

Vorbemerkungen zum Materialband 1 Unterlage T5 – Streckengutachten Band 1 - Baugrundbeurteilung

Das Dokument stellt aufgrund der Umfänglichkeit der Änderungen eine vollständig überarbeitete Fassung dar. Zu Gunsten der besseren Lesbarkeit und der Vervielfältigung wurde darauf verzichtet die Unterlage ausschließlich als Blaeintrag darzustellen.

- Aufteilung in Band 1 - Baugrundbeurteilung und Band 2 - Gründungsempfehlung
- Überarbeitung der Anlagen 023230/1, 2, 4 und 5 bzgl. der geänderten Planung
- Anpassung Abschn. 3 bzgl. der geänderten Planung (u. a. L 100), Überarbeitung Baugrundlängsschnitte und Baugrundquerschnitte und Einarbeitung neue Gradienten (s. Anlagen 023230/4 und 5)
- Geänderte Nummerierung der Abschnitte (Abschn. 4 und Abschn. 5 zusammengefasst)
- Überarbeitung Abschn. 5.3 (neu 4.5): Wasser im Baugrund; u. a. Berücksichtigung Ergebnisse der fortgeführten Grundwasserstandsmessungen (U 2.5), Zusammenfassung Ergebnisse chemische Grundwasseranalysen
- Überarbeitung Abschn. 6.5 (neu 5.5): Bodenkennwerte, Bodenklassen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeit, u. a. Wegfall der Bodenklassen
- Aktualisierte Bereichseinteilung Gründungsverfahren, u. a. Wegfall Bodenaustausch, s. Abschn. 6

Neubau der Bundesautobahn A 20

Von Bau-km **7+415,000** bis Bau-km **22+650,000**

von NK 2222 112-0,563 km nach NK 2123 027+0,926 km

Nächster Ort: **Glückstadt**

Baulänge: **15,235 km**

Planfeststellung

A 20 – Nord-West-Umfahrung Hamburg

Abschnitt
B 431 bis A 23

Streckengutachten Band 1 - **Baugrundbeurteilung**

Die vorliegende Unterlage
stellt eine vollständig überarbeitete Deckblattfassung
mit Stand Juni 2020 dar.

GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER

BERATENDE INGENIEURE mbB

A 20, Nord-West-Umfahrung

Hamburg

Abschnitt 7 von der B 431 bis zur A 23

Ingenieurgeologisches Streckengutachten

Band 1 - Baugrundbeurteilung

Hamburg, den 29. November 2019 - Auftr.-Nr. 023230

REIMERSBRÜCKE 5, D-20457 HAMBURG · TELEFON (040) 38 91 39-0 · TELEFAX (040) 380 91 70



Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Veranlassung.....	1
2. Unterlagen.....	2
3. Baugelände, geplante Baumaßnahme und benachbarte Bauwerke	4
3.1 Baugelände, vorhandene bauliche Anlagen und benachbarte Bauwerke.....	4
3.2 Geplante Baumaßnahme.....	6
3.2.1 Autobahndamm.....	6
3.2.2 Unter- und Überführungsbauwerke	8
3.2.3 Weitere Baumaßnahmen.....	10
4. Baugrund und Wasser.....	11
4.1 Baugrundaufschluss.....	11
4.2 Geologischer Überblick.....	14
4.3 Baugrundaufbau	14
4.3.1 Deckschicht.....	15
4.3.2 Organische Weichschichten.....	16
4.3.3 Holozäne und pleistozäne Sande	17
4.3.4 Geschiebelehm/-mergel	18
4.4 Schematische Baugrundlängs- und -querschnitte.....	19
4.5 Wasser im Baugrund	20
4.5.1 Allgemeines	20
4.5.2 Wasserstände.....	20
4.5.3 Wasserqualität.....	23



	<u>Seite</u>
5. Bodenkennwerte	24
5.1 Bodenmechanische Feld- und Laborversuche.....	24
5.2 Versuchsergebnisse an Klei- und Torfproben	25
5.2.1 Ergebnisse der Feldflügelsondierungen	25
5.2.2 Wassergehalt	26
5.2.3 Korngrößenverteilung	28
5.2.4 Wichte	28
5.2.5 Glühverlust.....	29
5.2.6 Scherfestigkeit.....	30
5.2.7 Zusammendrückbarkeit und Zeitsetzungsverhalten	31
5.3 Versuchsergebnisse an Sandproben	36
5.3.1 Korngrößenverteilung	36
5.3.2 Glühverlust.....	36
5.4 Versuchsergebnisse an bindigen Geschiebebodenproben	37
5.5 Charakteristische Bodenkennwerte, Bodengruppen und Frostempfindlichkeitsklassen	37
6. Überblick Gründungsverfahren	39



Anlagenverzeichnis

023230/2.1 bis 2.4	Lagepläne mit Aufschlusspunkten
023230/3.1 bis 3.28	Aufschlussprofile
023230/3.29 bis 3.46	Vorerkundung (aus U 2.1)
023230/4.1 bis 4.4	Baugrundlängsschnitte
023230/5.1 und 5.2	Baugrundquerschnitte
023230/6.1	Pegelganglinien Zeitraum vom 09.03.2005 bis 06.04.2018
023230/6.2	Pegelganglinien Zeitraum vom 09.03.2005 bis 08.08.2013
023230/7.1 und 7.2	Übersichtsplan mit GWM + Gewässer, Zusammenfassung der Grundwasseranalysen
023230/8.1.1 bis 8.1.8	Korngrößenverteilungen Klei
023230/8.2.1 bis 8.2.4	Korngrößenverteilungen Sande
023230/9.1 und 9.2	Körnungsänder Klei und Sande
023230/10.1 bis 10.15	Scherversuche Klei
023230/11.1.1 bis 11.1.28	Kompressionsversuche Klei
023230/11.2.1 bis 11.2.26	Kompressionsversuche Torf



Berichts - Status

Version 0	10.02.2006	A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt B 431 - A 23, Ingenieurgeologisches Streckengutachten (unter Auftr.-Nr. 013536)
Version 1	29.11.2019	<p>A 20, Nord-West-Umfahrung Weede bis Elbtunnel, Abschnitt 7 von der B 431 bis zur A 23, Ingenieurgeologisches Streckengutachten - Band 1 - Baugrundbeurteilung (unter Auftr.-Nr. 023230)</p> <ul style="list-style-type: none">- Aufteilung in Band 1 - Baugrundbeurteilung und Band 2 - Gründungsempfehlung- Überarbeitung der Anlagen 023230/1, 2, 4 und 5 bzgl. der geänderten Planung- Anpassung Abschn. 3 bzgl. der geänderten Planung (u. a. L 100), Überarbeitung Baugrundlängs- und querschnitte und Einarbeitung neue Gradienten (s. Anlagen 023230/4 und 5)- Geänderte Nummerierung der Abschnitte (Abschn. 4 und Abschn. 5 zusammengefasst)- Überarbeitung Abschn. 5.3 (neu 4.5): Wasser im Baugrund; u. a. Berücksichtigung Ergebnisse der fortgeführten Grundwasserstandsmessungen (U 2.5), Zusammenfassung Ergebnisse chemische Grundwasseranalysen- Überarbeitung Abschn. 6.5 (neu 5.5): Bodenkennwerte, Bodenklassen, Bodengruppen und Frostempfindlichkeit, u. a. Wegfall der Bodenklassen- Aktualisierte Bereichseinteilung Gründungsverfahren, u. a. Wegfall Bodenaustausch, s. Abschn. 6



DEGES Deutsche Einheit
Fernstraßenplanungs und -bau GmbH
Zimmerstraße 54
10117 Berlin

Reimersbrücke 5
20457 Hamburg
Telefon: 040 389139-0
Telefax: 040 3809170
www.steinfeld-und-partner.de
Steuer-Nr.: 48/661/00263
USt-IdNr.: DE 117943142
DNV GL Zertifiziertes Management-
System mit dem Standard SCC**: 2011

Auftragsnummer

023230

29. November 2019
- Ho/ -

A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg
Abschnitt 7 von der B 431 bis zur A 23
hier: Ingenieurgeologisches Streckengutachten - Band 1 - Baugrundbeurteilung

Vertrags-Nr. AA04280718
Anlagen: siehe Anlagenverzeichnis

Ingenieurgeologisches Streckengutachten

Band 1 - Baugrundbeurteilung

1. Veranlassung

Im Zuge des Neubaus der A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, plant die DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Berlin, den Neubau des Abschnittes 7 zwischen der B 431 und der A 23 von ca. Bau-km 7+415 bis ca. Bau-km 22+650. Der rd. 15 km lange Planungsabschnitt beginnt ca. 580 m südwestlich des Kreuzungspunktes der B 431 mit der geplanten A 20 bei ca. Bau-km 7+995 und endet ca. 930 m nordöstlich der die neue Trasse querenden A 23 bei ca. Bau-km 21+724.

