden sollen, sind im Endzustand/ verdichtetem Zustand mindestens Scherparameter von $\varphi' = 25,0^\circ$ und $c' = 10 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 27,5^\circ$ und $c' = 8 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\varphi' = 35^\circ$ und $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ mittels Versuchen nachzuweisen.

4.4 Einschätzungen von Gefährdungen

Mit den Aufschlussarbeiten im Trassenabschnitt 1 und der durchgeführten chemischen Analysen wurde bestätigt, dass keine Altlasten oder sonstige Kontaminationen im Untergrund des Untersuchungsgebiets vorliegen. Lediglich im Bereich km 109+100 bis 109+800 wurde ein erhöhter PAK-Gehalt nachgewiesen. Im Bereich östlich der L 48 bei rd. Bau-km 104+800 ist eine Altablagerung mit Bauschutt, Schrott, Hausmüll, Sperrmüll sowie Garten- und Parkabfällen in unmittelbarer Nähe südlich der Trasse vorhanden.

Über weite Strecken ist der Trassenbereich kampfmittelfrei. In einigen, in Unterlage 1.3.12 von Seite 3/4 dieses Gutachtens rot markierten Bereichen, können jedoch Bombenblindgänger vorhanden sein, von denen eine Gefährdung ausgehen kann, weswegen hier Gefahrenerforschungsmaßnahmen durchzuführen sind. Aufgrund von Baumbewuchs kann seitens des Kampfmittelbeseitigungsdienstes, siehe Unterlage 1.3.12 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, in Teilbereichen der Strecke keine Aussage zur Kampfmittel-/ Gefährdungssituation gemacht werden. Dies ist bei der Ausführung der Baumaßnahme zu beachten.

4.5 Berücksichtigung Belange Dritter

Auswirkungen auf Nachbarbebauungen bzw. sonstige bestehende bauliche Anlagen sind grundsätzlich nicht auszuschließen. An Gebäuden in unmittelbarer Nähe der Trasse wird empfohlen, auch wegen des zu erwartenden Baustellenverkehrs, eine Beweissicherung durchzuführen.

Sofern die angegeben Einbauklassen nach LAGA M 20 eingehalten werden, ergeben sich aus der Erdbaumaßnahme keine Auswirkungen auf die Qualität der Oberflächen- und Grundwässer.

Bereichsweise verläuft die Trasse entlang von bestehender Bebauung wobei zumindest die Bebauungen bei rd. Bau-km 101+400 bis 101+560, Bau-km 101+800 sowie Bau-km 104+200 bis 104+530 von der Baumaßnahme betroffen sind.

Die Trasse quert bzw. verläuft parallel zu mehreren Leitungen und Kabeln. Ob eine Verlegung der Leitungen, insbesondere der Gasleitungen im Zuge der Baumaßnahme vorgesehen ist, ist nicht bekannt.

Gemäß der Umweltkarte „Wasserschutzgebiete“ des Niedersächsisches Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz, s. Unterlage 1.3.11 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, befindet sich im Planungsabschnitt 1 kein Trinkwassergewinnungsgebiet.

4.6 Zusammenfassende Beurteilung im Hinblick auf die Ausschreibung der Erdbaumaßnahmen

Nachfolgend werden die im vorliegenden Gutachten für die Ausschreibung erforderlichen Angaben zusammenfassend dargestellt.

Die in den geländegleichen Trassenabschnitten und dem Trassenabschnitt in leichter Einschnittslage unterhalb des Oberbodens anfallenden Böden sowie oberflächennahe, wenig tragfähige Böden in Dammbereichen und deren Bodenklasse nach DIN 18 300 sind in Anlage 2 dargestellt. Einen zusammenfassenden Überblick bietet nachfolgende Tabelle 20.

Tabelle 20 Anfallende Aushubmaterialien

Kilometrierung		Lage der Trasse	Bodengruppen nach DIN 18 196 der auszuhebenden Bodenarten	Bodenklasse nach DIN 18 300
von	bis			
100+450	100+650	Dammlage	OH, HN	2
101+350	102+250	Geländegleich	HN, HZ, OH, UL, SU*	2, 4 ¹⁾
102+250	102+550	Dammlage	OH, HN, HZ	2
102+550	102+975	Geländegleich	SU, SE, SU*	3, 4 ¹⁾
103+150	104+000	Geländegleich	SE	3
104+000	104+325	Geländegleich	OH, UL, SE	2, 3, 4 ¹⁾
105+150	105+510	Geländegleich/ leichter Einschnitt	SU, SE	3
110+375	110+500	Dammlage	OH	2

