

Neubau B210n – OU Aurich

Middelburg bis Sandhorst von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst Ingenieurgeologisches Streckengutachten Bau-km 100+400 bis Bau-km 113+700

Auftraggeber › Land Niedersachsen
vertreten durch:
Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr
Geschäftsbereich Aurich
Eschener Allee 31
26603 Aurich

GTU-Projektnummer › 1512055

Datum › 30.10.2014

Bearbeiter › Dipl.-Ing. Klaus Scharf
Dipl.- Ing. Andreas Tröger
Prof. Dr.-Ing. habil Ernő Biczók

P:\15 Geotechnik\1512\1512055 Neubau B 210n - OU Aurich\Auftragsbearbeitung\04_Hauptgutachten\1512055
Hauptgutachten_OU_Aurich.doc

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen	5
1.1	Veranlassung	5
1.3	Bauvorhaben	7
1.3.1	Beschreibung	7
1.3.2	Streckenverlauf	8
1.4	Art und Umfang der durchgeführten Untersuchungen	9
2	Darstellung und Beschreibung der geotechnischen	
	Untersuchungsergebnisse	11
2.1	Untersuchungsgebiet	11
2.1.1	Morphologie, Bebauung, Bewuchs	11
2.1.2	Geologische Verhältnisse	12
2.1.3	Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse	13
2.1.4	Hinweise auf Nutzung, Vornutzung/Belastung des Untersuchungsgebietes	13
2.2	Baugrund	14
2.2.1	Ergebnisse der Felduntersuchungen	14
2.2.1.1	Oberboden	14
2.2.1.2	Sand	15
2.2.1.3	Organische Böden	15
2.2.1.4	Geschiebeböden	16
2.2.1.5	Beckenton und -schluff	17
2.2.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	18
2.2.3	Feststellungen zu den hydrogeologischen Verhältnissen und Grundwasseruntersuchungen	27
2.2.3.1	Beton- und Stahlaggressivität des Grundwassers	27
2.2.4	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen an Böden	28
2.2.4.1	Probenmaterial	28
2.2.4.2	Untersuchungsparameter und Bewertungskriterien	29
2.2.4.3	Analysenergebnisse	30
2.2.4.4	Bewertung der Untersuchungsergebnisse nach LAGA M 20	31
2.3	Boden als Baustoff	32

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

3	Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	32
3.1	Einflüsse auf die Baumaßnahme	32
3.1.1	Geologische Situation	32
3.1.2	Hydrogeologische Situation	32
3.1.3	Einordnung der Baumaßnahme in Erdbebenzonen nach DIN 4149-1	33
3.2	Baugrundbeurteilung der erkundeten Schichten	33
3.2.1	Baugrundmodell mit geotechnischer Bewertung der einzelnen Bodenschichten	33
3.2.2	Bautechnisch relevante geotechnische Kennwerte und Eigenschaften	46
3.2.2.1	Bautechnische Eigenschaften der angetroffenen Bodenarten	46
3.2.2.2	Frostempfindlichkeit	46
3.2.2.3	Geotechnische Kennwerte	49
3.2.2.4	Eignung des Untergrundes zur Versickerung von Niederschlagswasser	52
3.3	Beurteilung von Boden als Baustoff	52
3.3.1	Geotechnische Kennwerte und Eigenschaften	52
3.3.2	Einordnung und Eignungsaussage	53
3.4	Geotechnische Berechnungen	55
3.4.1	Standicherheitsuntersuchungen in Dammschnitten	55
3.4.2	Setzungsverhalten in Dammschnitten	56
4	Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise	57
4.1	Geotechnische Kategorien	57
4.2	Empfehlungen und Hinweise für die Entwurfsbearbeitung, Ausschreibung und Baudurchführung	58
4.2.1	Allgemeines	58
4.2.2	Tragfähigkeit und erforderliche Maßnahmen	58
4.2.3	Bewertung des Abschnitts hinsichtlich der maximal zulässigen Einbauklassen nach LAGA	64
4.2.4	Hinweise und Empfehlungen zur Ausführung des Erdbaus	66
4.3	Mindestanforderungen an Nebenangebote im Erdbau	70
4.4	Einschätzungen von Gefährdungen	70
4.5	Berücksichtigung Belange Dritter	71
4.6	Zusammenfassende Beurteilung im Hinblick auf die Ausschreibung der Erdbaumaßnahmen	72
5	Zusammenfassung	79

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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
Anlage 2	Geotechnische Schnitte
Anlage 3	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
Anlage 3.1	Übersichtstabelle
Anlage 3.2	Korngrößenverteilungen
Anlage 3.3	Zustandsgrenzen
Anlage 3.4	Kompressionsversuche
Anlage 3.5	Rahmenscherversuche
Anlage 3.6	Einaxiale Druckversuche
Anlage 4	Tabelle Grundwasserstände
Anlage 5	Zusammenstellung der untersuchten Mischproben für chemische Analytik nach LAGA M 20

Anhang: Dokumentation der Baugrunderkundungen

Anhang A	Schichtenverzeichnisse der Bohrungen
Anhang B	Diagramme der Drucksondierungen
Anhang C	Grundwasserganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen
Anhang D	Darstellung der neu errichteten Grundwassermessstellen
Anhang E	Prüfberichte des Chemischen Labors
Anhang E.1	Ergebnisse der Untersuchungen der Bodenmischproben
Anhang E.2	Ergebnisse der Untersuchungen der Grundwasserproben

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

1 Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen

1.1 Veranlassung

Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Geschäftsbereich Aurich, plant im Zuge des Neubaus der B 210n auf insgesamt ca. 13 km die Ortsumgehung (OU) Aurich.

Die GTU Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover, wurde auf Basis des Honorarangebotes vom 22./28.01.2013 unter der Vertragsnummer 281500-106820 beauftragt, für die geplante Maßnahme die Vergabeunterlagen für die erforderlichen Baugrunderkundungen und -untersuchungen zu erstellen, die Bohrüberwachung und Rechnungsprüfungen durchzuführen, sowie Vorschläge für den Ausbau der Trasse zu erstellen.

Gegenstand des vorliegenden Berichts des Ingenieurgeologischen Streckengutachtens sind somit die Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundungen und Laborversuche, sowie allgemeine Angaben zur möglichen Gründung der Fahrbahn. Die Begutachtung der geplanten Anschlussstellen ist nicht Gegenstand der Beauftragung.

Dieser Bericht dient dazu für die Planung belastbare Aussagen zu den geotechnischen Verhältnissen über den gesamten Streckenverlauf zu liefern.

Die Trasse der B 210n verläuft auf einer Gesamtlänge von rd. 13,0 km zum Teil in geringer Dammlage und sehr geringer Einschnittlage bzw. in geländegleicher Lage. In den Anrampungsbereichen von Brücken bzw. den geplanten Anschlussstellen treten auf einer Länge von rd. 7,5 km Dammhöhen von rd. 1,5 m bis zu rd. 10,0 m auf.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

1.2 Zur Verfügung gestellte Unterlagen

Zur Bearbeitung dieses Baugrundgutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- 1.2.1 Übersichtslageplan 1:5000, Vorabzugsvariante, B 210n zwischen Riepe (A 31) und Aurich, einschl. Ortsumgehung Aurich, Straßenbauverwaltung des Landes Niedersachsen, 08/2013 und 05/2014.
- 1.2.2 Übersichtshöhenplan 1:5000/500, Vorabzugsvariante, B 210n zwischen Riepe (A 31) und Aurich, einschl. Ortsumgehung Aurich, Straßenbauverwaltung des Landes Niedersachsen, 08/2013 und 05/2014.
- 1.2.3 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Geologische Karten, Maßstab 1 : 25.000 und 1 : 50.000. NIBIS Kartenserver des LBEG.
- 1.2.4 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hydrogeologische Karte von Niedersachsen - Lage der Grundwasseroberfläche, Maßstab 1 : 75.000. NIBIS Kartenserver des LBEG.
- 1.2.5 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Karten der Geogefahren, Salzstrukturen, Hochwassergefährdung, Maßstab 1 : 75.000. NIBIS Kartenserver des LBEG.
- 1.2.6 Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Karten der Altablagerungen, Rüstungsaltpasten, Salzstrukturen, Maßstab 1 : 75.000. NIBIS Kartenserver des LBEG.
- 1.2.7 Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, Umweltkarten: Trinkwasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Moorschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, FFH-Gebiete, Fließgewässerschutzsystem, (http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/GlobalNetFX_Umweltkarten/).
- 1.2.8 LGLN Regionaldirektion Hannover Kampfmittelbeseitigungsdienst, Stadt Aurich, Ortsumgehung B 210n, Übersichtskarte Kampfmittel 1:25000 und 1:5000, Hannover, 18.01.2013.
- 1.2.9 Neubau der B210n - Ortsumgehung Aurich, Ingenieurgeologisches Streckengutachten – 1. Geotechnischer Bericht: Orientierende Baugrunderkundung und Variantenvergleich vom 11.02.2013, GTU Ingenieurgesellschaft Hannover.
- 1.2.10 ZTV E-StB 09 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßenbau und Verkehrswesen, FGSV.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

- 1.2.11 Floss, R., Handbuch ZTVE (ZTV E-StB 09) - Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau, 4. Auflage, Kirschbaum Verlag, Bonn.
- 1.2.12 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, RStO 12, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- 1.2.13 LAGA M 20 - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen für die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen. Technische Regeln, 24.08.2006.
- 1.2.14 Daten von 4 Grundwassermessstellen aus dem südlichen Bereich des Untersuchungsgebiets. Erhalten per E-Mail von den Stadtwerken Emden am 07.02.2013.
- 1.2.15 Ergebnisse von Baugrunduntersuchungen für den Bau der Schleuse Rahe aus den Jahren 2000 – 2003; zur Verfügung gestellt vom NLWKN Aurich. Erhalten per E-Mail vom AG am 20.12.2012.

1.3 Bauvorhaben

1.3.1 Beschreibung

Die Stadt Aurich liegt im Zentrum der ostfriesischen Halbinsel. Die Versorgung des angrenzenden ländlichen Raumes sowie die Anbindung an die Autobahnen erfolgt auf der Nord-Süd- und Ost-West-Achse im Wesentlichen über die Bundesstraßen B 210 und B 72. Die Verkehrsbelastung auf den Zubringerstraßen ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen.

Zur Anbindung des mittelostfriesischen Raumes und der Stadt Aurich an das Netz der Bundesautobahnen ist eine neue Bundesstraße B 210n zu planen und zu bauen, die nicht nur Aurich anschließt, sondern als nördliche Umgehung die Bundesstraße B 210 in Richtung Jever und Wilhelmshaven verbindet. Zur Entlastung der vorhandenen Ortsdurchfahrt vom Durchgangsverkehr ist die Ortsumgehung Aurich ein Teil des Gesamtvorhabens.

Die Achse der Trasse wurde mit Unterlage 1.2.1 und 1.2.2 übergeben. Eine detaillierte Entwurfsplanung mit Darstellung der Straßenplanung sowie der kreuzenden Ingenieurbauwerke lag zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht vor.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Aus den vorliegenden Unterlagen geht hervor, dass in der Hauptphase insgesamt vier Anschlussstellen (AS) vorgesehen sind:

- AS B72 bei Middelburg in rd. Bau-km 101+500,
- AS Süd Rahester Moor in rd. Bau-km 105+300
- AS L1 „Oldersumer Straße“ in rd. Bau-km 106+410
- AS B210 bei Sandhorst in rd. Bau-km 113+700.

Detaillierte Informationen zu Art und Umfang der geplanten Ingenieurbauwerke im Trassenverlauf liegen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses geologischen Streckengutachtens nicht vor.

1.3.2 Streckenverlauf

Die geplante Trasse erstreckt sich im Süden von Aurich von der B 72 bis zum Ems-Jade-Kanal in Richtung Westen, nach Norden über Extum westlich von Aurich sowie am nördlichen Stadtrand verlaufend bis zum Anschluss an die bestehende B 210 nördlich von Sandhorst, siehe Anlage 1.

Die Trasse beginnt am Bau-km 100+400 und endet bei Bau-km 113+700. Die geplante Trasse verläuft überwiegend in Dammlage und nur in zwei kleineren Abschnitten mit einer Gesamtlänge von rd. 1,1 km in geländegleicher Lage. Von den rd. 10,9 km in Dammlage befinden sich rd. 3,4 km in geringer Dammlage mit Dammhöhen von rd. $h = 1,0 - 1,8$ m. Die Trasse in den restlichen rd. 7,5 km liegt auf Dämmen mit Höhen von bis zu rd. $h = 10,0$ m. Die Tabelle 1 bietet eine zusammenfassende Übersicht über den Trassenverlauf.

Weitere planerische Details oder sonstige Informationen lagen zum Zeitpunkt der Gutachten-erstellung nicht vor.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Aufgrund der zu erwartenden Untergrundverhältnisse sowie der Dammhöhen bis rd. $h = 10,0$ m ist die Baumaßnahme grundsätzlich in die Geotechnische Kategorie 2 einzuordnen.

Tabelle 1 Übersicht Streckenverlauf B210n

Kilometrierung		Lage der Gradiente	max. Dammhöhe ü. GOK
von	bis		
100+400	101+475	Leerer Landstraße B 72 Bestand geländegleich bis geringe Dammlage	$\leq 1,5$ m
101+475	101+565	geländegleich	± 0 m
101+565	102+500	geringe Dammlage	1,0 m
102+500	103+200	Dammlage	4,0 m
103+200	104+300	geringe Dammlage	1,0 m, -1,5 m
104+300	106+000	Dammlage	7,7 m
106+000	106+450	geringe Dammlage	1,0 m – 1,2 m
106+450	107+500	geringe Dammlage	1,0 m
107+500	108+100	geringe Dammlage	1,0 m
108+100	109+600	Dammlage	10,0 m
109+600	110+500	geringe Dammlage	1,0 m
110+500	111+550	Dammlage	4,5 m
111+550	112+050	geringe Dammlage	0,4 - 1,0 m
112+050	113+000	Dammlage	10,0 m
113+000	113+700	geringe Dammlage	1,8 m
Südanschluss			
rd. 24+000	rd. 26+330	Dammlage	6 - 7 m

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

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

die Baugrunderkundungen generell ein Rasterabstand der Aufschlüsse von 80 bis 100 m gewählt. In einigen Bereichen, z. B. bei festgestellten ungünstigen Baugrundverhältnissen bzw. an Bauwerken, wurde der Abstand verringert. Insgesamt wurden entlang der Trasse der B 210n an 186 Punkten Baugrundaufschlüsse durchgeführt, vgl. Anlage 1.2.

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

Die Aufschlussarbeiten wurden in einem Zeitraum vom 29.10.2013 bis 14.02.2014 durchgeführt.

Grundsätzlich wurde an jedem Aufschlusspunkt eine Kleinbohrung (Bohrsondierungen - BS) gemäß DIN EN ISO 22 475 ausgeführt. In einigen Bereichen, z.B. bei festgestellten ungünstigen Baugrundverhältnissen, an Bauwerken bzw. nach Erfordernis in Ergänzung zu den Kleinbohrungen wurden Drucksondierungen (Cone Penetration Tests - CPT) gemäß DIN EN ISO 22 476-1 und Großbohrungen gemäß DIN EN ISO 22 475-1 durchgeführt. Anhand von Drucksondierungen können sowohl bei bindigen als auch bei nichtbindigen Böden verschiedene bodenmechanische Parameter sowie Lagerungsdichten abgeleitet werden.

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

Im bodenmechanischen Labor der GTU wurde die im Feld vorgenommene Benennung und Beschreibung der angetroffenen Bodenarten überprüft und mittels bodenmechanischer

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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 beginnt im Süden von Aurich in Bau-km 100+400 auf rd. 6,1 m NN und endet nördlich von Aurich bei Sandhorst in Bau-km 113+700 auf dem Höhengniveau von rd. 9,5 m NN. Dazwischen gibt es leichte Anhöhen und Senken, die um rd. 2,0 m NN und 7,0 m NN bis 8,0 m NN liegen. Das Gelände wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt und ist insbesondere durch Weideflächen, Wallhecken und Ackerflächen charakterisiert. Die zu untersuchende Trasse verläuft über weite Strecken in unmittelbarer Randlage zu den Vororten von Aurich. Die Trasse führt gebietsweise auch direkt durch Siedlungen und an Gehöften vorbei.