Das vorliegende Ingenieurgeologische Streckengutachten - Band 1 - enthält auftragsgemäß die Baugrundbeurteilung zum Bau der freien Strecke in dem Abschnitt 7 der A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg zwischen der B 431 und der A 23.



Die geplanten Ingenieurbauwerke einschließlich der Rampendämme zur Querung der Gewässer, Bahnstrecke (DB 1210) und Straßen (u. a. B 431, A 23) bzw. Wege im nachgeordneten Netz (Unter-/Überführungen) sind nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts.

2. Unterlagen

Für die Bearbeitung des vorliegenden Berichts stehen uns die nachfolgend genannten Unterlagen zur Verfügung.

Vom LBV SH, NL Itzehoe:

U 2.1 BAB A 20 – Nord-West-Umfahrung Hamburg, Bau-km 122+312 bis 139+500, Vermerk vom 04.05.2004, Seite 1 bis 7 – Baugrundaufbau, Grundwasserverhältnisse und Sanierungsvorschläge, einschließlich Beilage 1 (Lagepläne, Blatt Nr. 1 bis 4), Beilage 2 (Darstellung der Bohrprofile, Plan Nr. 1 bis 18) und Beilage 3 (Zusammenstellung der Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche, Seite 1 bis 66), aufgestellt vom Landesamt für Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH), Betriebssitz (BS) Kiel

Eingang am 06.09.2004

U 2.2 Neubau der BAB A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt A 23 – L 114, Beilage 2, Darstellung der Bohrprofile BS 139/1 - BS 139/4 von Bau-km 139+942 bis 140+935 (neu Bau-km 22+406 bis Bau-km 22+699), M 1:100, vom September 2004 sowie zugehörige Lageplanausschnitte, 11 Seiten, Telefax vom 06.06.2005

U 2.3 Listen der Bohr- und Sondieransatzpunkte mit Angabe der Lage der Ansatzpunkte in Bezug zur geplanten Trasse, der auf NN bezogenen Ansatzhöhen und der Gauß-Krüger-Koordinaten der Ansatzpunkte

Schlusseingang am 28.11.2005

U 2.4 Probenahmeprotokolle Grundwasser vom 03.11.2005 und Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchung von insgesamt 6 Wasserproben aus den Pegeln RP 1 – RP 3 (3 Proben) sowie aus Oberflächengewässern (3 Proben) im Bereich des Obstanbaubetriebes Olde, Analysen durchgeführt von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt für Tiergesundheit und Lebensmittelqualität GmbH (LUFA-ITL), Kiel, Prüfbericht Nr. 602520 vom 28.10.2005 und Prüfberichte Nr. 611746 - Nr. 611750 vom 22.11.2005

Schlusseingang am 05.12.2005



U 2.5 Ergebnisse von Pegelmessungen (monatlich) in den Grundwassermessstellen P 1 – P 3, RP 4 und RP 5, gemessen an insgesamt 166 bis 178 Stichtagen in der Zeit vom 09.03.2005 bis 06.04.2018 sowie in den Grundwassermessstellen RP 1 bis RP 3, gemessen an insg. 108 bis 110 Stichtagen im Zeitraum vom 09.03.2005 bis 08.08.2013

Schlusseingang am 05.06.2019

Von der A + V Geoconsult GmbH, Ibbenbüren:

U 2.6 Schichtenverzeichnisse und Pegelausbauskiizen sowie gestört entnommene Bodenproben aus 424 Kleinbohrungen nach ehemaliger DIN 4021 bis in Tiefen zwischen rd. 6,0 m und 18,0 m unter Bohransatzpunkt, Kleinbohrungen und Ausbau der BS 26L, BS 27R, BS 28L, BS RP4 und BS 213 zu Grundwassermessstellen (2"-Rammpegel) RP 1 bis RP 5 ausgeführt in der Zeit vom 07.09.2004 bis 07.03.2005 bzw. am 30.06. und 04./05.10.2005

U 2.7 Schichtenverzeichnisse und Pegelausbauskiizen sowie gestört und ungestört entnommene Bodenproben aus 22 konventionellen Bohrungen (B 1, B 2, B 4 - B 10 und B 12 - B24) nach ehemaliger DIN 4021 bis in Tiefen zwischen rd. 7,5 m (B 24) und rd. 15,7 m (B 2) unter Bohransatzpunkt, Bohrungen und Ausbau der B 4, B 10 und B 16 zu Grundwassermessstellen (4"-Pegel) P 1 bis P 3 ausgeführt in der Zeit vom 15.11.2004 bis 09.12.2004 von der Umwelttechnik & Brunnenbau Wöltjen GmbH, Nienburg

U 2.8 Sondierprotokolle von 68 Feldflügelsondierungen (FS 1 - FS 68) nach DIN 4094-4 bis in Tiefen zwischen rd. 3,0 m (FS 68) und 15,0 m (FS 11) unter Sondieransatzpunkt, Feldflügelsondierungen ausgeführt in der Zeit vom 05.11.2005 bis 09.03.2005

U 2.9 Sondierprotokolle von 8 Rammsondierungen (RS 1 - RS 8) mit der leichten Rammsonde DPL-5 nach ehemaliger DIN 4094-3 bis in Tiefen von rd. 6,0 m unter Sondieransatzpunkt, Rammsondierungen ausgeführt in der Zeit vom 06.10.2004 bis 08.12.2004

Schlusseingang am 10.10.2005

Vom LBV SH, Baustoff- und Bodenprüfstelle, Kiel:

U 2.10 A20 - Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt A 26 - A 23, Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

U 2.10.1 1.139 Wassergehalte (w) nach ehemaliger DIN 18121, Teil 1

U 2.10.2 31 Glühverluste (V_{gl}) nach DIN 18128

U 2.10.3 44 Korngrößenverteilungen nach ehemaliger DIN 18123

U 2.10.4 42 Wichten (γ) bzw. Dichten (ρ) nach ehemaliger DIN 18125, Teil 1

U 2.10.5 7 Triaxialversuchen (CU) nach ehemaliger DIN 18137-2
Scherfestigkeit (φ' , c')



- U 2.10.6 27 Kompressionsversuchen nach ehemaliger DIN 18135
Zusammendrückbarkeit (E_s) und Zeit-Setzungsverhaltens

Schlusseingang am 21.06.2005

Von der Obermeyer Planen+Beraten GmbH, Hamburg:

- U 2.11 A20 – Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt B431 bis A23, Bau-km 7+415 bis 22+650, Erläuterungsbericht zur Planfeststellung, Seite 1-98, Bearbeitungsstand: 15.03.2018

Eingang am 15.05.2019

Von der DEGES GmbH, Berlin:

- U 2.12 A 20 - Nord-West-Umfahrung Hamburg, Bau-km 7+415 - Bau-km 22+650, Abschnitt B 431 bis A 23, Lage- und Bauwerkspläne, M 1:1.000, Planfeststellungsunterlage vom 16.11.2007, Anlage 7, Blatt 1 bis 17, mit Stand vom 30.04.2019
- U 2.13 A 20 - Nord-West-Umfahrung Hamburg, Bau-km 7+000 - Bau-km 23+000, Abschnitt B 431 bis A 23, Übersichtshöhenpläne, M 1:5.000/500, Planfeststellungsunterlage vom 16.11.2007, Anlage 4, Blatt 1 bis 4, mit Stand vom 03/2019
- U 2.14 A 20 - Nord-West-Umfahrung Hamburg, Bau-km 7+415 - Bau-km 22+650, Abschnitt B 431 bis A 23, Regelquerschnitte, M 1:1.000, Planfeststellungsunterlage vom 16.11.2007, Anlage 6, Blatt 1, 1a, 7, 9, 10 und 11, mit Stand vom 29.05.2015