¹⁾ Bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2

Nach den Ergebnissen der Schadstoff-Analysen nach LAGA M 20 sind mit Ausnahme der MP 10 sämtliche Böden im Trassenabschnitt bei Vernachlässigung der geringfügig erhöhten

TOC-Gehalte dem Zuordnungswert Z 0 zuzuordnen. Eine Ausnahme bildet die MP 10, Entnahme aus dem Bereich km 109+100 bis 109+800, wo ein erhöhter PAK-Gehalt nachgewiesen wurde. Nach LAGA M 20 ist dieses Material einem Zuordnungswert Z 2 zuzuordnen und dementsprechend zu behandeln. Es wird empfohlen, eine nähere Eingrenzung der erhöhten PAK-Gehalte durch zusätzliche Untersuchungen durchzuführen.

Die Beurteilung der Eignung der Bodenarten als Dammbaustoff, Material zur Baugrundverbesserung/Austauschmaterial, Frostschutzmaterial, Tragschicht- und Filtermaterial sowie Material zur Bauwerkshinterfüllung ist in der Tabelle 21 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 21 Beurteilung der Materialeignung

Bodenart	Beurteilung der Materialeignung					
	Damm-schütt-material	Baugrund-ver-besserung	Frost-schutz-material	Trag-schicht-material	Filter-material	Bauwerks-hinter-füllung
Sand (SE)	+	-	+	-	-	+
Sand (SU)	+	-	-	-	-	+
Sand (SU*)	+	-	-	-	-	-

- = nicht geeignet o = bedingt geeignet + = geeignet

Die Sande sind generell als Dammschüttmaterial geeignet. Aufgrund des engen Kornspektrums sind die Sande jedoch nur schwer verdichtbar. Bei Verwendung dieser Sande ist eine Regelneigung der Dämme von 1 : 2 vorzusehen.

Da im Abschnitt 1 keine nennenswerten Einschnitte geplant sind, wird bei weitem mehr Material benötigt als bei den Bodenverbesserungsmaßnahmen anfällt. Es ist dementsprechend zusätzliches Material erforderlich.

Die Materialanforderungen an das zu liefernde Material sind in der Tabelle 22 zusammenfassend dargestellt. Grundsätzlich sind darüber hinaus neben der ZTV E-StB 09, Unterlage 1.3.15 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, die Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus – TL BuB E-StB 09, FGSV, zu beachten.

Tabelle 22 Anforderungen an Liefermaterial

Materialart	Anforderungen
Dammschüttmaterial	Grundsätzlich alle Bodenarten, sofern sie die Anforderungen an Verdichtung und Tragfähigkeit gemäß ZTV E-StB 09 sowie an die Standsicherheit (Scherparameter) erfüllen. Empfehlung: grob- oder gemischtkörnige Böden nach DIN 18 196
Frostschutzschicht/ Schicht aus frostunempfindlichem Material	Böden der Bodengruppe GE, GI, GW, SE, SI, SW nach DIN 18 196 bzw. Korngemische 0/2, 0/4, 0/11, 0/16, 0/22, 0/32, 0/45, 0/56, 0/63 mit einem max. Anteil an Feinkorn < 0,063 mm von 5 M.-%, siehe TL SoB-StB
Baugrundverbesserung	Das Material für einen Bodenaustausch muss grundsätzlich die Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit ($E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$) erfüllen. Es wird empfohlen hoch verdichtbares, gebrochenes Material zu verwenden. Sofern das Austauschmaterial zum frostsicheren Aufbau hinzuzählen soll, sind entsprechend frostsichere Böden zu verwenden.
Kies- und Schotter-Tragschichten	Baustoffgemische mit Körnungen 0/32, 0/45 und 0/56 unter Beachtung des jeweils zulässigen max. Feinkornanteils. Bei der Herstellung des Oberbaus im Straßenbau sind grundsätzlich die Anforderungen der TL SoB-StB sowie der ZTV T-StB zu beachten.
Filtermaterial	Weitgestuftes, grobkörniges Material der Bodengruppe GW und Filtervlies der GRK 3. Für weitere Hinweise zur Bemessung, siehe M Geok E
Bauwerkshinterfüllung	Es gelten die Anforderungen gemäß ZTV E-StB 09 sowie „Merkblatt über den Einfluss von Hinterfüllungen auf Bauwerke“

Gemäß LAGA M 20 kommen für den Einbau in offener Einbauweise (bis Einbauklasse 1.2) im Trassenabschnitt Dammlagen in Frage. Aufgrund der in weiten Bereichen des Abschnitts hoch anstehenden Grundwasserstände sowie des Fehlens einer ausreichenden, zusammenhängenden undurchlässigen Schicht, herrschen im gesamten Abschnitt 1 hydrogeologisch ungünstige Untergrundverhältnisse vor. Dementsprechend darf in den Dämmen nur Boden/ mineralischer Abfall bis Einbauklasse 1.1 eingebaut werden.