Weiterhin kreuzt die untersuchte Trasse verschiedene Gewässer. Nördlich von Aurich fließt von Nordost nach Südwest die Sandhorster Ehe, die in rd. Bau-km 108+460 die Trasse kreuzt und an dieser Stelle mit dem Bauwerk BW 1.11 unterführt werden soll. Im weiteren Verlauf wird die Sandhorster Ehe ab rd. Bau-km 109+600 bis Bau-km 110+270 in Parallellage zur neuen Trasse nach Süden hin verlegt. Danach verläuft sie im größeren Abstand in südlicher Parallellage, um dann nach Nordosten abzuknicken. Bei der Sandhorster Ehe handelt es sich um ein Gewässer II. Ordnung.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Weiterhin quert die Trasse südwestlich der Rahe Schleuse den Ems-Jade-Kanal in rd. Bau-km 105+700, der als Gewässer I. Ordnung einzustufen ist.

Ferner wird ein größeres Überführungsbauwerk, nämlich in rd. Bau-km 108+900 das BW 1.12 über die Emdener Straße, eine Bahnstrecke der DB AG und den Schlot Greedenweg, sowie das Bauwerk BW 1.16 in rd. Bau-km 112+520 über die Sandhorster Straße, eine zweigleisige Bahnstrecke und den Habbacka Weg geplant. Darüber hinaus sind einige kleinere Überführungsbauwerke und kreuzende Bauwerke vorgesehen.

2.1.2 Geologische Verhältnisse

Nach den vorliegenden geologischen Karten, Unterlage 1.2.3, ist das Gebiet nördlich, westlich und südlich von Aurich hauptsächlich durch Geschiebeböden mit Deckschichten aus Geschiebesanden oder Flugsanden charakterisiert. In Niederungsbereichen, insbesondere der Sandhorster Ehe stehen zuoberst holozäne Flussablagerungen mit organischen Beimengungen an. In den unterlagernden Schichten, insbesondere im Norden des Untersuchungsgebiets, ist auch mit Beckenablagerungen, dem sogenannten Lauenburger Ton, zu rechnen. Im Süden, südwestlich von Aurich-Middelburg kreuzt die Trasse eine Rinne, in der gemäß geologischer Karte Torfe über Schmelzwassersanden anstehen.

Ansonsten liegen keine Hinweise auf geologische und mineralogische Besonderheiten vor.

Des Weiteren befinden sich die Trassenkorridore außerhalb jeglicher Erdbebengefährdungszonen gemäß DIN 4149-1. Ebenso liegen keine Gebiete mit geotechnischen Gefährdungen, wie Erdfall- und Senkungsgebiete, im Untersuchungsbereich vor. Ebenso ist nicht mit dem Auftreten von größeren Altlasten zu rechnen, Unterlage 1.2.6.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

2.1.3 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse

Nach der Hydrogeologischen Karte Niedersachsens 1 : 75.000 (siehe Unterlage 1.2.4) liegt die Grundwasseroberfläche im Untersuchungsbereich zwischen rd. 2,0 m NN und 5,0 m NN. Damit steht das Grundwasser, insbesondere im westlichen Bereich der geplanten Ortsumgehung, oberflächennah an.

Der Ems-Jade-Kanal sowie die Sandhorster Ebe sind nahezu vollständig eingedeicht, um Überschwemmungen der Umgebung zu vermeiden.

Gemäß der Umweltkarte „Wasserschutzgebiete“ des Niedersächsisches Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz, siehe Unterlage 1.2.7, befindet sich im betrachteten Bereich kein Trinkwassergewinnungsgebiet.

2.1.4 Hinweise auf Nutzung, Vornutzung/Belastung des Untersuchungsgebietes

Hinweise auf Altlasten, Deponien oder Auffüllungen, Rohstoffentnahmen und andere Vornutzungen in der Trasse liegen nicht vor. Auch befinden sich dort nach den zur Verfügung stehenden Karten keine Naturschutzgebiete, siehe dazu Unterlage 1.2.6 und Unterlage 1.2.7.

Über weite Strecken ist der Trassenbereich kampfmittelfrei. In einigen, in Unterlage 1.2.8, rot markierten Bereichen, können hier jedoch Bombenblindgänger vorhanden sein, von denen einige Gefährdung ausgehen kann, weswegen hier Gefahrenforschungsmaßnahmen empfohlen wurden. Aus diesem Grund erfolgte in diesen Bereichen eine Begleitung der Aufschlussarbeiten durch eine Kampfmittelräumfirma.

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

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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 stark sandige Geschiebeböden (Geschiebelehm und Geschiebemergel) aus. Darüber sind beweisweise sogenannte Decksande, Flugsande und Geschiebesande festgestellt worden, die auch in gleicher Kornzusammensetzung, insbesondere bei den Geschiebesanden in mehreren Horizonten zwischengeschaltet oder darunter vorhanden sind. In Abschnitten mit querenden Gewässern, bzw. auch zu Beginn der Strecke ist mit organischen Böden und Torf zu rechnen. Im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets stehen im Liegenden Beckenablagerungen, sogenannter Lauenburger Ton, an. Bis in eine Tiefe von ca. 2 m unter Geländeoberkante, GOK, wurden verschiedene Deckschichten (Oberboden, Auffüllungen, Sand mit variierenden Schluffanteilen sowie geringmächtige Schichten aus organischen 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 bzw. Z0* gemäß LAGA M 20 zuzuordnen sind. Die ausführliche Beurteilung der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 2.2.4.4.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Der Oberboden im Bereich der untersuchten Trasse 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 mit schwach schluffigen bis stark schluffigen Beimengungen. Vereinzelt wurden kiesige Bestandteile und auch Raseneisensteinbildungen festgestellt. Obwohl nicht angetroffen, sind in den Sanden insbesondere im Übergang zu den Geschiebeböden größere Steine und Findlinge zu erwarten. Die Lagerungsdichte der Sande wurde anhand der Ergebnisse der Drucksondierungen ermittelt. Demnach sind die Flugsande im überwiegenden Trassenbereich oberflächennah bis in mehrere Meter Tiefe sehr locker gelagert. Erst bei Antreffen von Decksanden und in den in größerer Tiefe angetroffenen Geschiebesanden, pleistozänen Sanden, ist eine mitteldichte bis dichte und sehr dichte Lagerung registriert worden. Die angetroffenen, meist feinkörnigen Sande sind sehr gleichkörnig/-förmig und weisen eine steile Körnungslinie auf. Größtenteils handelt es sich bei den angetroffenen Sanden um enggestufte Sande der Bodengruppe SU und SU*, selten SE gemäß DIN 18 196. Mit steigendem Schluffanteil, der lokal erkundet wurde, sind sie auch in die Bodengruppe SU*/UL einzuordnen.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass schluffige und stark schluffige Sande stark wasser- und frostempfindliche Böden sind, die weiterhin auch 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 Torfe und sandige Torfe oder Moorerden bzw. Auelehm mit variierenden Mächtigkeiten. Die organischen Böden sind überwiegend von weicher Konsistenz. Sie

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

wurden größtenteils in Bereichen von Gewässern und geologischen Rinnen angetroffen. Sie können im Einzelfall sehr faserig sein, so dass sie insgesamt den Bodengruppe HN, HZ, OU und teilweise auch OH/SU* gemäß DIN 18 196 zugeordnet werden können.

Die Torfe wurden entweder oberflächennah (bis rd. 1,4 m u. GOK), Hochmoortorf, oder in größeren Tiefen ab rd. 2,0 m, 3,0 m bis 5,2 m u. GOK erkundet. Dabei handelt es sich ebenfalls um Hochmoortorfe, die unterschiedlich stark zersetzt, faserig sind. Vereinzelt wurden in den stark zersetzten Torfen zwischenliegende Hölzer erbohrt. Weiterhin wurden insbesondere oberflächlich vermehrt Pflanzenreste festgestellt. Neben den eigentlichen Torfen kommen vereinzelt auch in 1,0 bis 2,0 m Tiefe sogenannte Moorerden aus vorwiegenden feinkörnigen Sanden mit humosen Beimengungen vor, Bodengruppe OH. Des Weiteren wurden auch zu Beginn der Trasse in Tiefen von rd. 2,0 bis 3,0 m Flugsande mit zwischenliegenden Torfbändern erbohrt, Bodengruppe OH / SU / HZ.

2.2.1.4 Geschiebeböden

Größtenteils wurden im untersuchten Trassenabschnitt Geschiebeböden (Geschiebelehm und Geschiebemergel) mit sehr stark wechselnden Fein- und Mittelsandanteilen sowie mit tonigen Beimengungen festgestellt. Dabei sind diese Böden kornanalytisch als Feinsande mit mittelsandigen Beimengungen und stark variierenden Schluffanteilen, teils tonig anzusprechen. Dabei bestimmt der bindige Anteil das bodenmechanische Verhalten der Geschiebeböden.

Sehr selten stehen die Geschiebeböden bereits direkt unter dem Oberboden an. Dabei sind die entkalkten Lehm Böden, die sog. Geschiebelehme meist in weicher bis steifer Konsistenz ausgebildet.

Die kalkreichen Mergelschichten stehen häufig in einigen Metern Tiefe unter dem Geschiebelehm, ebenfalls in meist steifer und mit zunehmender Tiefe steifer bis halbfester, teils fester Konsistenz an.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Generell treten diese Geschiebeböden unterhalb des Oberbodens und der Flugsande bzw. der Decksande in Tiefen von einigen Metern auf und werden unterlagert von Lauenburger Schichten und pleistozänen Sanden. In unterschiedlichen Tiefen kommen gerade im Geschiebemergel vermehrt kiesige Bestandteile vor. Nach DIN 18196 gehören die Geschiebeböden am häufigsten in die Gruppen TL/ST*, UL/SU*, teilweise SU, UL und ST. Darin eingelagert kommen gestreut Findlinge in Stein- und Blockgröße, Durchmesser teils viel größer als 200,0 mm, vor.

Aufgrund der Kornzusammensetzung sind diese Böden als stark wasser- und sehr frostempfindlich einzustufen. Weiterhin sind diese Böden empfindlich gegen mechanische Beanspruchungen.

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen und Auswertung des Spitzendrucks ist für die oberflächennah anstehenden Geschiebeböden meist von einer weichen bis steifen, für die tiefer anstehenden Geschiebeböden von einer bis steifen bzw. halbfesten und für den tiefer anstehenden Geschiebemergel von einer halbfesten bis festen Konsistenz auszugehen.

2.2.1.5 Beckenton und -schluff

In der o. g. Schichtenabfolge kommen abschnittsweise, meist in größeren Tiefen steife bis halbfeste Tone und Schluffe vor. Diese sind pleistozänen Ursprungs und häufig von ausgeprägt plastischer Form, wobei auch mittelpastische Tone und Schluffe vorkommen. Diese Böden sind nach DIN 18 196 vorwiegend in die Gruppen TM, TA und selten UM einzustufen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

2.2.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Aus den Kleinbohrungen wurden bei Schichtwechsel, mindestens jeden Meter, gestörte Bodenproben (GP) entnommen. Zusätzlich wurden ungestörte Proben (UP) aus den Großbohrungen 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, sowie des Glühverlustes nach DIN 18 128 durchgeführt. Zusätzlich wurden an den ungestörten Proben einaxiale Druckversuche nach DIN 18 136, Kompressionsversuche nach DIN 18 135, Zustandsgrenzen gemäß DIN 18 122-1 und Scherversuche nach DIN 18 137 durchgeführt.

Die ausgeführten bodenmechanischen Laborversuche sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2 Bodenmechanische Laborversuche

Art des bodenmechanischen Laborversuchs	Anzahl der durchgeführten Versuche
Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	33 Nasssiebungen, 43 Sieb-/Schlämmanalysen
Wassergehalt nach DIN 18 121-1	114 Versuche
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122-1	15 Versuche
Glühverlust nach DIN 18 128	10 Versuche
Kompressionsversuch nach DIN 18 135	22 Versuche
Scherversuch nach DIN 18 137	4 Versuche
Einaxiale Druckversuch nach DIN 18 136	13 Versuche

Die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen, dazu gehören neben den Scherversuchen einaxiale Druckversuche und KD-Versuche (Ödometerversuche), wurden bei der Festlegung der bodenmechanischen Kennwerte berücksichtigt, siehe Kapitel 3.2.2.3 und in der Anlage 3 sowohl tabellarisch als auch als Einzelergebnis dargestellt. In der Anlage 3 sind auch die

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

weiteren Laborversuche wie Korngrößenverteilung, Wassergehalt, Zustandsgrenzen und Glühverluste aufgeführt.

Die Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilungen sind in der Anlage 3.2 dargestellt. Anhand der Korngrößenverteilungen handelt es sich bei den im überwiegenden Trassenbereich anstehenden Geschiebeböden um schluffige bis stark schluffige, schwach tonige bis tonige und schwach kiesige Sande. Die Bandbreite der Korngrößenverteilungen ist in Abbildung 1 dargestellt. In den Bohrprofilen wird das bodenmechanische Verhalten der Geschiebeböden berücksichtigt. Sie werden daher in bodenmechanischer Hinsicht über die Bodengruppen nach DIN 18 196 als bindige und gemischtkörnige Böden mit schwach kiesigen Beimengungen angesprochen und dargestellt.

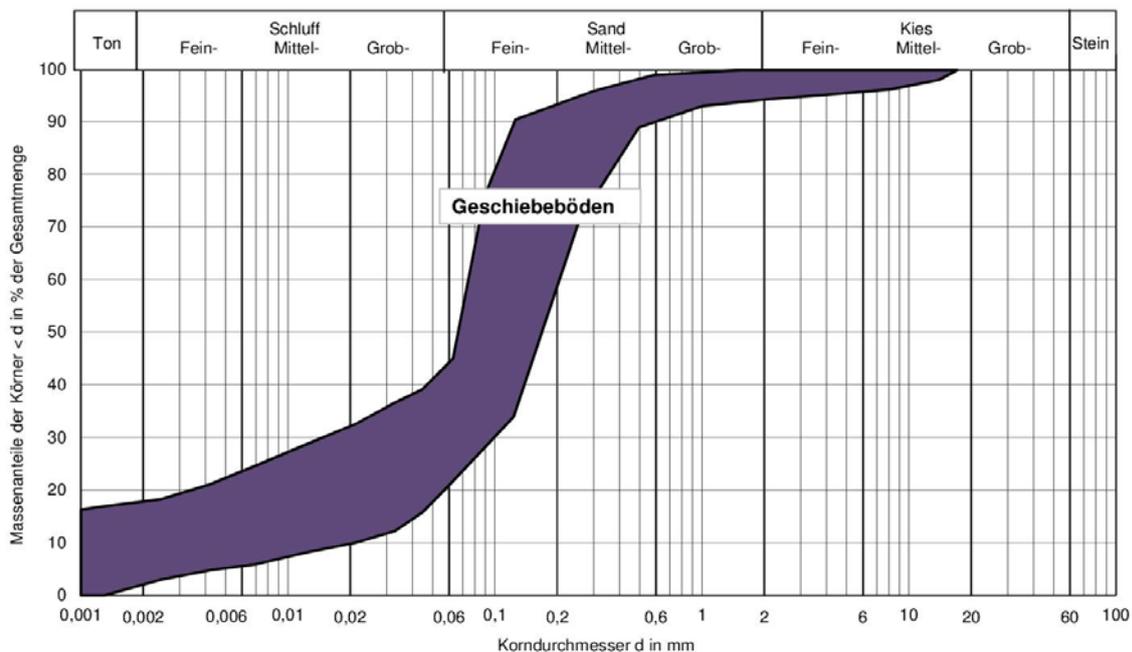


Abbildung 1 Körnungsband der Geschiebeböden

Anzahl der Analysen 33

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bei den angetroffenen Sanden handelt es sich zum überwiegenden Teil um enggestufte Fein- und Mittelsande mit variierenden Schluffanteilen. Das Körnungsband dieser Sande ist in Abbildung 2 dargestellt.