Schlusseingang am 24.05.2019

Eigene Unterlagen:

- U 2.15 A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt B 431 – A 23, 1. Aktenvermerk vom 26.01.2005 – Zeitliche Optimierung der Baugrundaufschlussarbeiten – Ergebnisse vergleichender Feldflügelsondierungen, unsere Auftr.-Nr. 013536
- U 2.16 A 20, Nord-West-Umfahrung Hamburg, Abschnitt B 431 - A 23, Ingenieurgeologisches Streckengutachten vom 10.02.2006, unsere Auftr.-Nr. 013536
- U 2.17 3. Bericht, Rev. 01, vom 07.03.2014, Darstellung der Ergebnisse von Wasserstandsmessungen sowie Auswertung chemische Wasseranalysen hinsichtlich des Umgangs mit anfallendem Drainage- und Spülwasser, unsere Auftr.-Nr. 013536

3. Baugelände, geplante Baumaßnahme und benachbarte Bauwerke

3.1 Baugelände, vorhandene bauliche Anlagen und benachbarte Bauwerke

Die Lage des insgesamt ca. l = 15 km langen Untersuchungsabschnittes von ca.

Bau-km 7+415 bis ca. Bau-km 22+650 zwischen der B 431 und der A 23 geht aus den

Lageplänen auf den Anlagen 023230/2.1 bis 2.4 hervor.



Das Baugelände liegt zwischen der Gemarkung Kollmar und der Gemarkung Horst und wird z. Z. überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Es wird von zahlreichen Entwässerungsgräben und einzelnen natürlichen und künstlichen Fließgewässern (Bäche/Wettern), die als Verbandsgewässer dem Sielverband Rheingebiet zuzuordnen sind, durchzogen. Die Abstände der rd. 1,0 m bis 1,5 m tiefen und unterschiedlich breiten Entwässerungsgräben untereinander liegen im Regelfall bei $a > 40$ m.

Größere Fließgewässer (Langenhalsener Wettern, Spleth sowie Wohld- und Horstgraben) werden im Zuge der A 20 unterführt (s. Tabelle 2).

Im Bereich zwischen ca. Bau-km 19+700 und ca. Bau-km 22+100 erstreckt sich das Überschwemmungsgebiet Himmel-Helle, das von der geplanten A 20 im Bereich zwischen ca. Bau-km 19+799 und ca. Bau-km 20+500 sowie zwischen ca. Bau-km 21+400 und ca. Bau-km 22+100 gequert wird. Im Bereich des Überschwemmungsgebietes befindet sich ca. 300 m nördlich der geplanten A 20 der Baggersee Hohenfelde.

Neben den Entwässerungsgräben/Fließgewässern wird die Trasse von verschiedenen Verkehrswegen (A 23, DB-Strecke 1210 Glückstadt – Elmshorn, B 431 sowie Straßen und Wegen des untergeordneten Straßennetzes) gequert, die im Zuge der A 20 überführt bzw. unterführt werden (s. Tabelle 1 und Tabelle 2).

Im Zuge des Neubaus der geplanten A 20 werden durch die Neuordnung der Vorflut bzw. der Oberflächenentwässerung diverse Verbandsgewässer und durch den Neubau von Überführungsbauwerken Teile von Bestandsstraßen rückgebaut. Bei Bau-km 12+700 und Bau-km 21+850 müssen Gas-Hochdruckleitungen rückgebaut werden (s. U 2.11).

Die in Trassennähe vorhandenen 110-kV Hochspannungsmasten Nr. 25, 26 und 74 (Bau-km 8+700, 9+020 und 22+140) werden ebenfalls im Zuge des Autobahnbaus rückgebaut und durch neue Masten ersetzt (s. U 2.11).

Bei den im unmittelbaren Trassenbereich der geplanten A 20 bestehenden Bauwerken handelt es sich im Wesentlichen um die querenden Verkehrswege (A 23, DB-Strecke 1210



Glückstadt - Elmshorn sowie Straßen und Wege des nachgeordneten Straßennetzes), zu deren Gründung uns z. Z. keine Angaben vorliegen.

Nach den Höhen der Bohransatzpunkte der Vorerkundung gemäß U 2.1 und U 2.2 und nach den Ergebnissen der höhenmäßigen Einmessung der Ansatzpunkte der Haupterkundung (U 2.3) liegt die vorhandene GOK entlang der Trasse auf Höhen zwischen rd. NN -1,4 m (BS 32 bei ca. Bau-km 8+756 und BS 55 bei ca. Bau-km 11+056) und rd. NN +3,6 m (BS 152 bei ca. Bau-km 20+756).

Im Bereich der querenden Straßen befinden sich einzelne Gebäude. Insbesondere im Bereich von BW 9.01 (Überführung B 431) beträgt der Abstand zwischen bestehenden Gebäuden und Böschungsfuß der geplanten Rampendämme ca. $a \geq 15$ m. Gemäß U 2.11 liegen im Planfeststellungsbereich zwischen Bau-km 14+788 und 14+858 zwei Wirtschaftsgebäude, die im Zuge der Bauausführung abzubrechen sind.

Im Bereich zwischen ca. Bau-km 18+000 und ca. Bau-km 21+300 befinden sich in Trassennähe mehrere Windenergieanlagen (WEA). Der Abstand zwischen den Windenergieanlagen und der geplanten A 20 beträgt gemäß U 2.12 ca. $a \geq 40$ m (WEA bei ca. Bau-km 21+100 und ca. Bau-km 21+300).

3.2 Geplante Baumaßnahme

3.2.1 Autobahndamm

Im Abschnitt 7 von der B 431 bis zur A 23 von ca. Bau-km 7+415 bis ca. Bau-km 22+650 ist die Trasse der A 20 gemäß U 2.13 überwiegend in Dammlage geplant. Eine Ausnahme bildet der Bereich von ca. Bau-km 20+700 bis ca. Bau-km 20+900 mit etwa geländenahe Gradienten (rd. $h \leq 1,0$ m).

Von West nach Ost betrachtet (aufsteigende Kilometrierung) ist im Verlauf des betrachteten Streckenabschnitts im Wesentlichen der nachfolgend aufgeführte Höhenverlauf geplant (U 2.13). Ferner sind in der Zusammenstellung die derzeit vorhandenen Geländehöhen angegeben:



<u>Station</u>	<u>Gradiente</u>	<u>vorhandene GOK</u>
Bau-km 7+415	NN +2,83 m	ca. NN -0,3 m
Bau-km 8+400	NN +2,25 m	ca. NN -0,3 m
Bau-km 8+926	NN +4,06 m	ca. NN -0,1 m
Bau-km 9+500	NN +2,26 m	ca. NN -0,2 m
Bau-km 10+148	NN +2,05 m	ca. NN -0,8 m
Bau-km 11+000	NN +2,55 m	ca. NN +0,2 m
Bau-km 11+621	NN +8,33 m	ca. NN -0,1 m bzw. ca. NN +1,0 m
Bau-km 12+300	NN +2,27 m	ca. NN ±0,0 m
Bau-km 13+000	NN +4,41 m	ca. NN +0,3 m
Bau-km 13+400	NN +3,03 m	ca. NN +0,3 m
Bau-km 16+000	NN +2,48 m	ca. NN -0,5 m
Bau-km 19+100	NN +2,36 m	ca. NN -0,6 m
Bau-km 19+800	NN +9,05 m	ca. NN +0,2 m
Bau-km 20+700	NN +3,11 m	ca. NN +3,3 m
Bau-km 21+724	NN +10,00 m	ca. NN +3,3 m
Bau-km 22+650	NN +3,48 m	ca. NN +1,5 m.