Der Einbau von mineralischem Abfall der Einbauklasse 2 (Zuordnungswerte kleiner oder gleich Z 2) in der Tragschicht der Straße ist unter Einhaltung der in Kapitel 4.2.3 genannten Anforderungen dann erlaubt, wenn der Abstand der Schüttkörperbasis zum Grundwasserstand mindestens 1 m beträgt. Dementsprechend darf in allen Dammlagen unter Berücksichtigung der in Kapitel 4.2.3 genannten Randbedingungen Material der Einbauklasse 2 in die Tragschicht der Straße eingebaut werden.

Des Weiteren ist der Einbau von Material der Einbauklasse 2 im Inneren der Dammbauwerke (Zonendamm) grundsätzlich vorstellbar, sofern durch geeignete technische Sicherungsmaßnahmen, z.B. eine wasserundurchlässige Deckschicht, sichergestellt ist, dass das Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall weitestgehend ferngehalten wird. Die Wirksamkeit der wasserundurchlässigen Schicht, die den Abfall umgibt, muss nachgewiesen werden.

Im Zusammenhang mit der Verwertung bzw. dem Einbau von mineralischem Abfall, u.a. hinsichtlich der Standortbeurteilung, wird auf die Regelungen in LAGA M 20, Unterlage 1.3.14 von Seite 3/4 dieses Gutachtens, verwiesen.

Bei der Untersuchung der Standsicherheit gegen Böschungsbruch wurde ermittelt, dass unter Zugrundelegung einer Böschungsneigung von 1 : 1,5 bei bis zu 8 m hohen Dämmen und 1 : 2 in Bereichen mit den bis zu 11 m hohen Dämmen im Endzustand grundsätzlich eine ausreichende Standsicherheit gegeben ist. Eine Ausnahme davon machen die Dammbereiche mit mächtigeren Mudde-Schichten im Untergrund bei Bau-km 106+550 bis 106+750 sowie bei Bau-km 109+275 bis 109+375. Hier ist zur Gewährleistung der Standsicherheit im Endzustand eine Böschungsneigung von 1 : 2 erforderlich. Sofern die örtlich anstehenden enggestuften Feinsande zur Schüttung der Dämme verwendet werden sollen, ist generell eine Dammneigung von 1 : 2 vorzusehen.

Nach den Ergebnissen der Standsicherheitsuntersuchungen ist in dem Abschnitt von Bau-km 110+875 bis 110+958 die Anfangsstandsicherheit bei der geplanten Endhöhe nicht gegeben. In diesem Abschnitt ist eine Einhaltung einer maximalen Schütthöhe und Liegezeit zur teilweisen Konsolidierung der Geschiebeböden erforderlich. Es wird zur Optimierung der Liegezeiten eine Kontrolle der Setzungen und insbesondere der Porenwasserüberdrücke in diesen Abschnitten empfohlen.

In den Bereichen Bau-km 100+450 – 100+650, Bau-km 101+350 – 102+550 sowie Bau-km 104+000 – 104+325 wurden oberflächennah bis in Tiefen von i. M. rd. 1 m organische bzw. bindige Böden angetroffen. Diese nicht ausreichend tragfähigen Böden sind auszutauschen und wie oben beschrieben durch ein hoch verdichtbares gebrochenes Material oder ein vergleichbares Recycling- Material zu ersetzen.

Für die Erdarbeiten sind generell die Bestimmungen sowie Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit und Verdichtung der ZTV E-StB 09 sowie Unterlage 1.3.17 von Seite 3/4 dieses Gutachtens zu beachten. Die wichtigsten Punkte sind in Kapitel 4.2.4 zusammengefasst.

5 Zusammenfassung

Der Landkreis Emsland und der Landkreis Cloppenburg planen den vierspurigen Ausbau der E 233 von Meppen (A 31) bis Emstek (A 1) über einer Gesamtlänge von rd. 77 km. Die Bau-strecke gliedert sich in 8 Abschnitte mit Längen zwischen 6,4 und 14,2 Kilometern, wobei der 7. Abschnitt, Ortsumgehung Cloppenburg, bereits vierspurig ausgebaut und damit nicht Teil dieser Baumaßnahme ist. Für die Streckenabschnitte 1 bis 3 ist der Landkreis Emsland zuständig. Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr trägt die fach-technische Verantwortung und begleitet die Maßnahmen beratend.