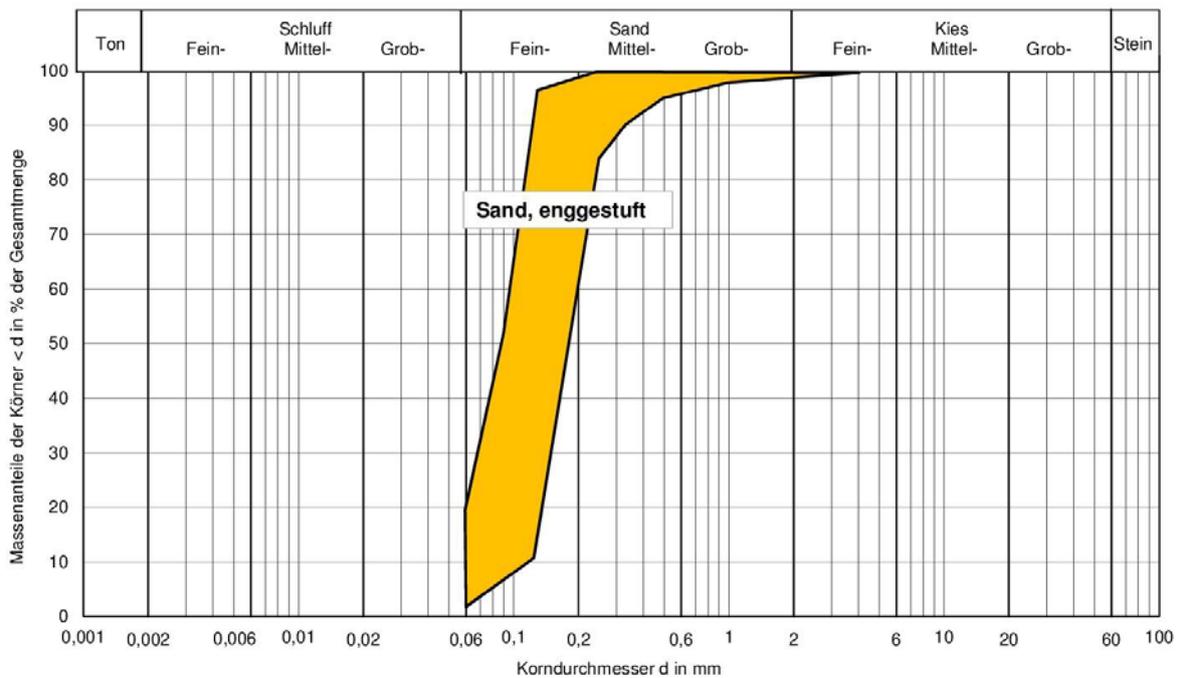


Abbildung 2 Körnungsband der enggestuften Fein- und Mittelsande

Anzahl der Analysen: 28 Stück

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bei den angetroffenen weitgestuften Sanden, siehe Abbildung 3, die weitestgehend im Bereich der Sandhorster Ehe angetroffen wurden, handelt es sich um fluviatile Sande mit unterschiedlich schluffigen und kiesigen Beimengungen.

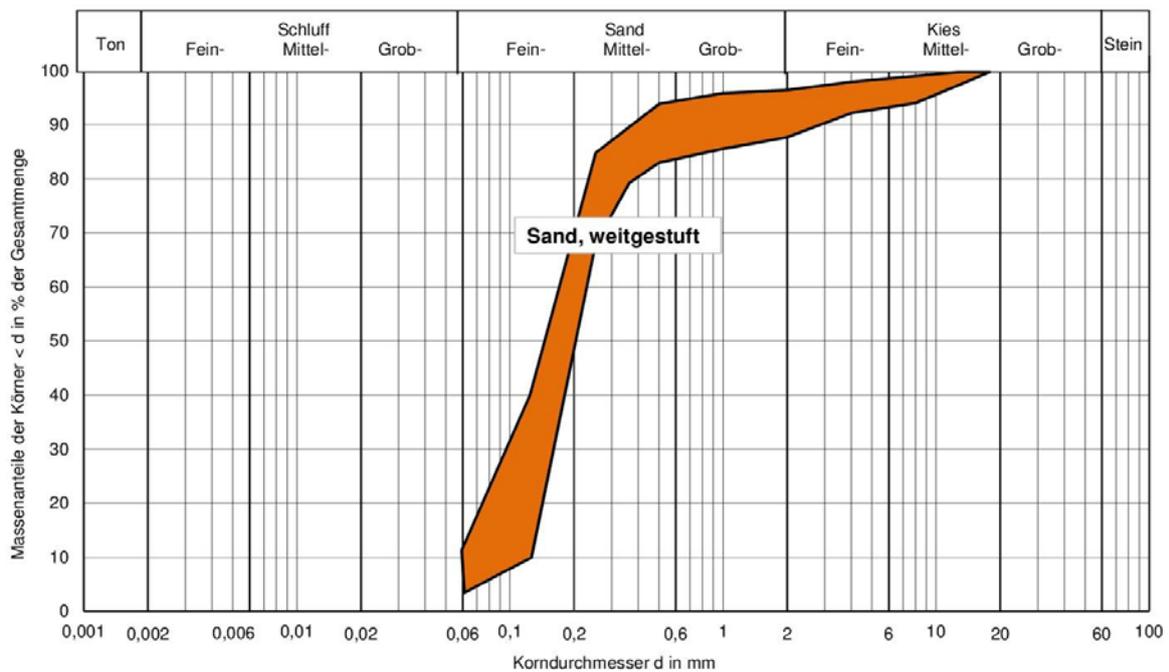


Abbildung 3 Körnungsband der weitgestuften Sande

Anzahl der Analysen: 5 Stück

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bei den Beckenablagerungen, auch Lauenburger Ton, handelt es sich überwiegend um tonige bis stark tonige Schluffe mit wechselnden Feinsandanteilen. Die Bandbreite der Korngrößenverteilungen der Beckenablagerungen ist in Abbildung 4 enthalten.

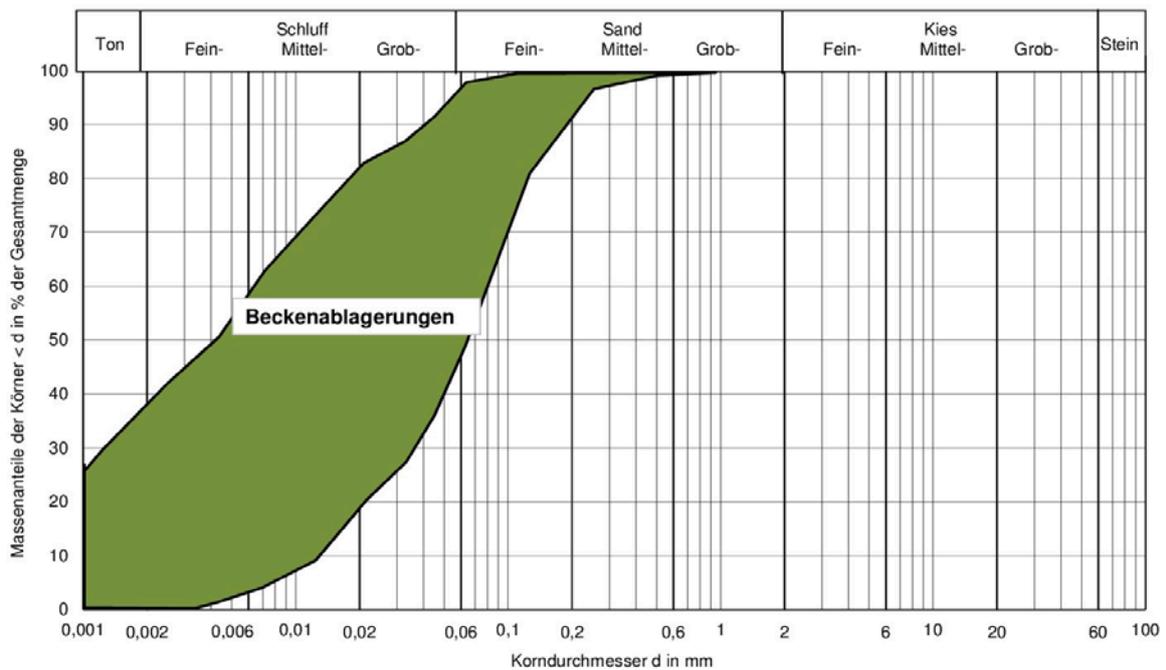


Abbildung 4 Körnungsband der Beckenablagerungen

Anzahl der Analysen: 10 Stück

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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

Eine Übersicht über die Ergebnisse der Wassergehalts- und Glühverlustbestimmungen der im Trassenabschnitt angetroffenen Torfe bietet die Tabelle 3.

Tabelle 3 Untersuchte organische Böden – Torfe

Boden	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18 196	Wassergehalt [1]	Glühverlust [1]
Torf	H,fs'	OH, HZ	0,35 - 6,67	0,18 - 1,46

In der folgenden Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Scherversuche nach DIN 18 137 dargestellt.

Tabelle 4 Scherversuche

Bodenart	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Dichte ρ_d [g/cm ³]	Wassergehalt [1]	Reibungswinkel ϕ' [°]	Kohäsion [kN/m ²]
S, u, t', g'	GB 045	5,1 - 5,4	1,999	0,123	31,0	15,0
S, u, t', g'	GB 045	12,1 - 12,4	1,960	0,123	35,9	3,3
T, Sandlagen	GB 076	6,2 - 6,5	1,467	0,250	32,2	14,3
S, u, t', g'	GB 086	3,3 - 3,6	1,911	0,122	35,0	5,0

Die Ergebnisse der direkten Scherversuche entsprechen den Erfahrungswerten, sodass sie bei der Festlegung der bodenmechanischen Kennwerte berücksichtigt wurden.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Zur Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit und somit zur Bestimmung der undrainierten Scherfestigkeit, die bei der Ermittlung der Anfangsstandsicherheit von Bedeutung ist, wurden einaxiale Druckversuche ausgeführt. Die Ergebnisse sind nachfolgend tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 5 Einaxiale Druckversuche

Bodenart	Entnahme- stelle	Tiefe [m]	Wasser- gehalt [1]	q_u [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]
S, u, t, g'	GB 022	2,7 - 3,0	0,154	33,8	16,9
S, u, t, g'	GB 031	5,7 - 6,0	0,139	87,9	44
S, u, t, g'	GB 031	8,0 - 8,3	0,120	185	92,5
S, u, t, g'	GB 052	3,2 - 3,5	0,131	59	29,5
fS, u,t, g'	GB 066	5,5 - 5,8	0,126	120,4	60,2
fS, u,t, g'	GB 066	6,7 - 7,0	0,120	157	79
T, u, Sandbänder	GB 066	12,2 - 12,5	0,280	139	69
fS, u, t', g'	GB 071	4,0 - 4,3	0,125	79	40
S, u, t', g'	GB 071	9,0 - 9,3	0,38	177	89
S, u, t', g'	GB 076	4,5 - 4,8	0,114	316	158
T, u	GB 117	7,3 - 7,6	0,27	114	57
T, u	GB 117	13,0 - 13,3	0,23	243	122
S, u, t', g'	GB 144	11,4 - 11,7	0,11	328	164

Die Ergebnisse der durchgeführten einaxialen Druckversuche weisen auf laborbedingte Entspannungsprozesse hin, was teilweise zu geringen q_u -Werten führte. Weiterhin sind die Proben aufgrund der hohen Sandanteile in den Geschiebeböden schwer bearbeitbar gewesen. Dennoch können deutliche Rückschlüsse auf die pleistozän vorbelasteten und

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

tragfähigen Geschiebeböden gezogen werden. So kann bei c_u -Werten zwischen 10 kN/m^2 und 30 kN/m^2 bei stark sandigen Geschiebeböden (Bodenarten S, u, t, g') noch von einer weichen bis steifen Konsistenz und bei $c_u = 40 \text{ kN/m}^2$ von einer halbfesten Konsistenz ausgegangen werden. Darüber hinaus ist bei c_u -Werten von $c_u > 100 \text{ kN/m}^2$ im vorliegenden Fall von einer festen Konsistenz auszugehen. Bei den Beckentonen, die teilweise als Lauenburger Ton angesprochen wurden, ist mit c_u -Werten von $c_u = 57 - 89 \text{ kN/m}^2$ eine steife bis halbfeste und bei $c_u \geq 100 \text{ kN/m}^2$ eine halbfeste Konsistenz vorhanden. Diese Annahme wurde auch durch die Ergebnisse der CPT-Sondierungen bestätigt.

Tabelle 6 KD-Versuche

Bodenart	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Wassergehalt [1]	Erstbelastung [kN/m^2]	Wiederbelastung [kN/m^2]
S, u, t, g'	GB 022	2,7 - 3,0	0,154	3,0 - 5,7	33,3 - 50,0
S, u, t, g'	GB 022	13,2 - 13,5	0,116	3,5 - 20,0	33,3 - 80,0
S, u, t, g'	GB 031	5,7 - 6,0	0,141	5,3 - 16,7	33,3-80,0
S, u, t, g'	GB 031	8,0 - 8,3	0,12	3,9 - 18,2	50,0 - 80,0
fS, u,t', g'	GB 045	5,1 - 5,4	0,103	5,6 - 9,8	16,7 - 40,0
fS, u,t', g'	GB 045	12,1 - 12,4	0,10	4,6 - 7,1	12,5 - 30,7
S, u, t, g'	GB 052	3,2 - 3,5	0,131	2,9 - 10,0	25,0 - 80,0
S, u, t', g'	GB 052	13,5 - 13,8	0,137	4,0 - 8,9	25,0 - 66,7
fS, u,t, g'	GB 066	5,5 - 5,8	0,126	4,8 - 10,5	16,7 - 36,4
fS, u, t, g'	GB 066	6,7 - 7,0	0,120	5,3 - 15,4	50,0 - 133,3
T, u, Sandbänder	GB 066	12,2 - 12,5	0,284	2,5 - 8,0	20,0 - 40,0
fS, u, t', g'	GB 071	4,0 - 4,3	0,125	4,4 - 17,4	33,3 - 57,1
T, u	GB 071	9,0 - 9,3	0,21	2,0 - 4,4	4,8 - 6,6
S, u, t', mg'	GB 076	4,5 - 4,8	0,114	4,6 - 11,8	16,7 - 80,0

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bodenart	Entnahmestelle	Tiefe [m]	Wassergehalt [1]	Erstbelastung [kN/m ²]	Wiederbelastung [kN/m ²]
T, u	GB 076	13,3 - 13,6	0,214	3,6 - 5,8	16,7 - 35,8
fS, u, t', mg'	GB 086	3,3 - 3,6	0,122	2,9 - 9,5	20,0 - 57,0
U, t*, Glimmer	GB 086	6,5 - 6,8	0,35	2,3 - 5,9	6,7 - 13,8
T, u, fs'	GB 112	6,8 - 7,1	0,288	2,6 - 4,4	10,0 - 21,1
T, u, fs'	GB 112	11,8 - 12,1	0,257	2,7 - 4,4	9,1 - 25,0
T, u	GB 117	7,3 - 7,6	0,27	2,4 - 5,7	11,1 - 16,7
T, u	GB 117	13,0 - 13,3	0,23	3,5 - 8,0	13,5 - 18,7
S, u, t', g'	GB 144	11,4 - 11,7	0,11	5,0 - 13,3	25,0 - 50,0

Die Ergebnisse der KD-Versuche entsprechen den Erfahrungswerten und werden bei der Festlegung der bodenmechanischen Kennwerte entsprechend berücksichtigt. Da es sich bei den Böden um pleistozäne, also vorbelastete Schichten handelt, ist von dem Wiederbelastungsast in den in der Anlage 3 dargestellten KD-Versuche auszugehen. Dabei sind die entsprechenden Belastungsbereiche zu berücksichtigen.