Danach ergeben sich Dammhöhen zwischen rd. 2,0 m (Bau-km 22+650) und rd. 8,9 m (Bau-km 19+800) über vorhandener GOK bzw. im Bereich der vorhandenen Entwässerungsgräben entsprechend größere Höhen. Im Bereich von Bau-km 20+700 verläuft die Gradiente etwa im Niveau des vorhandenen Geländes.

Die geplante A 20 soll gemäß U 2.14 den **Regelquerschnitt** RQ 31 nach RAA 2008 erhalten, woraus sich eine Dammkronenbreite einschließlich Seitenstreifen von rd. $B = 31,0$ m ergibt. Ausnahmen bilden die Bereiche der mit aufsteigender Baukilometrierung unmittelbar rechts der A 20 von ca. Bau-km 9+800 bis ca. Bau-km 10+300 (PWC-Anlage Süd; U 2.14) bzw. unmittelbar links der A 20 von ca. Bau-km 10+300 bis ca. Bau-km 10+800 (PWC-Anlage Nord; U 2.14) geplanten **PWC-Anlagen**, in denen sich gemäß U 2.12 für den BAB-Damm Kronenbreiten von bis zu rd. $B = 145,0$ m ergeben. Im



Bereich des geplanten **Autobahnkreuzes (AK) A 20/A 23** zwischen ca. Bau-km 21+300 und ca. Bau-km 22+100 (BW 9.16) ergeben sich auf Grund der geplanten Verteilerfahrbahnen und Verflechtungsspur (s. U 2.12 und U 2.14) Dammkronenbreiten von bis zu rd. $B = 57,0$ m.

Der frostsichere Straßenoberbau für die A 20, Abschnitt 7, soll nach U 2.14 gemäß RStO 12 mit der Belastungsklasse 100 in einer Dicke von rd. 75 cm hergestellt werden.

Die Böschungen des BAB-Dammes sind überwiegend mit einer Neigung von rd. 1:1,5 mit Ausrundung am Böschungsfuß geplant. Bei großen Gradientenhöhen im Bereich von Unterführungsbauwerken sind 1:2 geneigte Böschungen (u. a. auch aus Gründen der einfacheren Unterhaltung) vorgesehen.

Für die **Straßenentwässerung** ist gemäß U 2.11 vorgesehen, das anfallende Straßenwasser in einer einseitig des Dammkörpers auf einer Berme angeordneten, rd. $b = 3,0$ m breiten Mulde zu fassen und zu versickern. Die straßenparallelen Entwässerungsgräben (Graben Typ A und B) grenzen gemäß U 2.14 überwiegend jeweils unmittelbar an den Böschungsfuß an und weisen Böschungsneigungen von 1:1,5 auf. Von ca. Bau-km 22+440 bis zum Ende des Planungsabschnittes bei ca. Bau-km 22+548 ist gemäß U 2.14 ein geschlossenes Entwässerungssystem geplant, so dass in diesem Bereich die Herstellung der seitlichen Berme nicht erforderlich wird. Nähere Einzelheiten zur Straßenentwässerung können U 2.11 entnommen werden.

Die einseitig des BAB-Dammes geplante **Berme** mit einer Höhe von rd. $h = 0,5$ m – 1,5 m über vorhandener GOK soll gemäß U 2.14 mit einer Breite von rd. $B = 4,5$ m (unbefahrbar, einschließlich Mulde) bzw. mit einer Breite von rd. $B = 7,0$ m (unbefahrbar, einschließlich Mulde) hergestellt werden. Für die Bermenböschung ist eine Neigung von 1:2 vorgesehen.

3.2.2 Unter- und Überführungsbauwerke

Die gemäß U 2.12 in der Trasse erforderlichen **Unterführungsbauwerke** für die DB-Strecke 1210 Glückstadt - Elmshorn, die A 23, die L 100 und verschiedene Verbandsgewässer sowie die die Trasse der A 20 querenden **Überführungsbauwerke** für die B 431



sowie Straßen und Wege des nachgeordneten Netzes sind in der Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgeführt. Ferner ist in der Tabelle 1 und Tabelle 2 gemäß U 2.13 die Höhe der Gradienten der A 20 im Bereich der jeweiligen Bauwerksachse und in der Tabelle 1 zusätzlich die maximale Höhe der Rampendämme der geplanten Überführungsbauwerke angegeben. Die Tabelle 2 enthält ferner die Überführungsbauwerke im Bereich der nachgeordneten Straßen und Wege.

Tabelle 1 Überführungsbauwerke (Ü-Bauwerke)

Bauwerk	ca. Bau-km in Achse A 20	A 20 Gradienten [rd. m NN]	OK Rampendamm (bis zu)	
			rd. mNN	rd. m ü.GOK
BW 9.01 B 431 / A 20	7+995	+2,5	+8,9	8,9
BW 9.02 Gemeindestraße Mittelfeld / A 20	9+407	+2,3	+8,7	8,2
BW 9.06 Überführung L 168 / A 20	12+538	+2,6	+9,0	8,7
BW 9.09 Überführung L 118 / A 20	14+676	+3,0	+9,4	9,0
BW 9.10 Überführung Wirtschaftsweg / A 20	17+287	+2,3	+9,0	9,3

Tabelle 2 Unterführungsbauwerke (A-Bauwerke)

Bauwerk	ca. Bau-km in Achse A 20	A 20 Gradienten [rd. m NN]
Unterführungsbauwerke A 20		
BW 9.19 A 20 / Fledermausunterführung	7+675	+2,7
BW 9.03 A 20 / Mittelfelder Wettern	9+443	+2,3
BW 9.04 A 20 / Spleth	11+066	+2,9
BW 9.05 A 20 / DB-Strecke 1210	11+621	+8,3
BW 9.07 A 20 / Löwenau	12+696	+3,0
BW 9.08 A 20 / Lesigfelder Wettern	13+182	+3,8
BW 9.24 A 20 / Fledermausunterführung	15+078	??
BW 9.11 A 20 / Wohldgraben	18+261	+2,8
BW 9.12 A 20 / Wohldgraben	19+405	+5,0
BW 9.22 A 20 / L 100	19+692	+8,6



Bauwerk	ca. Bau-km in Achse A 20	A 20 Gradiente [rd. m NN]
Unterführungsbauwerke A 20		
BW 9.14 A 20 / Horstgraben	20+062	+7,7
BW 9.15 A 20 / Fledermausunterführung	21+088	+4,7
BW 9.16 A 20 / A 23	21+724	+10,0
BW 9.17 A 20 / Horstgraben, Radweg	22+386	+5,2
Unterführungsbauwerke nachgeordnetes Straßennetz		
BW 9.18 Wi.-Weg / Mittelfelder Wetteren	--	--
BW 9.20 L 118 / Wohldgraben	--	--
BW 9.23 L 168 / Fledermausunterführung	--	--
BW 9.25 B 431 / Fledermausunterführung	--	--

Danach betragen die Höhen der Rampendämme der geplanten Überführungsbauwerke bis zu rd. 9,3 m über vorhandener GOK. Im weiteren Verlauf der querenden Straßen/Wege sind bis zum Anschluss an den Bestand Trassenbereiche mit nahezu geländenaher Gradienten ($h < 0,5$ m über GOK) geplant. Nähere Angaben zu den einzelnen Bauwerken und den Rampen der Überführungsbauwerke sind jeweils den Berichten zu den Bauwerken zu entnehmen.

3.2.3 Weitere Baumaßnahmen

Im Zusammenhang mit der Straßenentwässerung sind 2 **Speicherbecken** geplant, die jeweils an einen Vorfluter angrenzen. Die Lage der Speicherbecken zwischen ca. Bau-km 10+700 und ca. Bau-km 11+000 (Speicherbecken 1) sowie zwischen ca. Bau-km 14+800 und ca. Bau-km 15+000 (Speicherbecken 2) geht aus den Lageplänen auf der Anlage 023230/2.2 bis 2.4 hervor (s. a. U 2.12). Die Beckenböschungen sollen mit einer Neigung von angabegemäß 1:1,5 ausgebildet werden. Die geplante Sohlhöhe beträgt bei dem Speicherbecken 1 rd. NN -2,4 m und bei dem Speicherbecken 2 rd. NN -2,15 m. Zudem ist der Neubau von 4 **Retentionsbodenfilterbecken** (PWC-Anlage Süd Bau-km 9+875, PWC-Anlage Nord ca. Bau-km 10+100, EA 10/A 23 ca. Bau-km 21+600 und EA 11 ca. Bau-km 22+620; s. U 2.12) geplant.