Das vorliegende Gutachten behandelt den rd. 11 km langen Abschnitt 1 zwischen der Anschlussstelle Meppen zur A 31, AS Meppen (A 31), im Westen und Meppen im Osten. Die GTU Ingenieurgesellschaft mbH Hannover wurde mit der Erstellung eines Ingenieurgeologischen Streckengutachtens beauftragt.

Nach den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse besteht der Untergrund im Trassenabschnitt im Wesentlichen aus enggestuften Feinsanden in überwiegend lockerer bis mitteldichter Lagerung. Bereichsweise sind in die Sande organische Böden, auch in mehreren Horizonten, zwischengeschaltet. Untergeordnet wurden auch bindige Böden erkundet. Der Baugrundaufbau entlang der Trasse ist auf der Grundlage der Bohrerergebnisse und der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche in Profilschnitten in der Anlage 2 dargestellt.

Das Grundwasser steht im Planungsabschnitt 1 verhältnismäßig oberflächennah an. Insgesamt ist nach einem Anstieg der Grundwasserstände entsprechend der Morphologie bis rd. Bau-km 102+500 auf rd. 16,7 m NHN bis zur Mitte des Streckenabschnitts bei rd. Bau-km 106+200 ein Abfallen der Grundwasseroberfläche auf rd. 9 m NHN zu beobachten. Ab diesem Bau-km steigt die Grundwasseroberfläche bis zum Ende des untersuchten Streckenabschnitts wieder auf rd. 15,4 m NHN an, vgl. Tabelle der Anlage 4.

Nach einer Auswertung der Bohrerergebnisse und der bodenmechanischen Laborversuche werden Angaben zu den bautechnischen Eigenschaften und bodenmechanischen Kennwerten der einzelnen Bodenarten, Kapitel 3.2.2.1 und 3.2.2.3, zu deren Frostempfindlichkeit, Kapitel 3.2.2.2, Versickerungseignung, Kapitel 3.2.2.4, zur Tragfähigkeit auf Höhe des Planums und Standsicherheit, Kapitel 3.4, sowie zu erforderlichen Maßnahmen zu deren Erhöhung, Kapitel 4.2.2, abgegeben.

In den Bereichen Bau-km 100+450 – 100+650, Bau-lm101+350-102+550 sowie Bau-km 104+000 – 104+325 wurden oberflächennah bis in Tiefen von i. M. rd. 1 m organische bzw. bindige Böden angetroffen. Diese nicht ausreichend tragfähigen Böden sind auszutauschen und wie oben beschrieben durch ein hoch verdichtbares gebrochenes Material oder ein vergleichbares Recycling- Material zu ersetzen.

In Teilbereichen der Dammlage, siehe Tabelle 19, wird zur Vorwegnahme der Setzungen aus den organischen und bindigen Böden eine frühzeitige Schüttung des Damms bei gleichzeitiger messtechnischer Überwachung empfohlen. Im Bereich der Dammlage von Bau-km 108+650 bis Bau-km 108+975 wird aufgrund der nur geringen Dammhöhe zusätzlich eine temporäre Überschüttung empfohlen.

Nach den Ergebnissen der Schadstoff-Analysen nach LAGA M 20 sind mit Ausnahme der MP 10 sämtliche Böden im Trassenabschnitt bei Vernachlässigung der geringfügig erhöhten

TOC-Gehalte dem Zuordnungswert Z 0 zuzuordnen. Eine Ausnahme bildet die MP 10, Entnahme aus dem Bereich km 109+100 bis 109+800, wo ein erhöhter PAK-Gehalt nachgewiesen wurde. Nach LAGA M 20 ist dieses Material einem Zuordnungswert Z 2 zuzuordnen und dementsprechend zu behandeln.

Da im Abschnitt 3 keine nennenswerten Einschnitte geplant sind wird bei weitem mehr Material benötigt als bei den Bodenverbesserungsmaßnahmen anfällt. Es ist dementsprechend zusätzliches Material erforderlich. Die Materialanforderungen an das zu liefernde Material sind Kapitel 4.6, Tabelle 22, zusammenfassend dargestellt.

In Kapitel 4.2 werden weiterhin grundsätzliche Hinweise zu den Erdbauwerken gegeben bzw. die Anforderungen für den Erdbau zusammengestellt. Für das Dammmaterial gelten hinsichtlich der Einbauklassen nach LAGA M 20 die Anmerkungen in Kapitel 4.2.3.

Hannover, 27.04.2012

GTU Ingenieurgesellschaft mbH

Dipl.- Ing. Klaus Scharf
Geschäftsführer

ppa. Dipl.- Ing. Andreas Tröger
Abteilungsleiter Geotechnik