Eine Ausnahme bei den oben genannten Ergebnissen ist der Versuch an dem Beckenton in der Bohrung GB 071 in einer Tiefe von 9,0 - 9,3 m. Die Probe hat sich offensichtlich nach der Entnahme so weit entspannt, dass die Zusammendrückung hier eine unrealistische Ermittlung des Steifemoduls ergab. Dieser Wert wurde nachfolgend nicht berücksichtigt.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

2.2.3 Feststellungen zu den hydrogeologischen Verhältnissen und Grundwasseruntersuchungen

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

Angaben zu den im Baugrund angetroffenen Wasserständen sind den geotechnischen Schnitten der Anlage 2 sowie der Tabelle in Anlage 4 zu entnehmen.

Darüber hinaus wurden der GTU vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, NLWKN, Aurich, dem Oldenburgisch Ostfriesischen Wasserverband, OOWV, Brake, sowie den Stadtwerken Emden Grundwassermessdaten der letzten Jahre aus der näheren Umgebung des Untersuchungsgebietes zur Verfügung gestellt.

Weiterhin wurden zur längerfristigen Beobachtung der Grundwasserstände 5 Großbohrungen zu Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Grundwassermessstellen wurden bei GB-022 rd. Bau-km 103+300, GB-045 rd. Bau-km 105+700, GB-086 rd. Bau-km 109+900 und GB-112 rd. Bau-km 112+500 ausgebaut.

Eine Übersicht über die angetroffenen Wasserstände im Baugrund liefert die Anlage 2 und 4. Des Weiteren enthält Kapitel 3.1.2 abschnittsweise eine kurze Beschreibung des angetroffenen Grundwassers.

2.2.3.1 Beton- und Stahlaggressivität des Grundwassers

Zur Untersuchung des Grundwassers auf die Beton- und Stahlaggressivität wurden Wasserproben aus den ausgebauten Grundwassermessstellebrunnen entnommen. Die Ergebnisse der chemischen Analysen sind als Anhang E beigefügt.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Das Grundwasser ist nach den Untersuchungen der Wasserproben aus den Bohrungen GB 045 in rd. Bau-km 105+700, GB 086 in rd. Bau-km 109+900 und GB 112 rd. in Bau-km 112+500 als nicht betonangreifend im Sinne der DIN 4030 einzustufen. Dagegen ist das Grundwasser nach den Untersuchungen der Proben aus den Bohrungen GB 022 rd. in Bau-km 103+300 und B071 in rd. Bau-km 108+400 als schwach betonangreifend im Sinne der DIN 4030 einzuordnen.

Nach den Untersuchungen auf Stahlaggressivität variiert die Güte der Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen zwischen gut und sehr gut.

2.2.4 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen an Böden

2.2.4.1 Probenmaterial

Zur Untersuchung, ob eine Schadstoffbelastung des Bodens vorliegt, wurden an Bodenproben Schadstoffanalysen nach LAGA M 20, Unterlage 1.2.13, durchgeführt.

Da in der Trasse kein Einschnitt geplant 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 Schluffbeimengungen 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. 0,3 bis 0,5 km lange Streckenabschnitte aus einer Tiefe von im allgemeinen 0,0 m bis 1,0 m unter GOK repräsentative Mischproben (MP) gebildet und chemisch analysiert. Eine Zusammenstellung über die Zusammenführung der entnommenen Proben zu den Mischproben ist der Tabelle in Anlage 5 zu entnehmen.

Die in der Tabelle genannten 23 Mischproben wurden in dem Chemischen Labor Wessling GmbH, Hannover, analysiert.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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), 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 (SO₄²⁻)

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:

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

- bis Z 0: Uneingeschränkter Einbau - Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen
- bis Z 0*: Verfüllungen von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelten 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 Analyseergebnisse

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen am Feststoff und Eluat mit den Zuordnungswerten gemäß LAGA M 20 sind in Tabelle 7 aufgelistet. Hierbei wurden jedoch nur die kontaminierten Mischproben mit einer Zuordnungs-klasse > Z0* aufgeführt.

Die Prüfberichte des Chemischen Labors sind im Anhang E beigefügt.

Tabelle 7 Ergebnisse der kontaminierten Mischproben, Oberer Meter

Mischprobe	Aufschluss	Tiefe [m]	LAGA Zuordnungs-klasse	Maßgeblicher Parameter	Sonstige Parameter
MP 2	BS 083	0,0 – 1,3	Z 2	PAK = 3,1 mg/kg Cd = 9,5 mg/kg	Cr, Cu, Zn TOC = 5,9 Gew%
	BS 084	0,0 – 1,7			
	BS 085	0,0 – 1,2			
MP 4	BS 050	0,0 – 0,4	Z 2	pH = 5,6	
	BS 051	0,0 – 0,4			
MP 5	BS 057	0,0 – 0,4	Z 2	pH = 5,9	
	BS 058	0,0 – 0,5			
MP 20	BS 140	0,0 – 0,2	> Z 2	pH = 5,4	
	BS 141	0,0 – 0,5			
	BS 142	0,0 – 0,4			

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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 2, MP 4, MP 5 und MP 20 lediglich leicht erhöhte Gehalte an TOC, organischer Kohlenstoff, festgestellt wurde. Weiterhin wurden leicht geringe pH-Werte mit Werten von $\text{pH} \geq 6$ als Zuordnungsklasse Z 1.2 „Eingeschränkter Einbau in technischen Bauwerken in hydrogeologisch günstigen Gebieten“, siehe Anhang E, ermittelt.

Unter Berücksichtigung des zum Teil geringfügig erhöhten TOC-Gehalts ist der überwiegende Teil der Mischproben der Zuordnungsklasse Z 2 zuzuordnen und dementsprechend zu behandeln. Aus gutachterlicher Sicht wird organischer Kohlenstoff nicht als kontaminationsrelevant angesehen, da er, wie im vorliegenden Fall, nach der organoleptischen Bodenansprache bzgl. seiner Herkunft den organischen Bestandteilen des Bodens und damit natürlichem Ursprung zugeordnet werden kann und somit nicht als kontaminierender Bestandteil im Boden anzusehen ist. Das Material ist bei Vernachlässigung des TOC-Gehaltes dem Zuordnungswert Z 0 bzw. untergeordnet Z0* zuzuordnen.

Bei der MP 2 wurde ein erhöhter Gehalt an PAK festgestellt, der eine Einstufung des Bodenmaterials in die Zuordnungsklasse Z 2, „Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Maßnahmen“, erfordert. In der Mischprobe MP 2 wurde weiterhin leicht erhöhte Cadmium-Werte ermittelt, $\text{Cd} = 9,5 \text{ mg/kg}$, die ebenfalls eine Einstufung des Bodenmaterials in die Zuordnungsklasse Z 2 nach sich zieht.

Bei den Proben MP 4 und MP 5 wurden pH-Werte von 5,9 und 5,6, Zuordnungsklasse Z 2, und bei der MP 20 ein pH-Wert von 5,4, Zuordnungsklasse $> Z 2$, ermittelt. Die niedrigen pH-Werte sind jedoch im Wesentlichen auf die organischen Böden und Pflanzen zurückzuführen und sind somit aus gutachterlicher Sicht nicht als kontaminationsrelevant anzusehen.

Im Weiteren wird im Einzelnen auf die Einzelwerte im Anhang E verwiesen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

2.3 Boden als Baustoff

Zum Zeitpunkt der Gutachtenbearbeitung waren keine Bodenentnahmestellen vorgegeben. Hinsichtlich der Eignung als Baustoff werden daher im Folgenden die Böden bewertet, die in Abschnitten mit geländegleicher Lage / leichter Einschnittslage bzw. in Trassenabschnitten mit erforderlichem Bodenaustausch vorkommen. Die Bewertung der Eignung von Böden 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 Baugrundaufschlüssen ist entlang der Trasse unterhalb des Oberbodens überwiegend mit Flugsanden und Decksanden über sandigen bis stark sandigen Geschiebeböden von überwiegend weicher bis steifer Konsistenz zu rechnen. Zur Tiefe sind die Geschiebeböden von steifer und steifer bis halbfester bzw. fester Konsistenz. Die Flug- und Decksande sind sehr locker gelagert, während die tiefer anstehenden Geschiebesande, also die pleistozänen Sande, mitteldicht bis dicht, teils sehr dicht gelagert sind.

3.1.2 Hydrogeologische Situation

Nach der Hydrogeologischen Karte Niedersachsens 1 : 75.000 (siehe Unterlage 1.2.4) ist die Grundwasseroberfläche, MHWG im Trassenbereich, je nach Geländehöhe zwischen rd. 1,0 m NN und 4,0 m NN zu erwarten. Dies deckt sich relativ gut mit den Untersuchungsbefunden aus dem Januar 2013, Unterlage 1.2.9, sowie mit den Messungen im Zeitraum von November 2013 bis Februar 2014. Hierbei wurde Grundwasser in den Geländeabschnitten mit Höhenquoten zwischen weniger als 2 m bis 4 m NN meist zwischen 0,0 m bis 0,5 m unter GOK und in und in Abschnitten mit Geländehöhen um 5,0 m bis 7,0 m NN zwischen 1,5 m und 1,7 m unter GOK eingemessen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Damit liegt der angetroffene, nicht ausgepegelte Grundwasserspiegel gemäß der durchgeführten Baugrunderkundungen generell sehr nah der Geländeoberfläche, vgl. auch Anlage 2 und Anlage 4.

Im Rahmen dieses Projekts/ dieser Baumaßnahme ist vorläufig als Bemessungswasserstand (anzunehmender mittlerer Höchststand des Grundwassers – MHGW) gemäß Tabelle der Anlage 4. anzusetzen.

Generell zeigen die bisherigen Auswertungen auch, dass die höchsten Wasserstände prinzipiell im ersten Jahresdrittel (Januar bis April) auftreten. Dagegen treten die niedrigsten Wasserstände in der Regel im Spätsommer zwischen August und September auf. Die saisonalen Schwankungen der Grundwasserstände in den Messstellen, Unterlage 1.2.14 und Anhang C, betragen in den letzten Jahren rd. 1,0 m bis max. rd. 1,3 m.

Um aussagekräftige Angaben zu den Grundwasserständen im direkten Trassenbereich und eine größere Planungssicherheit bei der Baumaßnahme zu erhalten, sind die gesetzten Grundwassermessstellen regelmäßig zu beobachten und einzumessen.

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 am Ende dieses Kapitels in Tabelle 8 abschließend zusammengefasst.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Es wird darauf hingewiesen, dass selbst in vermeintlichen Homogenbereichen hinsichtlich des Baugrundaufbaus zwischen den punktuellen Aufschlüssen (mit Abständen von i.d.R. 80 bis 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 – 1,0 m) liefert die Tabelle in Anlage 4 und die geotechnische Schnitte in Anlage 2.

Im Abschnitt **von Bau-km 100+400 bis rd. Bau-km 101+565** steht unterhalb des Oberbodens, Bodengruppe OH nach DIN 18 196, der eine Dicke von $d = 0,15$ m bis 1,2 m aufweist, bis in Tiefen von 2,1 m bis 2,5 m sehr lockerer Flugsand, Bodengruppe SE an. Darunter wurden steife Schluffe mit variierenden Sandanteilen, teils mit eingelagerten zersetzten Torfbändern erbohrt (SE, SU*, OU, HZ, UL). Unterhalb der Schluffe wurden Geschiebelehm und schluffige Sande festgestellt, die zur Tiefe hin wechselnd schluffige, tonige und schwach kiesigen Beimengungen aufweisen (SU*, TL/ST*). Die Konsistenz der Geschiebeböden ist als weich bis steif zu bezeichnen, die schluffigen Sanden sind locker bis mitteldicht gelagert.

Von Bau-km 101+565 bis Bau-km 102+500, in einem Abschnitt mit geringer Dammlage $h < 1,0$ m, folgt unter dem Oberboden (OH) mit einer Mächtigkeit von $d = 0,3$ m bis 1,3 m, eine 0,7 m bis 3,3 m dicke Schicht aus meist sehr lockeren Flugsanden mit geringen schluffigen Beimengungen (SU) über stark sandigen, weichen bis steifen Geschiebelehmen und –mergeln (TL/ST*).

In Bau-km 102+500 bis rd. Bau-km 103+200, Dammlage $h \leq 4,0$ m, steht unter dem Oberboden (OH) mit einer Schichtdicke von $d = 0,4$ m bis 1,2 m, Ausnahme BS 019a, wo am Rande des Feldes eine Dicke des Oberbodens von nur $d = 0,15$ m gemessen wurde, meist Flugsand (SU, SU*) mit variierenden Mächtigkeiten, über weichen bis steifen, stark sandigem Geschiebelehm (TL/ST*) an. In größerer Tiefe folgt halbfester, stark sandiger Geschiebemergel mit ähnlicher Kornzusammensetzung. Der Geschiebelehm unterscheidet

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

sich gegenüber den Geschiebemergel nur hinsichtlich des Kalkgehaltes. Der Geschiebemergel ist kalkig, der Geschiebelehm kalkfrei.

Von rd. Bau-km 103+200 bis rd. Bau-km 104+300 ist eine geringe Dammlage $h < 1,0$ m geplant. Der Oberboden (OH) weist hier eine Dicke von rd. $d = 0,3$ m bis $0,5$ m auf. Lediglich am Ende des Abschnittes, in Bau-km 104+230 wurde stattdessen Torf angetroffen, Bodengruppe HZ, der bis $1,3$ m Tiefe ansteht. Darunter folgen meist Flugsande (SE, SU) in Schichtdicken von $d = 0,4$ m bis $2,0$ m, über Geschiebelehm und -mergel von weicher bis steifer Konsistenz, der zur Tiefe hin halbsteife Konsistenz aufweist (TL/ST*).

Weiterhin wurden **von rd. Bau-km 104+300 bis rd. Bau-km 106+450**, wo ein Damm mit $h \geq 1,0$ m bis rd. $h \leq 7,7$ m geplant ist, Oberbodenmächtigkeiten von rd. $d = 0,3$ m bis $0,6$ m erbohrt (OH). Darunter folgen weitestgehend sehr lockere Flugsande mit variierenden Schluffanteilen (SU, SU*), bereichsweise mit torfig-humosen, dünnen Zwischenlagen (OU, HZ), die in weiche bis steife Geschiebelehme (TL/ST*) übergehen und von steifen bis halbsteifen Geschiebemergeln (TL/ST*) unterlagert werden.

Von rd. Bau-km 106+450 bis rd. Bau-km 107+500, Dammlage $h \geq 1,0$ m bis $h \leq 3,8$ m, wurde Oberboden (OH) in Schichtdicken von rd. $d = 0,3$ m bis $0,6$ m, meist $0,5$ m erbohrt. Darunter folgen bis in Tiefen von rd. $1,0$ m bis rd. $1,5$ m erneut geringmächtige, sehr lockere Flugsandschichten. Lediglich in rd. Bau-km 206+100 wurden die Sande bis $3,5$ m Tiefe festgestellt. Nach DIN 18 196 gehören diese Flugsande mit variierenden Schluffanteilen in die Bodengruppen SU und SU*. Im Liegenden folgen weiche bis steife Geschiebelehme (TL/ST*), und mit zunehmender Tiefe halbsteife Geschiebemergel (TL/ST*).

Von rd. Bau-km 107+500 bis rd. Bau-km 108+100 befindet sich ein Abschnitt in geringer Dammlage von $h < 1,0$ m, in dem der Oberboden (OH) in Schichtdicken von rd. $d = 0,4$ m ansteht. Darunter folgen geringmächtige, sehr lockere Flugsande von $0,1$ m bis $0,9$ m Dicke (SU, SU*), über weichem bis steifem Geschiebelehm (TL/ST*), der auch hier, wie in den vorhergehenden Abschnitten, als stark sandiger, schwach toniger und schwach kiesiger

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Geschiebelehm anzusprechen ist. Darunter folgen steife bis halbfeste Geschiebemergel (TL/ST*).