Im Bereich der geplanten Anschlussstellen (AS) B 431 und L 118 sind **Schleifenrampen** geplant, deren Abmessungen der U 2.12 (Blatt 1 bzw. Blatt 8) zu entnehmen sind. Die Abmessungen der im Bereich der 4 Quadranten des geplanten Autobahnkreuzes (AK) A 20 / A 23 zwischen ca. Bau-km 21+300 und ca. Bau-km 22+100 vorgesehenen verschiedenen Schleifenrampen und Verbindungsrampen gehen ebenfalls aus U 2.12 (Blatt 16) hervor. Generell sollen die Rampen mit Böschungsneigungen von 1:2 ausgebildet werden. Die maximalen Dammhöhen liegen bei rd. 9,3 m (B 431) und bei rd. 9,7 m (A 23).

Angabegemäß wird im Zuge der A 20 außer dem in Tabelle 1 genannten **Wirtschaftsweg** (BW 9.10) der Neubau weiterer Wirtschaftswege erforderlich.

Auf der Ostseite der A 20 sind gemäß U 2.11 bzw. angabegemäß von Bau-km 7+600 bis Bau-km 8+114 sowie von Bau-km 19+000 bis Bau-km 20+000 **Lärmschutzwände** geplant. Im Bereich zwischen ca. Bau-km 22+440 und ca. Bau-km 22+650 ist eine Verwallung sowie entlang der bestehenden A 23 im Bereich nördlich des AK A 20/A 23 ist der **Gestaltungswall** Hohenfelde (Verwallung zur Ablagerung überschüssiger Bodenmassen) geplant. Im Bereich der geplanten PWC-Anlagen sind zwischen dem Standstreifen der A 20 und den Verkehrsflächen der PWC-Anlage **Blendschutzwälle** mit einer Länge von jeweils ca. 200 m und einer Höhe von rd. 2,0 m bis 2,5 m geplant.

Gemäß der Planung für die A 20 ist vorgesehen, den für den Neubau des BAB-Damms erforderlichen Sand in der Gemarkung Horst nahe dem geplanten Autobahnkreuz A 20/A 23, unmittelbar südlich (Entnahmestelle A) und nördlich (Entnahmestelle B/C) der ehemaligen Sandentnahmestelle im Zuge des Baus der A 23 (Baggersee Hohenfelde) zu gewinnen.

4. Baugrund und Wasser

4.1 Baugrundaufschluss

Im Zuge der Vorerkundung wurden in der Zeit von November 2003 bis Februar 2004 im Bereich der geplanten Trassenachse, überwiegend im Abstand von ca. $a = 100$ m zueinander, insgesamt 168 Kleinbohrungen nach ehemaliger DIN 4021 bis in Tiefen von rd.



t = 6 m bis rd. t = 19 m unter Bohransatzpunkt abgeteuft. Die Lage und Bezeichnung der Bohransatzpunkte geht aus den Lageplänen auf den Anlagen 023230/2.1 bis 2.4 hervor. Die höhengerechte Bohrprofilaufragungen des LBV-SH können den Anlagen 023230/3.29 bis 3.46 (s. U 2.1) entnommen werden.

Die Baugrunderkundung der Haupteerkundung von ca. Bau-km 7+415 bis rd. Bau-km 22+650 umfasste auftragsgemäß den Abschnitt 7 der geplanten A20 von der B 431 bis zum AK A 20 / A23.

Die Haupteerkundung wurde im Zeitraum vom 07.09.2004 bis zum 09.03.2005 sowie lokal am 30.06. und 04./05.10.2005 ausgeführt und umfasst im Einzelnen die Ausführung von:

- 424 Kleinbohrungen (BS) nach ehemaliger DIN 4021, Bohrtiefe bis ca. 2 m in den Sand unterhalb der organischen Weichschichten bzw. in Sanden bis ca. 6 m ab GOK, Ausbau der Kleinbohrungen BS 26L, BS 27R, BS 28L, BS RP4 und BS 213 zu Grundwassermessstellen (2"-Rammpegel) RP 1 bis RP 5 mit der Filterstrecke innerhalb der organischen Weichschichten (RP 1 - RP 3, Obstanbaubetrieb Olde bei etwa Bau-km 8+250) bzw. in den Sanden (RP 4 und RP 5)
- 22 konventionellen Bohrungen (B) nach ehemaliger DIN 4021, Bohrtiefe bis ca. 2 m in den Sand unterhalb der organischen Weichschichten, Ausbau der Bohrungen B 4, B 10 und B 16 zu Grundwassermessstellen (4"-Pegel) P 1 bis P 3 mit der Filterstrecke in den Sanden unterhalb der organischen Weichschichten
- 68 Feldflügelsondierungen (FS) nach DIN 4094-4 über die Tiefe der anstehenden organischen Weichschichten mit überwiegend einer Abscherung je Tiefenmeter
- 8 Sondierungen (RS) mit der leichten Rammsonde DPL-5 nach ehemaliger DIN 4094-3 bis in rd. 6,0 m Tiefe unter GOK zur Erkundung der Lagerungsdichte oberflächennah anstehender Sande.



Im Bereich der geplanten Bauwerke und zugehörigen Rampen an querenden Gewässern und / oder Straßen wurden bzw. sollen weitere Baugrunderkundungen ausgeführt werden, die den jeweils zugehörigen Berichten zu entnehmen sind.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse geht aus den Lageplänen auf den Anlagen 023230/2.1 bis 2.4 hervor. Danach beträgt der Abstand zwischen den Bohrungen zusammen mit den Baugrundaufschlüssen der Vorerkundung (s. U 2.1 und U 2.2) in Trassenachse ca. $a = 50$ m.

Im Bereich zwischen ca. Bau-km 7+415 und ca. Bau-km 19+560 mit anstehenden organischen Weichschichten größerer Schichtdicke sind über die Breite des Trassenquerschnittes überwiegend jeweils 3 Kleinbohrungen im Abstand von i. M. ca. $a = 25$ m zueinander angeordnet. Die im gleichen Trassenquerschnitt angeordneten Kleinbohrungen sind zur besseren Übersicht mit derselben Nummer bezeichnet. Die Lage der Kleinbohrungen zur Trassenachse wird dabei jeweils durch einen Index (**L**inks, **R**echts) angegeben. Der Index (auf den Lageplänen nicht angegeben) orientiert sich in Richtung aufsteigender Baukilometrierung. Die Kleinbohrungen ohne Indexangabe liegen im Bereich der Trassenachse. Im Bereich zwischen ca. Bau-km 19+560 und ca. Bau-km 22+650 (organische Weichschichten geringer Schichtdicke bzw. fehlende organische Weichschichten) ist im Abstand von i. M. ca. 100 m alternierend links und rechts der Trasse jeweils eine Kleinbohrung angeordnet worden.

Die Kleinbohrungen BS 55, BS 83A, BS 84, BS 142 und B 11 (auf den Lageplänen gelb dargestellt) sind aus Gründen der fehlenden Zugänglichkeit ersatzlos entfallen. Ebenfalls aus Gründen der fehlenden Zugänglichkeit wurde die konventionelle Bohrung B 3 durch die Kleinbohrung BS 18 ersetzt.