In dem folgenden Abschnitt, **von rd. Bau-km 108+100 bis rd. Bau-km 109+600**, ist eine Dammlage bis $h = 10,0$ m vorgesehen. Hier wurde Oberboden (OH) in Mächtigkeiten von $d = 0,3$ m bis $0,9$ m erbohrt. Lediglich in rd. Bau-km 208+300 wurde zusätzlich ein alter Oberbodenhorizont (OH) zwischen $1,0$ m und $1,3$ m unter GOK festgestellt. Es handelt sich dabei um schluffig-humosen Feinsand von lockerer Lagerung. In der darauf folgenden Bohrung, in rd. Bau-km 208+400, in BS 083, wurde im Uferbereich, nahe eines Feldweges, humoser, schluffiger, Feinsand, vereinzelt durchsetzt mit Ziegelbruchstücken, bis in eine Tiefe von $1,8$ m festgestellt. Ob es sich hier um Auffüllungen handelt oder um fluviatile Ablagerungen, war nicht eindeutig feststellbar. Weiterhin wurden hier sehr lockere Flugsande bis in Tiefen von rd. $0,5$ m bis rd. $2,5$ m, mit variierenden Schluffanteilen und mit kiesigen Bestandteilen erbohrt (SU, SU*). Bereichsweise überwiegt auch im Bereich der Sandhorster Ehe der Schluffanteil, so dass hier von weichen bis steifen Schluffen mit sandigen und tonigen Beimengungen (UL, UM) zu sprechen ist. Weiterhin ist, obwohl nicht angetroffen, im Bereich der Sandhorster Ehe auch mit organischen Schichten zu rechnen. Im Liegenden folgen erneut stark sandige, weiche bis steife Geschiebelehme, über steifem bis halbfestem Geschiebemergel (TL/ST*).

Von rd. Bau-km 109+600 bis rd. Bau-km 110+500 liegt die Gradienten wieder auf einem Damm von $h = 0,5$ m bis rd. $h = 1,0$ m. Der Oberboden (OH) wurde hier bis in Tiefen von $t = 0,2$ bis $0,7$ m erkundet. Bereichsweise wurden im Randbereich der Sandhorster Ehe schwach organische, fluviatile Ablagerungen aus schluffigen Feinsanden, teils mit tonigem, aber auch mit grobsandigem oder kiesigem Beimengungen (SU, SU*, SW, SE), erbohrt. Diese fluviatilen Ablagerungen sind häufig von sehr lockerer bis lockerer Lagerung und weisen im Randbereich des parallel verlaufenden Feldweges vereinzelt Ziegelbruchstücke auf. Weiterhin wurden in der Nähe der Sandhorster Ehe auch weiche bis steife Auelehme mit sandigen und humosen Bestandteilen sowie mit mehr oder weniger stark auftretenden

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

pflanzlichen Beimengungen erbohrt. Darunter folgen erneut weiche bis steife stark sandige Geschiebelehme, die in Tiefen von 4,0 m bis 6,0 m in Geschiebesande übergehen. Die Geschiebesande (SU, teils SU*) sind mitteldicht bis dicht gelagert. In diesem Abschnitt wurden auch teilweise unter dem Geschiebelehm steife bis halbfeste Beckentone (TA) angetroffen, die vereinzelt auch von Geschiebesanden unterlagert werden.

In dem folgenden Dammabschnitt mit Höhen von rd. $h \leq 4,5$ m **von rd. Bau-km 110+50 bis rd. Bau-km 111+550**, ist Oberboden (OH) in Schichtdicken von $d = 0,3$ m bis 0,5 m vorhanden. Lediglich am Ende des Abschnittes, in rd. Bau-km 210+200 wurde bis 0,6 m eine locker bis mitteldicht gelagerte Auffüllung aus kiesig, schwach schluffigen Sanden [SU] erbohrt. Darunter stehen in geringer Schichtdicke von 0,2 m bis 1,0 m lockere Flugsande mit variierenden Schluffanteilen (SU, SU*) an, die von stark sandigen Geschiebelehmen (TL/ST*) von weicher bis steifer Konsistenz unterlagert werden. Ab 5,0 m bis 6,0 m unter GOK wurden stark sandige Geschiebemergel (TL/ST*) und mitteldichte Geschiebesande (SU, SU*) erbohrt. Abschnittsweise wurden in diesen Tiefen auch steife bis halbfeste Beckentone (TA) über dicht gelagerten Geschiebesanden (SU*) erkundet.

In dem Abschnitt **von rd. Bau-km 111+550 bis rd. Bau-km 112+050** mit einer Gradienten, die nur $h = 0,4$ m bis 1,0 m über Gelände liegt, wurde Oberboden (OH) in Dicken von rd. $d = 0,4$ m bis 0,6 m angetroffen. Darunter steht erneut der lockere Flugsand in geringer Schichtdicke (SU*) oder auch gleich darunter stark sandiger, weicher bis steifer Geschiebelehm (TL/ST*) an. Weiterhin ist in diesem Abschnitt mit steifem, stark sandigem Geschiebemergel (TL/ST*) im Wechsel mit mitteldicht bis dicht gelagerten Geschiebesanden (SU, SU*) und steifen bis halbfesten Beckentonen (TA) zu rechnen.

Der folgende Dammabschnitt **von rd. Bau-km 112+050 bis rd. Bau-km 113+000**, weist im Bereich der Sandhorster Straße, in rd. Bau-km 211+300 Dammhöhen von bis zu rd. 10,0 m auf. Der Abschnitt hat Oberbodenschichtdicken (OH) von $d = 0,25$ m bis 0,5 m. Unter dem Oberboden folgen Geschiebeböden aus einer Wechsellagerung von weichen bis steifen

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Geschiebelehmen (TL/ST*) mit zwischengelagerten Geschiebesanden (SU*) und stark sandigen Geschiebemergeln (TL/ST*) von steifer Konsistenz. Bereichsweise, wie in rd. Bau-km 211+200 festgestellt, wurden ab 3,0 m steife bis halbfeste Beckentone (TA) erbohrt, die hier bis 12,0 m Tiefe (Endtiefe der Bohrung) nicht durchbohrt wurden. Diese Beckentone sind auch als Lauenburger Tone einzustufen, die in jedem Fall eiszeitlich vorbelastet sind.

Dieser zum Bauende geplante Abschnitt, **von rd. Bau-km 113+800 bis rd. Bau-km 113+700 (Bauende)** mit geringen Dammhöhen von wenigen Dezimetern bis zu rd. 1,8 m, verzeichnet Oberbodenschichtdicken (OH) von $d = 0,1$ m bis 0,5 m. Darunter folgen bis in Tiefen von 1,1 m bis 2,0 m sehr lockere, fluviatile Sande und Aueablagerungen, sowie sehr lockere Flugsande (SU, SU*), bereichsweise mit Pflanzen, Humos (OH) und Torfbändern (HZ) durchsetzt. Bereichsweise überwiegt auch der Schluffanteil, sodass von einem Auelehm (UL) auszugehen ist, der eine weiche bis steife Konsistenz aufweist. Darunter folgen erneut weiche bis steife Geschiebelehme (TL/ST*) mit Geschiebesanden (SU, SU*) durchsetzt und von steifem bis halbfestem Geschiebemergel (TL/ST*) unterlagert. Weiterhin folgt erneut ab rd. 5,0 m teilweise steifer bis halbfester Beckenton (TA).

Beschreibung der Rampenbereiche

Bauwerk BW 1.02 Kirchdorfer Straße B72n (Südümgehung) Bau-km 103+290

Aufschlüsse: BS 022A, BS 022B, GB 022, BS 022C, BS 022D, CPT 022, CPT 022B, CPT 022D

Der Baugrund im Bereich der bis zu 6,0 m bis 7,0 m hohen Rampe im Kreuzungsbereich des o.g. Bauwerkes wird gebildet aus Oberboden (OH), Schichtdicke $d = 0,3$ m bis 0,6 m, über einer 0,2 m bis 1,3 m dicken Schicht aus meist sehr lockeren Flugsanden mit wechselnden schluffigen Beimengungen (SE, SU, SU*). Darunter folgt stark sandiger, weicher bis halbfester Geschiebelehm und –mergel (TL/ST*) mit zwischengelagerten mitteldichten Geschiebesanden (SU) mit schluffigen Beimengungen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bauwerk BW 1.03 Zum Haxtumer Feld B72n (Südmuehung) **Bau-km 104+350**

Aufschlüsse: BS 032A, BS 032B, GB 031, BS 032C, BS 032D, CPT 031, CPT 032A, CPT 032C

Im Zuge dieses Überführungsbauwerkes ist der Bau einer ebenfalls 6,0 m bis 7,0 m hohen Anrampung geplant. Im Verlauf dieser Rampe besteht der Baugrund aus Oberboden (OH) in einer Schichtstärke von i. M. $d = 0,5$ m. Die darunter folgenden Flugsande sind hier ebenfalls locker gelagert und wurden bis in Tiefen von 1,0 m bis 3,5 m aus feinkörnigen Sanden mit variierenden Schluffanteilen (SE, SU*) erbohrt. Lediglich in der GB 031 wurde zwischen 1,8 m bis 2,1 m unter GOK zersetzter Torf (HZ) festgestellt. Darunter folgen bis in Tiefen von 6,5 m bis 9,5 m stark sandige, weiche bis steife, zur Tiefe hin halbfeste Geschiebelehme (TL/ST*). Unterhalb des Lehms folgt steifer bis halbfester Geschiebemergel (TL/ST*).

Bauwerk BW 1.07 B210n Oldensumer Straße **Bau-km 106+410**

Aufschlüsse: BS-AS01, BS-AS02, GB 052, BS-AS03, CPT 052, CPT AS02, CPT AS04

Der Baugrund besteht im Bereich der Oldensumer Straße herzustellenden $h = 6,0$ m bis 7,0 m hohen Anrampung aus dem Oberboden und den Geschiebeböden. Der Oberboden (OH) weist Dicken von 0,3 m bis 0,6 m auf. Darunter folgt bis in Tiefen von 1,1 m bis 3,1 m mitteldicht bis dicht gelagerter Decksand (SU, SU*) über weichen bis steifen, stark sandigen Geschiebelehmen (TL/ST*), die wiederum von steifen bis halbfesten Geschiebemergeln (TL/ST*) unterlagert werden. Ab rd. 15,5 m bis zur Endtiefe der Bohrung von 17,0 m wurde ein dicht gelagerter schluffiger Geschiebesand (SU*) erbohrt.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bauwerk BW 1.10 Extumer Brückenstraße B210n **Bau-km 107+950**

Aufschlüsse: GB 066, BS 066A, CPT 066

Die hier geplante, ebenfalls 6,0 m bis 7,0 m hohe Anrampung zur Anbindung der Extumer Brückenstraße wird gegründet auf einer bis zu 1,5 m dicken schluffigen und locker gelagerten Feinsandschicht (SU, SE, SU*) (Flugsande) über weichen bis steifen, stark sandigem Geschiebelehm (TL/ST*) und –mergel (TL/ST*). Der Mergel ist ab etwa 3,6 m halbfest und der dann ab etwa 10,0 m anstehende Beckenton (TA) von halbfester Konsistenz. Der Oberboden (OH) weist hier eine Schichtdicke von 0,4-0,5 m auf.

Bauwerk BW 1.12 B210n / Radweg (südseitig) / B72alt – Emders Str. / Bahn / Bundesbahnschloot / Greedenweg / Greedenwegschloot **Bau-km 108+900**

Aufschlüsse: BS AS05, BS-AS06, BS-AS07, BS-AS08, GB 076, CPT 076, CPT AS06

Im Zuge der Neugestaltung der B72 – Emders Straße, im Zuge der B210n, sowie verschiedener anderer Wege und Straßen ist mit folgendem Baugrundaufbau zu rechnen: Der Oberboden (OH) weist Schichtdicken von 0,2 m bis 0,5 m auf. Darunter wurden zunächst weitestgehend bis in Tiefen von 1,1 m bis 2,8 m schluffige Sande und sandige Schluffe (SU, SU*, ST*, UL) von weicher bis steifer Konsistenz erbohrt, die als fluviatile Ablagerungen einzustufen sind. Lediglich in der Bohrung GB 066 wurde direkt unter dem Oberboden (OH) weicher bis steifer Geschiebelehm (TL/ST*) bis 2,3 m Tiefe festgestellt. Darunter folgt bis in Tiefen von 7,3 m bis 7,6 m steifer bis halbfester, stark sandiger Geschiebemergel (TL/ST*), der in halbfesten bis festen Beckenton (TA) übergeht. Ausnahme davon ist die Bohrung BS-AS08, auf der Nordseite der B72alt, wo unterhalb des Geschiebemergels von 7,6 m bis 12,0 m dicht gelagerte Geschiebesand ansteht.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bauwerk BW 1.13 K138 Wallster Weg B210n / Sandhorster Ehe **Bau-km 109+930**

Aufschlüsse: BS 086A, BS 086B, BS 086C, BS 086D, GB 086, CPT 086, CPT 086B, CPT 086D

Im Verlauf des Wallster Weg, K138, wird ebenfalls eine 6,0 m bis 7,0 m hohe Anrampung geschüttet. Der Oberboden weist hier, soweit angetroffen, Mächtigkeiten um 0,3 m bis 0,4 m auf. Weitestgehend ist in diesem Anschlussbereich mit Auffüllungen aus Sanden [SE, SU, ST*/SU*] mit teils variierenden Schluffanteilen und zwischengelagerten, teils unterlagernden, humosen Sanden (OH), vermutlich alte Oberbodenhorizonte, zu rechnen. Unterhalb der 1,5 m bis 2,7 m mächtigen Auffüllung folgen bis in Tiefen von 5,2 bis 8,0 m weiche bis steife Geschiebelehme (TL/ST*) bzw. halbfeste Geschiebemergel (TL/ST*), die in steife bis halbfeste Beckenschluffe (UL, UM) und -tone (TA) übergehen, die bis 15 m (Endtiefe der Bohrung) nicht durchbohrt worden.

Bauwerk BW 1.17 L7 Dornumer Straße B210n **Bau-km 113+050**

Aufschlüsse: BS-AS09, BS-AS10, BS-AS11, BS-AS12, GB 117, CPT 117, CPT AS11

Im Verlauf der Dornumer Straße wird eine rd. 7 m hohe Anrampung geplant. Der Oberboden (OH) wurde nur in der Bohrung GB 117 bis 0,5 m Tiefe erbohrt. In den übrigen Bohrungen, die neben der Straße ausgeführt wurden, ist nur eine dünne 0,1 m dicke Oberbodenschicht (OH) und eine 0,15 m bis 0,35 m dicke Tragschicht aus Recycling Material (GI) angetroffen worden. Darunter folgen weitestgehend stark sandige, weiche bis steife Geschiebelehme (TL/ST*), die in steife bis halbfeste stark sandige Geschiebemergel (TL/ST*) übergehen. Lediglich in der BS-AS09 wurde bis 0,7 m eine humose Auffüllung [SU/OH] über schwach schluffigen Feinsand (SU) bis 2,5 m erbohrt. In Tiefen ab 4,2 m bis 5,7 m folgt halbfester bis fester Beckenton (TA), der bis 15 m Endtiefe der Bohrung nicht durchbohrt wurde, jedoch von Sandzwischenlagen teils unterbrochen wird.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Südanschluss Rahester Moor rd. Bau-km 24+000 bis 26+330

Aufschlüsse: BS 126 – BS 148, CPT 142, CPT 144, CPT 147

Im Bereich des Südanschlusses Rahester Moor, ab rd. Bau-km 24+000 bis rd. Bau-km 26+330 (BS 126 – BS 148) verläuft die Trasse über jungfräuliches Gelände, was landwirtschaftlich genutzt wird und durch eine Vielzahl von Entwässerungsgräben durchschnitten ist. Der Baugrund ist hier ebenfalls sehr einheitlich aufgebaut. Unter dem Oberboden (OH) folgen Decksande mit variierenden Schluffanteilen (SU, SU*) von lockerer bis mitteldichter Lagerung. Darunter folgen weitestgehend weiche bis steife, starksandige Geschiebelehme und – mergel, die zur Tiefe hin auch eine halbfeste Konsistenz aufweisen (TL/ST*). Bereichsweise sind auch Geschiebesande von lockerer bis mitteldichter Lagerung zwischengelagert (SU, SU*).

Davon ausgenommen sind die Abschnitte um den Baukilometer rd. 24+560, 25+940, 26+040 und 26+130, in denen regional Torfe (HZ) in unterschiedlichen Tiefen zwischen 0,6 m und 1,4 m sowie zwischen rd. 2,0 m und 3,0 m wie auch 3,0 m bis 5,2 m zu erwarten sind.

Die Ergebnisse der Drucksondierungen bestätigen weitestgehend die Bodenansprache wonach die Flugsande mit Spitzendrücken von $q_c \geq 1,0$ bis 2,0 MPa als sehr locker gelagert einzustufen sind, während die Decksande mit Spitzendrücken von meist $q_c = 2,0$ MPa, teils bis über 10,0 MPa als locker bis mitteldicht eingestuft werden können. In den Geschiebeböden wurden sehr differenziert zu betrachtende Spitzendrücke und Mantelreibungswerte festgestellt. Dabei sind je nach Ton- und Schluffanteil Spitzendrücke von $q_c \leq 1,0$ MPa schon als weich bis steif und mit $q_c \geq 2,0$ MPa als halbfest zu bezeichnen. Bei der Ausführung der Drucksondierungen ist es offensichtlich teilweise zu Fehlmessungen gekommen, da die Indizes teils zu ± 0 ermittelt wurden, was dem Grunde nach nicht den Erfahrungen mit vergleichbaren Böden entspricht. Diese Erfahrungen wurden auch durch detaillierte Laboruntersuchungen bestätigt. Weiterhin sind die Geschiebesande häufig mit $q_c > 10,0$ bis 20,0 MPa als mitteldicht bis dicht einzustufen. Die in größeren Tiefen

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

anstehenden Beckentone zeigten bei halbfester bis fester Konsistenz Spitzendruckwerte von rd. $q_c = 0,2$ bis $4,0$ MPa, während die Beckenschluffe, die jeweils wenige Meter unter der Oberfläche anstehen, Werte von $q_c = 1,0$ bis $2,0$ MPa aufweisen, was einer steifen bis halbfesten Konsistenz entspricht.

Die nachfolgende Tabelle 8 fasst die o. g. Ergebnisse des Baugrundaufbau im Trassenabschnitt tabellarisch zusammen.

Tabelle 8 Baugrundaufbau im Trassenabschnitt

Kilometrierung		Lage der Trasse	Im Untergrund anstehende Böden
von	bis		
100+400	101+565	geländegleich bzw. geringe Dammlage	Oberboden, Flugsand, Schluff mit Torfblendern, Geschiebelehm
101+565	102+500	geringe Dammlage	Oberboden, Flugsand, Geschiebelehm und -mergel
102+500	103+200	Dammlage	Oberboden, Flugsand, Geschiebelehm über Geschiebemergel
103+200	104+300	geringe Dammlage	Oberboden, teilweise Torf am Abschnittsende über Flugsand, Geschiebelehm und -mergel
104+300	106+450	Dammlage	Oberboden, Flugsand mit variierenden Schluffanteilen, Bereichsweise torfig – humose Zwischenlagen über Geschiebelehm und -mergel
106+450	107+500	Dammlage	Oberboden, dünne Flugsandschichten mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel
107+500	108+100	geringe Dammlage	Oberboden, dünne Flugsandschichten mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel
108+100	109+600	Dammlage	Oberboden, teils alter Oberbodenhorizont von 1,0 m bis 1,3 m in km 109+500; bis 1,8 m fluviale Ablagerungen über Flugsanden und weichen bis steifen Schluffen über Geschiebelehm und –mergel Obwohl nicht angetroffen, ist in diesem Abschnitt insbesondere im Bereich der Sandhorster Ehe mit organischen Schichten und Torf zu rechnen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Kilometrierung		Lage der Trasse	Im Untergrund anstehende Böden
von	bis		
109+600	110+500	sehr geringe Dammlage	Oberboden, fluviatile Ablagerungen, Auelehm, teilweise Auffüllungen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesande, darunter Beckenton
110+500	111+550	Dammlage	Oberboden, am Ende des Abschnittes Auffüllungen bis 0,6 m; Flugsande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel, sowie Beckenton und Geschiebesand
111+550	112+050	sehr geringe Dammlage	Oberboden, Flugsande, Geschiebelehm, -mergel und -sand sowie Beckenton
112+050	113+000	Dammlage	Oberboden, Flugsande, Geschiebelehm, -mergel und -sand sowie Beckenton
113+000	113+700 Bauende	geringe Dammhöhen	Oberboden, fluviatile Sande und Aueablagerungen sowie lockere Flugsande über Geschiebelehm und -mergel einschließlich Geschiebesand und Beckenton

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Rampen		
Rampen- bezeichnung	Lage der Rampe	Im Untergrund anstehende Böden
BW 1.02	Kirchdorfer Straße	Oberboden, Flugsande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesanden
BW 1.03	Zum Haxtummer Feld	Oberboden, Flugsande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesanden
BW 1.07	Oldensummer Straße	Oberboden, Decksande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesanden
BW 1.10	Extummer Brückenstraße	Oberboden, Flugsande, Geschiebelehm und -mergel über Beckenton
BW 1.12	Ender Straße	Oberboden, fluviatile Ablagerungen, Geschiebelehm und -mergel sowie Beckenton und Geschiebesand
BW 1.13	Wallster Weg/K138	Oberboden, Auffüllungen in Tiefen von 1,50 m bis 2,70 über Geschiebelehm und -mergel sowie Beckenschluff und -ton
BW 1.17	Dornummer Straße/L7	Oberboden, Tragschicht (Auffüllung), Geschiebelehm und -mergel über Beckenton mit Sandzwischenlagerungen
Südanschluss		
rd. 24+000 – 26+300	Rahester Moor	Oberboden, Decksande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesand Ausnahme: rd. Kilometer 24+560, 25+940, 26+040 und 26+130 Torf oberflächennah bis in Tiefen von 5,2 m, Schichtdicke d = 0,8 m bis 2,2 m

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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 9 die Bodengruppen nach DIN 18 196 und die Bodenklassen nach DIN 18 300 der angetroffenen Bodenarten angegeben.

Tabelle 9 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
Aueablagerungen	SU/SU*, UL, UM	3 - 4 ¹⁾
Geschiebelehm und -mergel	TL/ST*	4 ¹⁾
Beckenschluff und -ton	UL/UM, TA	4 ¹⁾ - 5

¹⁾ Bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2

Die angetroffenen Geschiebeböden sowie die schluffigen Sande und Aueablagerungen sind stark frostgefährdet und sehr wasserempfindlich. Außerdem sind sie empfindlich gegenüber mechanischer Beanspruchungen. Bei Wasserzutritt kann sich eine steife Konsistenz schnell zu einer weichen bis breiigen Konsistenz verschlechtern.

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.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Auf der Grundlage der durchgeführten Laborversuche sowie der Bodenansprachen im Labor wurden die in den geländegleichen Lagen angetroffenen Böden, zirka in der Tiefenlage des Planums (Oberkante Untergrund), d.h. rd. 1 m unter Gelände, hinsichtlich Frostempfindlichkeit klassifiziert. Die Einzelergebnisse sind in der Anlage 2 und der nachfolgenden Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10 Frostempfindlichkeitsklassen (ZTVE-StB 09) im Trassenbereich

Kilometrierung		Lage der Trasse	Frostempfindlichkeitsklasse	Bodenarten in Höhe Planum
von	bis			
100+400	100+550	geländegleich	F 2 – F 3	lockere Flugsande mit schluffigen Beimengungen
100+550	100+900	geringe Dammlage	F 1	lockere Flugsande
100+900	101+200	geringe Dammlage	F 2	lockere Flugsande mit variierenden Schluffanteilen
101+200	101+475	geringe Dammlage	F 1	lockere Flugsande
101+475	101+565	geländegleich	F 3	sehr lockere Flugsande mit Schluffanteilen
101+565	102+500	geringe Dammlage	F 2 – F 3	sehr lockere Flugsande mit schluffigen Beimengungen und Geschiebelehm
102+500	103+200	Dammlage	F 2 – F 3	Flugsande mit variierenden Schluffanteilen
103+200	104+300	geringe Dammlage	F 2 – F 3	Flugsande, teils schluffig
104+300	106+450	Dammlage	F 2 – F 3	Flugsande mit variierenden Schluffanteilen, am Abschnittsanfang Torf bis 1,3 m
106+450	107+500	Dammlage	F 2 – F 3	Flugsande mit variierenden Schluffanteilen

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Kilometrierung		Lage der Trasse	Frostempfindlichkeitsklasse	Bodenarten in Höhe Planum
von	bis			
107+500	108+100	geringe Dammlage	F 2 – F 3	sehr lockere Flugsande mit variierenden Schluffanteilen und Geschiebelehm
108+100	109+600	Dammlage	F 3	sehr lockere fluviatile Ablagerungen und Auffüllungen über Flugsanden mit variierenden Schluffanteilen
109+600	110+500	sehr geringe Dammlage	F 2 – F 3	fluviatile Ablagerungen, teils organisch, sehr locker mit variierenden Schluffanteilen
110+500	111+550	Dammlage	F 2 – F 3	meist Flugsande mit variierenden Schluffanteilen, teils oberflächlich Auffüllungen
111+550	112+050	sehr geringe Dammlage	F 3	sehr lockere Flugsande mit variierenden Schluffanteilen
112+050	113+000	Dammlage	F 3	stark sandige Geschiebeböden
113+000	113+700 Bauende	geringe Dammhöhen	F 3	fluviatile Ablagerungen und Flugsande mit variierenden Schluffanteilen, teils mit Torfbändern
Südanschluss				
24+000	26+300	geringe Dammlage bis Damm	F 3	Oberboden, Decksande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesand

Demnach stehen im Trassenbereich überwiegend F 2 und F 3 Böden an, sodass in den geländegleichen Abschnitten Frostschutzmaßnahmen in Form eines frostsicheren Tragschichtaufbaus bzw. der Einbau einer Frostschutzschicht aus frostunempfindlichen Böden erforderlich sind.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

In den Bereichen mit Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 sind generell keine Frostschutzmaßnahmen erforderlich, jedoch wird auf die sehr lockeren Flugsande und die damit verbundenen erforderlichen, tragfähigkeitserhöhenden Maßnahmen besonders hingewiesen.

In Dammbereichen mit Höhen $h > 1,0$ m, besser $h > 1,2$ 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 Belastungsklassen Bk100 bis Bk10 eine Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus von 65,0 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 $h < 2,0$ m ist eine Mehrdicke von 5,0 cm anzusetzen. Die Wasserverhältnisse variieren im Trassenbereich. Bei ungünstigen Wasserverhältnissen, Grundwasser kommt in Frostperioden dauerhaft oder auch nur zeitweise höher als 2,0 m unter Planum vor, ist eine Mehrdicke von 5,0 cm anzusetzen. Bei ungünstigen Wasserverhältnissen ist somit eine Dicke des frostsicheren Aufbaus von 75,0 cm anzusetzen. Es wird aufgrund der zu erwartenden bis in Geländehöhe reichenden Stauwässer und des Kapillarwassers vorgeschlagen, in Abschnitten mit Dammhöhen $h < 1,2$ m einen frostsicheren Straßenaufbau von $d \geq 75,0$ cm zu wählen.

3.2.2.3 Geotechnische Kennwerte

Für die im Rahmen der vorliegenden Baumaßnahme durchzuführenden erdstatischen Berechnungen können die in Tabelle 12 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

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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 11 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 12 Bodenmechanische Kennwerte (charakteristische Werte)

Bodenart	Spitzen- druckw. q_c [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]		
Auffüllungen	vorges.	locker - mitteldicht	18,5	9,5	-	30	0	15 - 20	10^{-6}
Oberboden	vorges.	locker	18	10	-	30	0	3	ca. $1 \cdot 10^{-5}$
Decksand/ flu- viatile Sande und Flugsande: (SE) Sand mit variierenden Schluffanteilen (SE, SU)	< 1 - 2	sehr locker	17,5	10	-	30	0	15 - 20	ca. $1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-6}$
	2 - 8	locker - mitteldicht	18	10	-	30	0	20 - 40	
	8 - 15	mitteldicht	19	11	-	32,5	0	40 - 50	
	> 15	dicht - sehr dicht	20	12	-	35	0	50 - 80	
Sand schluffig – stark schluffig (SU*)	1 - 2	sehr locker	19	9	-	27,5	0	20	ca. $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-7}$
	2 - 4	locker	20	10	-	30	0	30	
	> 4 - 8	locker -	20	10	-	32,5	0	40	

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bodenart	Spitzen- druckw. q_c [MN/m ²]	Lagerungs- dichte/ Konsistenz	Wichte		Schерparameter			Steife- modul E_s [MN/m ²]	Durch- lässig- keit k_f [m/s]
			γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	c_u [kN/m ²]	φ' [°]	c' [kN/m ²]		
		mitteldicht							
Torf	< 1	zersetzt,	11	1	10 - 15	15	2 - 3	0,5-1,0	ca. $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-8}$
	1 - 2	ober- flächennah	11	1	20 - 30	17,5	3	1,5	
	2 - 3	teilweise nicht zersetzt	12	2	30 - 40	20	5	2	
Aueablagerungen	< 1	breiig - weich	15	5	15 - 25	18	2 - 4	1 - 2	ca. $5 \cdot 10^{-7}$ - $5 \cdot 10^{-9}$
	1 - 2	weich	15	5	40 - 50	20	10	2 - 5	
Beckenschluff (UL/UM)	1 - 2	weich-steif	20	10	50	22,5	10 - 15	6 - 10	ca. $1 \cdot 10^{-8}$ - $1 \cdot 10^{-10}$
	2 - 4	steif	20	10	> 50	22,5	20	10 - 15	
Beckenton (TA)	2	steif - halbf.	21	12	60	22,5	20	15 - 20	$1 \cdot 10^{-9}$
	2 - 4	halbfest	21	12	100	22,5	30	20 - 30	$1 \cdot 10^{-9}$
	> 4	fest	21	12	150	22,5	30	40 - 50	$1 \cdot 10^{-10}$
stark sandiger Geschiebelehm	1 - 2	weich - steif	20	10	25 - 35	27,5	5	5 - 12	ca. $5 \cdot 10^{-8}$ - $5 \cdot 10^{-9}$
	2 - 4	steif - halbf.	20	10	25 - 35	27,5	10	15 - 25	
	≥ 4	halbf. - fest	20	10	25 - 35	27,5	15	25 - 40	
stark sandiger Geschiebemergel	1 - 2	weich - steif	21	12	35	30	10	10 - 15	ca. $5 \cdot 10^{-8}$ - $5 \cdot 10^{-9}$
	2 - 4	steif - halbf.	21	12	80-100	30	20	20 - 35	
	≥ 4	halbf. - fest	21	12	150-200	30	40	40 - 60	

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

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

3.2.2.4 Eignung des Untergrundes zur Versickerung von Niederschlagswasser

Die Versickerungseignung des Untergrundes für Niederschlagswasser wird insbesondere vom Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f bestimmt.

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.

Dies ist in dem gesamten Trassenbereich nicht gegeben, weil das Grundwasser über weite Strecken in Höhe des Geländes oder in Zeiten starker Niederschläge Stau- und Schichtenwasser ebenfalls in Geländehöhe zu erwarten ist.