Die Ergebnisse der ausgeführten Kleinbohrungen und der konventionellen Bohrungen sind nach unserer manuellen und visuellen Beurteilung der vom Bohrunternehmer gestört und ungestört entnommenen Bodenproben sowie nach den Angaben des Bohrunternehmers in den Schichtenverzeichnissen in den Anlagen 023230/3.1 bis 3.28 als höhengerecht dargestellte Bohrprofile im Maßstab 1 : 100 aufgetragen. Die Anlagen sind dabei abhängig von



der Anzahl der Kleinbohrungen/Bohrungen im Trassenquerschnitt in bis zu 3 Einzelanlagen (z. B. 023230/3.1.1 für die Trassenachse, 023230/3.1.2 für links der Achse und 023230/3.1.3 für rechts der Achse) unterteilt. Dabei sind jeweils den benachbarten Bohrprofilen die Ergebnisse der Feldflügelsondierungen (U 2.8) und der Rammsondierungen (U 2.9) zugeordnet, die ebenfalls höhengerecht dargestellt sind. Die Ergebnisse der Feldflügelsondierungen sind hinsichtlich der ermittelten Versuchswerte der undränierten Scherfestigkeit c_u (Anfangsscherfestigkeit) bezogen auf die Sondiertiefe in Diagrammform dargestellt. Die Ergebnisse der Rammsondierungen sind als Sondierdiagramme mit Angabe der Schlagzahl N_{10} in den v. g. Anlagen enthalten.

4.2 Geologischer Überblick

Die geplante Trasse der A 20 quert ab dem Beginn des Untersuchungsabschnittes bei ca. Bau-km 7+415 zunächst die Marsch (Kollmarer Marsch) und geht ab ca. Bau-km 20+100 östlich des geplanten Bauwerks BW 9.14 (Unterführung Wohldgraben) in die Geest über.

Der Baugrund im Bereich der Marsch ist durch anstehende organische Weichschichten aus Klei und Torf von überwiegend großer Mächtigkeit gekennzeichnet. Ab ca. Bau-km 17+700 dünnen die organischen Weichschichten bis zum Geestrand bei ca. Bau-km 20+100 kontinuierlich aus. Unterhalb der organischen Weichschichten stehen Sande an. Der Baugrund im Bereich der Geest besteht unterhalb einer geringmächtigen Deckschicht aus Oberboden bzw. Torf bis zum Ende des Untersuchungsabschnittes bei ca. Bau-km 22+650 überwiegend aus Sanden und bindigen Geschiebeeböden.

4.3 Baugrundaufbau

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Baugrundaufschlüsse ergibt sich für den Untersuchungsabschnitt von ca. Bau-km 7+415 bis ca. Bau-km 22+650 ab vorhandener GOK folgender allgemeiner Baugrundaufbau:

- Deckschicht (Oberboden, örtlich Auffüllungen)
- Organische Weichschichten (überwiegend oberer Klei, Torf, unterer Klei)
- Holozäne und pleistozäne Sande, stellenweise Geschiebelehm/Geschiebemergel.



Details zum Baugrundaufbau sind jeweils den einzelnen Bohrprofilen auf den Anlagen 023230/3.1 bis 3.49 und den schematischen Baugrundschnitten auf den Anlagen 023230/4.1 bis 4.4 sowie 023230/5.1 und 5.2 zu entnehmen.

4.3.1 Deckschicht

Die Deckschicht besteht überwiegend aus Oberboden und örtlich aus sandigen bzw. bindigen Auffüllungen.

Beim **Oberboden** im Bereich der Marsch handelt es sich überwiegend um die durchwurzelte obere Zone ($d = 0,2 \text{ m} - 0,5 \text{ m}$) der anstehenden organischen Weichschichten und somit überwiegend um verwitterten Klei, stellenweise um verwitterten Torf bzw. torfigen Klei. Die Abgrenzung zu den darunter anstehenden organischen Weichschichten ist nicht immer eindeutig möglich.

Die Konsistenz des verwitterten Kleis wurde von uns überwiegend als weich-steif, teilweise als steif und weich beurteilt. Aufgrund seiner geringen Schichtdicken und Zusammensetzung (überwiegend Klei) wurde der Oberboden in den Baugrundschnitten in den Anlagen 023230/4.1 bis 4.4 sowie 023230/5.1 und 5.2 nicht gesondert dargestellt, sondern den organischen Weichschichten zugeordnet.

Im Bereich der Geest besteht der Oberboden zumeist aus humosem Sand. Der in Schichtdicken von rd. $d = 0,3 \text{ m}$ bis $0,7 \text{ m}$ angetroffene Oberboden ist stellenweise torfig ausgebildet.

Bei den bindigen **Auffüllungen** handelt es sich um umgelagerten Klei, der nur ganz lokal (BS 130R bei ca. Bau-km 18+556) in einer Schichtdicke von rd. $d = 1,3 \text{ m}$ erbohrt wurde. Zu den sandigen Auffüllungen gehört auch der Unter- und Oberbau der querenden Verkehrswege. Erbohrt wurden sandige Auffüllungen mit der BS RP 4 bei ca. Bau-km 19+665 (rd. $d = 0,7 \text{ m}$) und der BS 213/RP 5 bei ca. Bau-km 21+682 (rd. $d = 2,5 \text{ m}$). Auf die Darstellung der Auffüllungen in den Baugrundschnitten wurde auf Grund der geringen räumlichen Ausdehnung verzichtet.



4.3.2 Organische Weichschichten

Im Bereich zwischen ca. Bau- km 7+415 und ca. Bau-km 20+100 stehen ab vorhandener GOK flächig holozäne **organische Weichschichten** aus **Klei** und **Torf** an. Im Bereich von ca. Bau- km 7+415 bis ca. Bau- km 17+700 wurde die Gesamtmächtigkeit der organischen Weichschichten überwiegend zwischen rd. $d = 7,0$ m (B 22 bei ca. Bau-km 17+556) und rd. $d = 16,9$ m (BS 131/5 bei ca. Bau-km 14+200) erbohrt. Ausnahmen bilden Bereiche mit eingelagerten Sanden (z. B. bei ca. Bau-km 16+500). Bezogen auf NN liegt die Basis der organischen Weichschichten zwischen rd. NN $-7,0$ m (B 22 bei ca. Bau-km 17+556) und rd. NN $-16,9$ m (BS 26R bei ca. Bau-km 8+156).

Ab ca. Bau- km 17+700 bis ca. Bau-km 20+100 dünnen die organischen Weichschichten bis auf die geringmächtige Deckschicht vollständig aus. Dabei sind die organischen Weichschichten ab ca. Bau-km 19+600 nur noch geringmächtig ($d < 2$ m) ausgebildet.

Im Bereich von ca. Bau-km 7+415 bis ca. Bau-km 16+800 bestehen die organischen Weichschichten überwiegend aus Klei mit eingelagertem Torf. Der in diesem Bereich flächig in unregelmäßigen Schichtdicken eingelagerte Torf unterteilt den Klei in oberen und unteren Klei. Der untere Klei wird überwiegend von Basistorf in sehr unterschiedlichen Schichtdicken unterlagert. Basistorf in Schichtdicken von rd. $d < 20$ cm ist in den Baugrundschnitten nicht dargestellt. Ab ca. Bau-km 16+800 bis zum Ende des Bereiches mit flächig anstehenden organischen Weichschichten bei ca. Bau-km 20+100 fehlt der untere Klei. Der obere Klei bildet ab ca. Bau-km 18+000 lediglich die Deckschicht, so dass die anstehenden organischen Weichschichten zwischen ca. Bau-km 18+000 und ca. Bau-km 20+100 überwiegend aus Torf bestehen.

Der **obere Klei** besteht zunächst aus verwittertem Klei von überwiegend steifer bzw. weicher – steifer Konsistenz. Die unregelmäßige Schichtdicke des verwitterten Kleis beträgt einschließlich der durchwurzelteten Deckschicht i. M. ca. $d = 1,6$ m. Die Konsistenz des unterlagernden unverwitterten Kleis ist überwiegend weich, stellenweise weich-breiig. Die Schichtdicke des unverwitterten Kleis oberhalb des Torfes beträgt i. M. ca. $d = 2,4$ m. Der überwiegend homogene obere Klei ist stellenweise sandig ausgebildet bzw. enthält



Sandeinlagerungen. Bei den eingelagerten Sanden handelt es sich überwiegend um kleist-reifige Feinsande mit unterschiedlichem Schluffanteil (schwach bis stark schluffig). Unter-geordnet enthält der obere Klei Torf- und Pflanzenreste.

Der angetroffene **Torf** ist überwiegend schwach zersetzt bis zersetzt und zersetzt sowie teilweise stark zersetzt. Zumeist sind im Torf größere Pflanzenreste/Pflanzenfasern sowie Kleireste enthalten. Eingelagerter **torfiger Klei** in geringen Schichtdicken wurde in den Baugrundschnitten nicht gesondert berücksichtigt.

Im Bereich von ca. Bau- km 7+415 bis ca. Bau-km 16+800 beträgt die Gesamtmächtigkeit des Torfes (einschließlich Basistorf) i. M. ca. $d = 3,5$ m und max. rd. $d = 8,2$ m (BS 127/5 bei Bau-km 10+200). Ab ca. Bau-km 16+800 bis zum Ende des Trassenbereiches mit flächig anstehenden organischen Weichschichten bei ca. Bau-km 20+100 keilt der Torf aus. In diesem Bereich beträgt die erbohrte Schichtdicke des hier überwiegend zersetzten bzw. stark zersetzten Torfes max. rd. $d = 5,7$ m (B 23 bei Bau-km 18+156).

Der im Bereich von ca. Bau- km 7+415 bis ca. Bau-km 16+800 erbohrte **untere Klei** steht in einer Schichtdicke von i. M. ca. $d = 4,6$ m an. Die Konsistenz des unteren Kleis ist überwiegend weich, stellenweise weich-breiiig. Aufgrund von eingelagerten Torf- und Pflanzenresten ist der untere Klei zumeist organisch bis stark organisch, stellenweise torfig ausgebildet. An der Basis des unteren Kleis steht zumeist **Basistorf** in unterschiedlichen Schichtdicken an. Stellenweise beträgt die Schichtdicke des Basistorfes (B 7 bei ca. Bau-km 10+056) bis zu rd. $d = 2,5$ m.

In den organischen Weichschichten sind entstehungsbedingt Einlagerungen von Holz bis hin zu Baumstämmen möglich.

4.3.3 Holozäne und pleistozäne Sande

Die im Bereich zwischen ca. Bau- km 7+415 und ca. Bau-km 20+100 (Marsch) anstehenden organischen Weichschichten werden von holozänen und pleistozänen Sanden unterlagert, bei denen es sich überwiegend um Feinsande bzw. Mittelsande, örtlich auch um Mittelsande mit unterschiedlichen fein- und grobkörnigen Beimengungen handelt. Bei



teilweise festgestellter klei- und torfigstreifiger Ausbildung der Sande ist davon auszugehen, dass es sich um holozäne Sande handelt. Generell lassen sich die holozänen Sande nicht eindeutig von den unterlagernden pleistozänen Sanden abgrenzen. Nach den Angaben des Bohrunternehmers in den Schichtenverzeichnissen (U 2.6 und U 2.7) zum Bohrfortschritt sind die angetroffenen Sande überwiegend mitteldicht, stellenweise locker bis mitteldicht gelagert. Die Basis der Sande wurde bis zur Endtiefe der Bohrungen überwiegend nicht erreicht. Eine Ausnahme bildet der Bereich zwischen ca. Bau-km 18+500 und ca. Bau-km 18+800, in dem die Sande ab Tiefen zwischen rd. $t = 5,8$ m (BS 135/9 bei ca. Bau-km 18+600) und rd. $t = 8,5$ m (BS 129L bei ca. Bau-km 18+456) unter vorhandener GOK bis zur Endteufe der Bohrungen von Geschiebemergel unterlagert werden.

Bei den im Bereich der Geest von ca. Bau-km 20+100 bis zum Ende des Planungsabschnittes bei ca. Bau-km 22+650 überwiegend unmittelbar unterhalb der Deckschicht anstehenden pleistozänen Sanden handelt es sich überwiegend um Mittelsande und Feinsande, die zumeist Beimengungen von Grobsand und Kies enthalten. Stellenweise wurden Grobsande und Kiese erbohrt. Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen (s. Anlagen 023230/3.23 bis 3.28) sind die anstehenden Sande unterhalb der Deckschicht bei Schlagzahlen von $N_{10} \geq 10$ mindestens mitteldicht gelagert. Ganz lokal (BS 161 bei ca. Bau-km 21+856) wurde innerhalb der Sande eine rd. $d = 1,4$ m dicke Schicht aus stark sandigem Torf mit der Basis bei rd. $t = 5,4$ m unter vorhandener GOK angetroffen. Die Basis der Sande wurde bis zur Endteufe der Bohrungen überwiegend nicht erreicht. Eine Ausnahme bildet der Bereich von ca. Bau-km 21+500 bis zum Ende des Planungsabschnittes, in dem ab Tiefen zwischen rd. $t = 1,6$ m (BS 139/4 bei ca. Bau-km 22+700) und rd. $t = 5,4$ m (BS 138/11 bei ca. Bau-km 21+800) unter vorhandener GOK Geschiebelehm/Geschiebemergel erbohrt wurde, dessen Basis bis zur Endtiefe der Bohrungen teilweise nicht erreicht wurde.

4.3.4 Geschiebelehm/-mergel

Im Bereich der Geest wurden bereichsweise bindige Geschiebeböden (Geschiebelehm bzw. Geschiebemergel) in Schichtdicken von bis zu rd. $d = 3,9$ m (BS 150 bei ca. Bau-km 20+556 und BS 139/3* bei ca. Bau-km 22+600) angetroffen. Im Bereich von ca.



Bau-km 20+300 bis ca. Bau-km 21+500 steht der Geschiebeboden teilweise unmittelbar unterhalb der Deckschicht an. Die Basis des Geschiebelehms/Geschiebemergels wurde hier in Tiefen zwischen rd. $t = 1,0$ m (BS 148 bei ca. Bau-km 20+356) und rd. $t = 4,8$ m (BS 149 bei ca. Bau-km 20+456) unter vorhandener GOK erbohrt. Stellenweise unterlagern die bindigen Geschiebeböden die Sande der Geest bzw. sind in diese eingelagert. Die Konsistenz der bindigen Geschiebeböden wurde von uns als überwiegend steif bzw. weich – steif und teilweise als weich beurteilt.

Im Geschiebemergel und auch im Geschiebelehm ist entstehungsbedingt mit eingelagerten wasserführenden Sandlagen/Sandbändern, Kies und Steinen bis zur Größe von Blöcken (Findlingen) zu rechnen.

4.4 Schematische Baugrundlängs- und -querschnitte

Zur Veranschaulichung der geologischen Situation wurde von uns aus den Ergebnissen der Vor- und Haupterkundung ein schematischer Baugrundlängsschnitt entlang des gesamten Untersuchungsabschnittes von ca. Bau-km 7+415 bis ca. Bau-km 22+650 erarbeitet, der in den Anlagen 023230/4.1 bis 4.4 dargestellt ist.

Zusätzlich ist der Baugrundaufbau im Bereich der geplanten Anschlussstellen (Überführungen BW 9.01 und BW 9.09) in Form von schematischen Baugrundquerschnitten auf den Anlagen 023230/5.1 und 5.2 dargestellt.

In dem Baugrundlängsschnitt ist die geplante Gradienten der A 20 sowie die Lage der Unter- und Überführungsbauwerke gemäß U 2.13 eingetragen. Der schematische Baugrundschnitt gibt einen generellen Überblick über die Baugrundverhältnisse im Bereich der geplanten A 20 und zeigt eine mögliche Interpretation des Schichtenverlaufs zwischen den einzelnen Baugrundaufschlüssen. Zwischen den Aufschlüssen ist mit Abweichungen vom dargestellten Schichtenverlauf zu rechnen. Maßgebend für die genaue Baugrundsichtung sind die Ergebnisse der einzelnen Aufschlüsse auf den Anlagen 023230/3.1 bis 3.46.



4.5 Wasser im Baugrund

4.5.1 Allgemeines

Die im Bereich der **Marsch** anstehenden holozänen organischen Weichschichten aus Klei und Torf sind aufgrund ihrer geringen Wasserdurchlässigkeit Grundwasserhemmer/Grundwassernichtleiter. Lang anhaltende Niederschläge können daher zu flächenhaften Vernässungen auf der Geländeoberfläche führen. In die organischen Weichschichten eingelagerte Sande führen zur Stau- und Schichtenwasserbildung. Der oberflächennahe Wasserstand im Bereich der geplanten Trasse wird durch die Melioration (Felddränagen) und Entwässerungsgräben geregelt.