3.3 Beurteilung von Boden als Baustoff

3.3.1 Geotechnische Kennwerte und Eigenschaften

Da, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, keine Bodenentnahmestellen vorgegeben waren und hier keine wesentlichen Einschnitte geplant sind, können nur die Böden aus den geländegleichen

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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 mit erforderlichem Bodenaustausch unterhalb des Oberbodens bis ca. 1,0 bis 1,5 m u. GOK anfallenden Böden, sowie deren Bodenklasse nach DIN 18 300 sind in Anlage 2 dargestellt. Den zusammenfassenden Überblick über alle Bereiche bietet die nachfolgende Tabelle 13.

Tabelle 13 Bodenmaterialien

Kilometrierung		Lage der Trasse	Bodenart	Boden- gruppe DIN 18 196	Boden- klasse nach DIN 18 300
von	bis				
100+400	101+565	geländegleich bzw. geringe Dammlage	Oberboden, Flugsand, Schluff mit Torfbändern, Geschiebelehm	OH, SE, SU/SU*, HZ	1, 2, 3, 4 ¹⁾
101+565	102+500	geringe Dammlage	Oberboden, Flugsand, Geschiebelehm und -mergel	OH, SU/SU*	1, 2, 3, 4 ¹⁾
102+500	103+200	Dammlage	Oberboden, Flugsande, teils schluffig, über Geschiebelehm und -mergel	OH, SU, SU*, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
103+200	104+200	geringe Dammlage	Oberboden, teilweise Torf am Abschnittsende über Flugsand, Geschiebelehm und -mergel	OH, HZ, SU/SU*, TL/ST*	1, 2, 3, 4 ¹⁾
104+200	107+500	Dammlage	Oberboden, Flugsande, teils schluffig über Geschiebelehm und -mergel	OH, SU, SU*, TL/ST	1, 3, 4 ¹⁾
107+500	108+100	geringe Dammlage	Oberboden, dünne Flugsandschichten mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel	OH, SU*	1, 4 ¹⁾

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Kilometrierung		Lage der Trasse	Bodenart	Boden- gruppe DIN 18 196	Boden- klasse nach DIN 18 300
von	bis				
108+100	109+600	Dammlage	Oberboden, teils tieferliegender älterer Oberboden, Auffüllungen aus Sand, Flugsand, wechselnd schluffig Aueablagerungen aus Schluff über Geschiebelehm und -mergel	OH, SU, SU*, UL/UM, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
109+600	110+500	sehr geringe Dammlage	Oberboden, fluviatile Ablagerungen, Auelehm, teilweise Auffüllungen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesande, darunter Beckenton	OH, SU*, UL, UM	1, 4 ¹⁾
110+500	111+550	Dammlage	Oberboden, teils Auffüllung über Geschiebelehm und -mergel, sowie Beckenton und -schluff	OH, SU, SU*, TL/ST*, TA	1, 3, 4 ¹⁾ , 5
111+550	112+050	sehr geringe Dammlage	Oberboden, Flugsande, Geschiebelehm, -mergel und -sand sowie Beckenton	OH, SU/SU*, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
112+050	113+000	Dammlage	Oberboden, Sand und Flugsande, teils schluffig und humos, mit Torfbändern, teils Auelehm über Geschiebemergel über Beckenton	OH, SU, SU*, HZ-Bänder, UL, TL/ST*, TA	1, 3, 4 ¹⁾ , 5
113+000	113+700 Bauende	geringe Dammhöhen	Oberboden, fluviatile Sande und Aueablagerungen sowie lockere Flugsande über Geschiebelehm und -mergel einschließlich Geschiebesand und Beckenton	OH, SU*, TL/ST*, TA	1, 4 ¹⁾ , 5

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Kilometrierung		Lage der Trasse	Bodenart	Boden- gruppe DIN 18 196	Boden- klasse nach DIN 18 300
von	bis				
Südanschluss					
rd. 24+000	26+300 Rahester Moor	geringe Dammhöhen	Oberboden, Decksande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesand Ausnahme: rd. Kilometer 24+560, 25+940, 26+040 Torf oberflächennah bis in Tiefen von 5,0 m, schichtige d = 0,8 m bis 2,0 m	OH, SU/SU*, TL/ST*, HZ	1, 2, 3, 4 ¹⁾

¹⁾ Bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2

Im Trassenbereich 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, Kapitel 4.6, zusammenfassend dargestellt ist.

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 $n = 1 : 1,5$ bei bis zu 8,0 m hohen Dämmen und $n = 1 : 2$ in Bereichen mit den bis zu rd. 10,0 m hohen Dämmen im

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Endzustand grundsätzlich eine ausreichende Standsicherheit gegeben ist, sofern das Dammmaterial Mindest-Scherparameter von $\varphi' = 25,0^\circ$ und $c' = 10,0 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 27,5^\circ$ und $c' = 8,0 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 5,0 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\varphi' = 35,0^\circ$ und $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ aufweist.

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

Anhand weiterer Berechnungen wurde die Anfangsstandsicherheit, d.h. die Standsicherheit bei undrainierten Verhältnissen direkt nach Aufbringung der Schüttschichten, untersucht. Die angesetzte undrainierte Kohäsion c_u wurde zum einen von den Spitzendrücken abgeleitet und zum anderen anhand einaxialer Druckversuche ermittelt, siehe Kapitel 2.2.2 Tabelle 5.

Nach den Ergebnissen der Standsicherheitsuntersuchungen ist in dem Abschnitt um Bau-km 25+900 bis Bau-km 26+130, Südanschluss Rahester Moor, die Anfangsstandsicherheit bei einer angenommenen Dammhöhe von bis zu 7,0 m nicht gegeben. In diesem Abschnitt sind zusätzliche Maßnahmen, wie zum Beispiel Bodenaustausch 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. Deshalb wird vorgeschlagen, die Abstände der Bohrungen abschnittsweise zu verdichten und im Bereich hoher Dämme und dort, wo organische Böden und Torfe angetroffen wurden, auch quer zur Trasse weitere Sondierungen anzuordnen.

3.4.2 Setzungsverhalten in Dammabschnitten

Anhand von Überschlagsberechnungen wurde in maßgeblichen Querschnitten des Trassenabschnitts das Konsolidations- und Setzungsverhalten abgeschätzt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 14 zusammengefasst. Dabei wurden die erforderlichen Bodenaustauschmaßnahmen noch nicht berücksichtigt.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Tabelle 14 Abschätzung der Setzungen und Konsolidation maßgeblicher Querschnitte

Querprofil ca. km	Dammhöhe [m]	Setzungen [cm]	Konsolidationsdauer [Tage]
104+200	rd. 2,0 m	ca. 5 - 8 ¹⁾	ca. 30 - 60
107+000	3,8 m	ca. 4 - 6	während der Bauzeit
108+300 - 109+000	10,0 m	ca. 15 - 20	ca. 90 - 120
111+200	< 4,5 m	ca. 6 - 8	während der Bauzeit
112+400 - 112+700	10,5 m	ca. 10 - 15	ca. 40
Südanschluss 24+560 - 26+040	6,0 – 7,0 m	ca. 60 - 80 ¹⁾	entfällt wegen Bodenaustausch

¹⁾ Hinzuzurechnen sind Kriechsetzungen aus der Zersetzung organischen Bestandteilen

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

Es wird auch hier darauf hingewiesen, dass die vermeintlich ungünstigsten Verhältnisse berücksichtigt wurden. Aufgrund der jedoch nur punktuell vorhandenen Aufschlüsse können sich ggf. höhere Setzungen 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.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

4.2 Empfehlungen und Hinweise für die Entwurfsbearbeitung, Ausschreibung und Baudurchführung

4.2.1 Allgemeines

Das Gutachten gilt nur für den in Kapitel 1.3 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 in der Trasse notwendigen Maßnahmen sind zum einen in Anlage 2 angegeben und zum anderen in Tabelle 15 zusammengefasst.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Tabelle 15 Erforderliche Gründungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung

Kilometrierung		Lage der Trasse	anstehende Böden im Untergrund bzw. unter Planum	erf. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung
von	bis			
100+400	100+550	Geländegleich	Oberboden, Flugsand, Auelehm über Geschiebelehm und –mergel	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$ evtl. Bodenverbesserung $d \geq 30,0 \text{ cm}$, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
100+550	100+900	geringe Dammlage	Oberboden, Flugsand, Auelehm über Geschiebelehm und –mergel	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
100+900	101+200	Geländegleich	Oberboden, Flugsand, Auelehm über Geschiebelehm und –mergel	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$ evtl. Bodenverbesserung $d \geq 30,0 \text{ cm}$, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
101+200	101+475	geringe Dammlage	Oberboden, Flugsand, Auelehm über Geschiebelehm und –mergel	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$, Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
101+475	101+565	geländegleich	Sand mit variierenden Schluffanteilen, Torfbändern, Geschiebeböden	Oberboden und oberflächennahe org. Böden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$ Bodenverbesserung $d \geq 30,0 \text{ cm}$ Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
101+565	102+500	geringe Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen, Geschiebeböden	Oberboden abschieben, evtl. Bodenverbesserung $d \geq 30,0 \text{ cm}$ Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$ Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
102+500	103+200	Dammlage ¹⁾	Sand mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Kilometrierung		Lage der Trasse	anstehende Böden im Untergrund bzw. unter Planum	erf. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung
von	bis			
103+200	104+200	geringe Dammlage	Flugsande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden	Oberboden und organische/ bindige Böden abschieben, teils Bodenverbesserung $d \geq 30,0$ cm Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
104+200	104+300	geringe Dammlage	Flugsande über Torf, Geschiebelehm und –mergel	Torf in Vor-Kopf-Bauweise austauschen, teils Bodenverbesserung $d \geq 30,0$ cm Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
104+300	106+450	Dammlage ¹⁾	Sand, bereichsweise torfig – humose Zwischenlagen mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden	Oberboden und oberflächennahe org. Böden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² , evtl. lokal Bodenaustausch
106+450	107+500	Dammlage ¹⁾	Sand mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ²
107+500	108+100	geländegleich und geringe Dammlage	dünne Flugsand mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden	Oberboden abschieben, Bodenverbesserung $d \geq 30,0$ cm Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
108+100	109+600	Dammlage ¹⁾	sehr lockere fluviatile Ablagerungen und Auffüllungen über Flugsanden mit variierenden Schluffanteilen	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Damm frühzeitig schütten, zur Vorwegnahme der Setzungen

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Kilometrierung		Lage der Trasse	anstehende Böden im Untergrund bzw. unter Planum	erf. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung
von	bis			
109+600	110+500	geländegleich und sehr geringe Dammlage	sehr lockere fluviatile Ablagerungen und Auffüllungen über Geschiebeböden und Beckenton	Oberboden abschieben, Bodenverbesserung $d \geq 30,0$ cm Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
110+500	111+550	Dammlage ¹⁾	Am Ende des Abschnittes Auffüllungen bis 0,6 m, sonst Flugsande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden und Beckenton	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ²
111+550	112+050	sehr geringe Dammlage	Sand mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden und Beckenton	Oberboden abschieben, Bodenverbesserung $d \geq 30,0$ cm Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
112+050	113+000	Dammlage ¹⁾	Sand mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebeböden und Beckenton	Oberboden abschieben, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Damm frühzeitig schütten, zur Vorwegnahme der Setzungen
113+000	113+700 Bauende	geringe Dammlage	sehr lockere fluviatile Ablagerungen und lockere Flugsande über Geschiebeböden und Beckenton	Oberboden abschieben, Bodenverbesserung $d \geq 30,0$ cm Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m ² Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus
Südanschluss				

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Kilometrierung		Lage der Trasse	anstehende Böden im Untergrund bzw. unter Planum	erf. Maßnahmen zur Baugrundverbesserung
von	bis			
24+000	26+300	Rahester Moor	<p>Oberboden, Decksande mit variierenden Schluffanteilen über Geschiebelehm und -mergel sowie Geschiebesand</p> <p>Ausnahme: rd. Kilometer 24+560, 25+940, 26+040 und 26+130 Torf oberflächennah bis in Tiefen von 5,0 m, schichtige d = 0,8 m bis 2,0 m</p>	<p>Oberboden abschieben, bei rd. km 24+560, km 25+940, km 26+040 und km 26+130 Torf bis 2,0 m in vor-Kopf-Bauweise, in kurzen Abschnitten gegen tragfähigen Sand austauschen. Bei Torf in Tiefen $t > 2,0$ m: Torfe in vor-Kopf-Bauweise im Schutze einer geschlossenen Grundwasserabsenkung, z. B. mit Vakuumlanzen gegen tragfähigen Sand austauschen. Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m²</p>

¹⁾Im Übergang von Dämmen befinden sich Teilabschnitte im Grenzbereich um $h=1,0$ m. Hier empfiehlt sich folgende Vorgehensweise: Oberboden und oberflächennahe organische Böden abschieben, Bodenverbesserung, Nachverdichtung der Sohle auf $E_{v2} \geq 45$ MN/m², Einbau des frostsicheren Tragschichtaufbaus.

In Dammabschnitten ist grundsätzlich der Oberboden abzuschleifen und die Aushubsohle mit geeignetem Gerät ausreichend, $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m², zu verdichten. In Teilbereichen, siehe Tabelle 15, wird zur Vorwegnahme der Setzungen aus den organischen und bindigen Böden eine frühzeitige Schüttung der Dämme bei gleichzeitiger messtechnischer Überwachung empfohlen, siehe auch Kapitel 3.4.

In den geländegleichen Abschnitten, im Übergang von Dämmen und Rampen ist gemäß RStO 12, auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45,0$ MN/m² erforderlich. Dieser Verformungsmodul ist bei den hier anstehenden Böden erfahrungsgemäß durch Nachverdichtung nicht zu erreichen. Deshalb wird dort eine Bodenverbesserung mit z. B. Kalk- oder Kalkzementgemischen bis in eine Tiefe von mindestens $t \geq 0,3$ m vorgeschlagen. Alternativ dazu ist ein Bodenaustausch mit z. B. Kiessand oder Recyclingmaterial denkbar. Der Verdichtungserfolg sowie die sonstigen verfahrenstechnischen Randbedingungen,

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

insbesondere zur Art und Weise der Verdichtung, sind generell vorab anhand von Probefeldern den örtlichen Bedingungen anzupassen und zu optimieren. Auf die starke Wasserempfindlichkeit wird hingewiesen.

In dem Fall, wenn der Boden unterhalb des Planums der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 gemäß RStO 12 zuzuordnen ist, ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120,0 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Bei den im Trassenabschnitt anstehenden F 1-Böden handelt es sich um enggestuften Feinsande, die aufgrund ihres enggestuften Kornspektrums nur sehr schwer verdichtbar sind. Der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120,0 \text{ MN/m}^2$ 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 $t \geq 30,0 \text{ cm}$ und der Einbau eines hoch verdichtbaren gebrochenen Materials oder ein vergleichbares Recycling-Material empfohlen. Das Bodenaustauschmaterial ist mit geeignetem Gerät ausreichend, $E_{v2} \geq 120,0 \text{ MN/m}^2$, 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.

Es wird noch einmal explizit darauf hingewiesen, dass in den Dammbereichen $h > 8,0 \text{ m}$ die Endstandsicherheit nur mit einer Böschungsneigung von $n = 1 : 2$ 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 abschnittsweise mit Grundwasser in Höhe der Geländeoberfläche und somit des Planums zu rechnen. Es sind entsprechende Entwässerungsmaßnahmen einzuplanen. Weiterhin besteht in Teilabschnitten die Gefahr von Überschwemmungen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

4.2.3 Bewertung des Abschnitts hinsichtlich der maximal zulässigen Einbauklassen nach LAGA

Gemäß LAGA M 20, 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.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Die hydrogeologisch günstigen Gebiete sind landesspezifisch festzulegen und sind i. A. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete ausreichend mächtige (mindestens 2,0 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 2,0 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 Auslagverhalten) 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 Decksicht 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 $d \geq 50,0$ 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 1,0 m betragen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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, verwiesen.

4.2.4 Hinweise und Empfehlungen zur Ausführung des Erdbaus

Für die Erdarbeiten sind generell die Bestimmungen der ZTV E-StB 09 sowie RStO 12 zu beachten. Auf einige Punkte wird nachfolgend besonders hingewiesen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

- 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.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

- 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+445 bis Bau-km 113+655 sowie von rd. Bau-km 24+000 bis 26+300 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 derzeitig vorliegenden Planung nicht vor. Nach den Empfehlungen der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Ausgabe 2012 (RAL) werden Böschungsneigungen von $n = 1 : 1,5$ empfohlen, wenn keine andere Böschungsneigung aus z.B. erdstatischen Gründen erforderlich ist. Im vorliegenden Fall ist aus erdstatischen Gesichtspunkten ab einer Dammhöhe von 8 m eine Dammneigung von $n = 1 : 2$ vorzusehen. Sofern die örtlich anstehenden enggestuften Feinsande zur Schüttung der Dämme verwendet werden sollen, ist generell eine Dammneigung von $n = 1 : 2$ vorzusehen.
- Es ist darauf zu achten, dass im oberen Meter des Dammkörpers nur grobkörnige Böden eingebaut werden, um die Frostsicherheit zu gewährleisten.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

- Sollte 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.
- 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, 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 Grundwasser liegen, siehe auch Grundwasserstände in Anlage 4. Hierauf ist bei der Planung der Erdarbeiten zu

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

achten. Es wird empfohlen, hier eine Wasserhaltung bis mindestens 1,0 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 $\geq 45,0 \text{ MN/m}^2$ 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 4.6 gemachten Angaben.

Generell ist ein Dammschüttmaterial zu verwenden, dass die Anforderungen an Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit nach ZTV E-StB 09 erfüllt. Es wird empfohlen, als Dammmaterial 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 $c = 10,0 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 27,5^\circ$ und $c' = 8,0 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 5,0 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\varphi' = 35,0^\circ$ und $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ mittels Versuchen nachzuweisen.

4.4 Einschätzungen von Gefährdungen

Mit den Aufschlussarbeiten im Untersuchungsabschnitt und der durchgeführten chemischen Analysen wurde bestätigt, dass keine Altlasten oder sonstige Kontaminationen im Untergrund des Untersuchungsgebiets vorliegen. Lediglich im Abschnitt von Bau-km 109+600 bis

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Bau-km 109+800 wurde ein erhöhter PAK-Gehalt nachgewiesen. Weiterhin wurden in diesem Bereich Chrom, Kupfer und Zink festgestellt. Ferner wurden in Bau-km 106+200 bis Bau-km 106+300 sowie Bau-km 107+000 bis Bau-km 107+100 geringe pH-Werte zwischen 5,6 und 5,9 festgestellt, die eine Einstufung in die Zuordnungsklasse Z 2 erfordern. Im Bereich von Bau-km 25+450 bis Bau-km 25+650 (Südanschluss) wurde ein pH-Wert von 5.4 ermittelt, der eine Einstufung in die Zuordnungsklasse > Z 2 erfordert. Die niedrigen pH-Werte sind jedoch im Wesentlichen auf die organischen Böden und Pflanzen zurückzuführen und sind somit aus gutachterlicher Sicht nicht als kontaminationsrelevant anzusehen. Im Weiterem wurden geringfügig erhöhte TOC-Gehalte auf der gesamten Strecke festgestellt, die jedoch aus gutachterlicher Sicht aufgrund des organischen Kohlenstoffes als nicht kontaminationsrelevant angesehen werden können, da der TOC-Gehalt nach der organoleptischen Bodenansprache bezüglich seiner Herkunft den organischen Bestandteilen des Bodens und damit natürlichen Ursprung zugeordnet werden kann. Das Material ist bei Vernachlässigung des TOC-Gehaltes den Zuordnungswert Z 0 bzw. untergeordnet Z 0* einzustufen.

Im Weiteren wird im Einzelnen auf die Werte im Anhang E verwiesen.

Über weite Strecken ist der Trassenbereich kampfmittelfrei. In einigen, in Unterlage 1.2.8 rot markierten Bereichen, können jedoch Bombenblindgänger vorhanden sein, von denen eine Gefährdung ausgehen kann, weswegen hier Gefahrenerforschungsmaßnahmen durchzuführen sind. 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.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

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

Bereichsweise verläuft die Trasse entlang von bestehender Bebauung.

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 1.2.7, befindet sich im Trassenbereich 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 unterhalb des Oberbodens anfallenden Böden sowie oberflächennahe, wenig tragfähige Böden in Dammbereichen sind einschließlich deren Bodengruppen nach DIN 18 196 und Bodenklassen nach DIN 18 300 in Anlage 2 dargestellt. Den zusammenfassenden Überblick über alle Bereiche bietet die nachfolgende Tabelle 16.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Tabelle 16 Bodenmaterialien

Kilometrierung		Lage der Trasse	Bodengruppen nach DIN 18 196 der auszuhebenden Bodenarten	Bodenklasse nach DIN 18 300
von	bis			
100+400	101+565	geländegleich bzw. geringe Dammlage	OH, SE, SU, SU*, UL, UM, TL/ST*, HZ	1, 2, 3, 4 ¹⁾
101+565	102+500	geringe Dammlage	OH, SU, SU*, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
102+500	103+200	Dammlage	OH, SU, SU*, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
103+200	104+200	geringe Dammlage	OH, HZ, SU, SU*, TL/ST*	1, 2, 3, 4 ¹⁾
104+200	106+450	Dammlage	OH, SU, SU*, HZ, TL/ST*	1, 2, 3, 4 ¹⁾
106+450	107+500	Dammlage	OH, SU, SU*, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
107+500	108+100	geringe Dammlage	OH, SU, SU*, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
108+100	109+600	Dammlage	OH, SU, SU*, UL, UM, TL/ST*	1, 3, 4 ¹⁾
109+600	110+500	sehr geringe Dammlage	OH, SE, SW, SU, SU*, TL/ST*, TA	1, 3, 4 ¹⁾ , 5
110+500	111+550	Dammlage	OH, SU, SU*, TL/ST*, TA	1, 3, 4 ¹⁾ , 5
111+550	112+050	sehr geringe Dammlage	OH, SU, SU*, TL/ST*, TA	1, 3, 4 ¹⁾ , 5
112+050	113+000	Dammlage	OH, SU, SU*, TL/ST*, TA	1, 3, 4 ¹⁾ , 5
113+000	113+700 Bauende	geringe Dammlage	OH, HZ, UL, SU, SU*, TL/ST*, TA	1, 2, 3, 4 ¹⁾ , 5
Südanschluss				
24+000	26+300	Rahester Moor	OH, HZ, UL, SU, SU*, TL/ST*	1, 2, 3, 4 ¹⁾

¹⁾ Bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2

Nach den Ergebnissen der Schadstoff-Analysen nach LAGA M 20 sind mit Ausnahme der Mischprobe MP 2 von Bau-km 109+600 bis Bau-km 109+800 die Böden kontaminationsfrei. Das Material der Probe MP 2 ist aufgrund erhöhten PAK-Gehaltes, sowie Chrom, Kupfer und

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Zink, in die Zuordnungsklasse Z 2 einzustufen und dementsprechend zu behandeln. Weiterhin wurden in den Abschnitten Bau-km 106+200 bis Bau-km 106+300, sowie Bau-km 107+000 bis Bau-km 107+100 geringe pH-Werte von 5,6 bis 5,9 festgestellt, die ebenfalls eine Einordnung in die Zuordnungsklasse Z 2 erfordern. Im Bereich von Bau-km 25+450 bis Bau-km 25+650 (Südanschluss) wurde ein pH-Wert von 5,4 ermittelt, der eine Einstufung in die Zuordnungsklasse > Z 2 erfordert. Es wird empfohlen, eine nähere Eingrenzung der Ausdehnung der Bereiche mit erhöhten PAK-Gehalten und pH-Werten von pH < 6,0 durch zusätzliche Untersuchungen vorzunehmen.

Die Beurteilung der Eignung der Bodenarten als Dammbaustoff, Material zur Baugrundverbesserung / Austauschmaterial, Frostschutzmaterial, Tragschicht- und Filtermaterial sowie Material zur Bauwerkshinterfüllung ist in der Tabelle 17 zusammenfassend dargestellt.

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 ¹⁾ (SU)	+	-	-	-	-	+
Sand ¹⁾ (SU*)	+	-	-	-	-	-

- = nicht geeignet o = bedingt geeignet + = geeignet
¹⁾nur unter Zugabe von Kalk o. ä.

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 n = 1 : 2 vorzusehen.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Da in der Trasse keine nennenswerten Einschnitte geplant sind, wird bei weitem mehr Material benötigt als bei den Bodenverbesserungsmaßnahmen anfällt. Es ist dementsprechend zusätzliches Material erforderlich.

Als Dammschüttmaterial sind nach ZTV E-StB und RStO 12 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 werden. Es wird allerdings empfohlen, grob- oder gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SE, SI, SW, 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 $c' = 10,0 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 27,5^\circ$ und $c' = 8,0 \text{ kN/m}^2$, $\varphi' = 32,5^\circ$ und $c' = 5,0 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\varphi' = 35,0^\circ$ 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 $< 0,063 \text{ mm}$ von 5 M.-% verwendet werden.

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

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Deckschicht bzw. Tragschicht 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 „Technischen Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau – TL SoB-StB“ sowie „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen 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 wählen.

Für die Hinterfüllbereiche sowie den unmittelbar an das Bauwerk anschließenden Überschüttbereich 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 und ZTVE-StB 09 hingewiesen. Die Materialanforderungen an das zu liefernde Material sind in der Tabelle 18 zusammenfassend dargestellt. Grundsätzlich sind darüber hinaus neben der ZTV E-StB 09, Unterlage 1.2.10, die Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus – TL BuB E-StB 09, FGSV, zu beachten.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Tabelle 18 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
Frostschuttschicht/ Schicht aus frostun- empfindlichem 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 zwar grundsätzlich Böden bis Einbauklasse 1.2 in Dammlagen in Frage. Aufgrund des über weite Bereiche hoch anstehenden Grundwassers sowie des Fehlens einer ausreichenden, zusammenhängenden undurchlässigen Schicht, herrschen in der gesamten Trasse, 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 Berück-

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

sichtigung 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, verwiesen.

Bei der Untersuchung der Standsicherheit gegen Böschungsbruch wurde ermittelt, dass unter Zugrundelegung einer Böschungsneigung von $n = 1 : 1,5$ bei bis zu 8 m hohe Dämmen und bei $n = 1 : 2$ in Bereichen mit den bis zu rd. 10 m hohen Dämmen im Endzustand grundsätzlich eine ausreichende Standsicherheit gegeben ist. Sofern die örtlich anstehenden, enggestuften Feinsande zur Schüttung der Dämme verwendet werden sollen, ist generell eine Dammneigung von $n = 1 : 2$ vorzusehen. Lediglich die Dammabschnitte in Höhe des Südanschlusses in rd. Bau-km 24+560 bis rd. Bau-km 26+040 mit Torf-Schichten im Untergrund weichen hiervon ab. Hier ist zur Gewährleistung der Standsicherheit im Endzustand eine Baugrundverbesserung erforderlich, dazu siehe Tabelle 15.

Nach den Ergebnissen der Standsicherheitsuntersuchungen ist in dem Abschnitt um Bau-km 25+900 bis Bau-km 26+130, Südanschluss Rahester Moor, auch die Anfangsstandsicherheit bei einer angenommenen Dammhöhe von bis zu 7,0 m nicht gegeben. In diesem Abschnitt sind deshalb die o. g. Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich.

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Für die Erdarbeiten sind generell die Bestimmungen sowie Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit und Verdichtung der ZTV E-StB 09 sowie RStO 12 zu beachten. Die wichtigsten Punkte sind in Kapitel 4.2.4 zusammengefasst.

5 Zusammenfassung

Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Geschäftsbereich Aurich, plant im Zuge des Neubaus der GB 210n den insgesamt rd. 12 km langen Trassenabschnitt der Ortsumgehung (OU) Aurich, von südlich von Aurich bis nördlich von Sandhorst. Zusätzlich ist die Südanbindung in Höhe Rahester Moor mit rd. 2,2 km vorgesehen.

Die GTU Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover, wurde auf Basis des Honorarangebotes vom 22./28.01.2013 unter der Vertragsnummer 281500-106820 beauftragt, für die geplante Maßnahme die Vergabeunterlagen für die erforderlichen Baugrunderkundungen und -untersuchungen zu erstellen, die Bohrüberwachung und Rechnungsprüfungen durchzuführen, sowie Vorschläge für den Ausbau der Strecke zu erstellen.

Die Auswertung der gewonnenen Ergebnisse ist in dem vorliegenden Ingenieurgeologischen Streckengutachten dokumentiert.

Nach den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse besteht der Untergrund entlang der Trasse im Wesentlichen aus Feinsanden mit variierenden Schluffanteilen, oberflächlich von humosen Sanden bedeckt, die von weichen bis steifen, zur Tiefe hin steifen bis halbfesten stark sandigen Geschiebeböden unterlagert werden. Im Hangenden sind über weite Streckenabschnitte geringmächtige Flug- und Decksande über den Geschiebeböden angetroffen worden. In einzelnen Abschnitten konnten steife bis halbfeste Beckentone, teils von weichen bis steifen Beckenschluffen überlagert erbohrt werden. Weiterhin konnten im Bereich von Gewässern und Auen organische Böden und Torfe festgestellt werden. Auch

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

zwischenlagerte Auelehme aus weichen und weichen bis steifen Schluffen sind registriert worden.

Das Grundwasser ist über weite Strecken in Geländehöhe anzunehmen, sowie in Teilbereichen auch über Gelände.

Aufgrund der in Teilabschnitten angetroffenen Torfschichten sind Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich.

Bei den Erdarbeiten ist aufgrund der zu erwartenden hohen Grundwasserstände bei der Planung davon auszugehen, dass abschnittsweise mit Grundwasser in den Tragschichten gerechnet werden muss. Weiterhin sind bei den bindigen Böden aushubbedingt Kapillarwasserbildungen zu erwarten. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass weitestgehend stark frostempfindliche Böden anstehen und diese wiederum sehr wasserempfindlich und empfindlich gegen mechanische Beanspruchung sind. Ferner ist oberflächennah mit dem Auftreten von Raseneisensteinbildungen zu rechnen.

in den Abschnitten mit geringer Dammlage $h \leq 1,0$ bis 1,2 m und in geländegleichen Abschnitten sind Längsentwässerungen vorzusehen.

Nach den Ergebnissen der Schadstoff-Analysen nach LAGA M 20 sind mit Ausnahme der Proben MP 2, MP 4 und MP 5 sowie MP 20 sämtliche Böden im Trassenabschnitt bei Vernachlässigung der geringfügig erhöhten TOC-Gehalte dem Zuordnungswert Z 0 bzw. Z 0* zuzuordnen. In den oben benannten Proben wurden aufgrund erhöhter PAK-Gehalte (MP 2) und der geringen pH-Werte Zuordnungswerte Z 2 (MP 4, MP 5) bzw. > Z 2 (MP 20) festgestellt. Die niedrigen pH-Werte sind jedoch im Wesentlichen auf die organischen Böden und Pflanzen zurückzuführen und sind somit aus gutachterlicher Sicht nicht als kontaminationsrelevant anzusehen.

Da in der Trasse nur ein kleiner Einschnitt geplant ist, wird bei weitem mehr Material benötigt, als bei den Erdbaumaßnahmen anfällt. Deshalb ist entsprechend zusätzliches

Neubau B210n – OU Aurich, von der AS B 72 bei Middelburg bis zur AS B 210 bei Sandhorst

Material erforderlich. Die Materialanforderungen an die zu liefernden Materialien sind im Kapitel 4.6, 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.

Im Übrigen wird auf die Notwendigkeit ergänzender Grundwassermessstellen und Sondierungen in Torfabschnitten hingewiesen. Ebenso sollten dort, wo hohe Dämme geplant, auch Sondierungen quer zur Achse ausgeführt werden.

Hannover, 30.10.2014

GTU Ingenieurgesellschaft mbH

gez. Dipl.- Ing. Klaus Scharf
Geschäftsführer

gez. ppa. Dipl.- Ing. Andreas Tröger
Abteilungsleiter Geotechnik