Die Sande unterhalb der organischen Weichschichten führen Grundwasser, das auf Grund der geringen Wasserdurchlässigkeit der organischen Weichschichten gespannt ansteht. Der Grundwasserleiter steht aufgrund der Elbfahrrinntiefe flächenhaft mit dem Elbstrom in hydraulischer Verbindung. Daher ist die Grundwasserdruckhöhe in den Sanden im elbnahen Bereich tidebeeinflusst. Mit zunehmender Entfernung von der Elbe ist der Tideeinfluss auf die Grundwasserstände/Grundwasserdruckhöhen in den Sanden zunehmend phasenverschoben und stark gedämpft.

Die im Bereich der **Geest** anstehenden Sande stellen den teilweise bedeckten bzw. unbedeckten Grundwasserleiter dar, in dem ein zusammenhängender Grundwasserkörper ausgebildet ist. Die bindigen Einlagerungen aus Geschiebelehm/Geschiebemergel stellen lokale Stauhohizonte (Grundwasserhemmer / Grundwassernichtleiter) dar, so dass in den Sanden örtlich gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen.

Aufgrund der großen Entfernung zur Elbe ist eine Tidenbeeinflussung der Grundwasserstände im Bereich der Geest nicht vorhanden.

4.5.2 Wasserstände

Die während der Bohrarbeiten in den Bohrlöchern angetroffenen bzw. nach Bohrende gemessenen Wasserstände sind nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen (U 2.6 und U 2.7) auf den Anlagen 023230/3.1 bis 3.28 links neben den Bohrprofilen eingetragen. Danach liegen die nach Bohrende gemessenen nicht ausgespiegelten Wasserstände



zwischen rd. $t = 0,2$ m (BS 125/2 bei ca. Bau-km 7+900) und rd. $t = 3,7$ m (BS 137/10 bei ca. Bau-km 20+700) unter vorhandener GOK bzw. entsprechend bezogen auf NN zwischen rd. NN $-2,9$ m (BS 39R bei ca. Bau-km 9+456) und rd. NN $+1,3$ m (BS 155/2 bei ca. Bau-km 20+856).

Bei den während der Bohrarbeiten angetroffenen Wasserständen ist zu berücksichtigen, dass es sich um Momentaufnahmen von Mischwasserständen aus Stau-/Schichten- und Grundwasser handelt.

In den Pegeln P 1 bis P 3 und RP 4 und RP 5 wurden in der Zeit vom 09.03.2005 bis 06.04.2018 und in den Pegeln RP 1 bis RP 3 im Zeitraum von 09.03.2005 bis 08.08.2013 monatliche Wasserstandsmessungen (U 2.5 und U 2.17) durchgeführt. Die Ergebnisse der Wasserstandsmessungen sind für die in den Sanden verfilterten Pegel P 1 bis P 3, RP 4 und RP 5 in der Anlage 023230/6.1 und für die innerhalb der organischen Weichschichten verfilterten Pegel RP 1 bis RP 3 in der Anlage 023230/6.2 jeweils in Form von Ganglinien aufgetragen. In der Tabelle 3 sind für die Pegel P 1 - P 3, RP 4 und RP 5 ferner die bisher über den Messzeitraum ermittelten Grenzwerte und der jeweiligen Mittelwert für den Grundwasserstand bzw. die Grundwasserdruckhöhe in den anstehenden Sanden angegeben. Bei den ebenfalls in der Tabelle 3 angegebenen Grenz- und Mittelwerten für die innerhalb der organischen Weichschichten verfilterten Pegel RP 1 - RP 3 handelt es sich um Schichtenwasser- bzw. Stauwasserstände innerhalb der organischen Weichschichten.

**Tabelle 3** Grenz- und Mittelwerte der Pegelmessungen

Pegel mit Filterstrecke in den Sanden	GOK rd. [m NN]	Anzahl der Stichtags- messungen/ Messzeitraum 03/2005 bis 04/2018	Grundwasserstand/Grundwasserdruckhöhe [rd. m NN]		
			min.	mittel	max.
P 1 ca. Bau-km 7+986	-0,26	171	-0,5	-0,3	+0,4
P 2 ca. Bau-km 11+591	-0,32	171	-0,9	-0,7	-0,3
P 3 ca. Bau-km 14+691	+0,20	171	-1,2	-0,9	-0,6
RP 4 ca. Bau-km 19+665	+0,78	169	-0,6	-0,2	+0,2
RP 5 ca. Bau-km 21+682	+0,77	166	-0,3	+0,3	+0,7
Pegel mit Filter- strecke in den org. Weichschichten	GOK rd. [m NN]	Anzahl der Stichtags- messungen/ Messzeitraum 03/2005 bis 08/2013	Wasserstand [rd. m NN]		
			min.	mittel	max.
RP 1 ca. Bau-km 8+156	-0,26	108	-1,5	-1,0	-0,5
RP 2 ca. Bau-km 8+256	-0,20	108	-2,0	-1,2	-0,9
RP 3 ca. Bau-km 8+356	-0,58	110	-1,9	-1,5	-1,0

Danach sind im Bereich der Geest (RP 4 und RP 5) höhere mittlere Grundwasserstände/ Grundwasserdruckhöhen gemessen worden als im Bereich der Marsch (P 1 - P 3). Nach den Messergebnissen ist im Untersuchungsgebiet großräumig ein Grundwassergefälle von Osten nach Westen in Richtung Elbe vorhanden.

Der Schwankungsbereich vorhandener jahreszeitlicher Veränderungen der Grundwasserstände/ Grundwasserdruckhöhen beträgt nach den vorliegenden Messergebnissen bis zu rd. 1,0 m (RP 5).



Im Bereich der Marsch ist der Grundwasserstand bzw. die Grundwasserdruckhöhe in den Sanden unterhalb der organischen Weichschichten tidebeeinflusst. Für den Planungsabschnitt 7 ab ca. Bau-km 7+415 (Entfernung zur Elbe ca. 3 km) kann davon ausgegangen werden, dass der Tideeinfluss auf den Grundwasserstand bzw. die Grundwasserdruckhöhe in den Sanden unterhalb der organischen Weichschichten vernachlässigbar gering ($\Delta h < 5 \text{ cm}$) ist.

Im nahezu gesamten Bereich der geplanten Trasse der A 20 wird der oberflächennahe Wasserstand mittels Entwässerungsgräben geregelt. Zu den Grabenwasserständen, die erfahrungsgemäß jahreszeitlich starken Schwankungen unterliegen, liegen uns im Einzelnen keine Angaben vor. In bzw. auf den gering wasserdurchlässigen organischen Weichschichten und den ebenfalls gering wasserdurchlässigen bindigen Geschiebeböden ist ein Aufstau von Oberflächenwasser zu erwarten. Bei ergiebigen und lang andauernden Niederschlägen kann sich in Abhängigkeit von den Vorflutverhältnissen im Boden ein Stauwasserstand bis in Höhe der vorhandenen GOK bzw. darüber einstellen. Im Überschwemmungsgebiet Himmel-Helle zwischen ca. Bau-km 19+700 und ca. Bau-km 22+100 sind zeitweise Wasserstände bis oberhalb der vorhandenen GOK möglich.

Der Bemessungsstauwasserstand ist deshalb bis in Höhe der GOK bzw. örtlich (in Senken) auch darüber anzusetzen.

4.5.3 Wasserqualität

Um Angaben zur Qualität des bei der Konsolidierung der organischen Weichschichten anfallenden Porenwassers zu erhalten, wurde auf Veranlassung des LBV SH, NL Itzehoe, von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt für Tiergesundheit und Lebensmittelqualität GmbH (LUFA-ITL), Kiel, aus den innerhalb der organischen Weichschichten verfilterten Pegeln RP 1 bis RP 3 jeweils eine Wasserprobe entnommen und anschließend chemisch analysiert.

Darüber hinaus erfolgte die Entnahme und chemische Analyse von Wasserproben aus den Pegeln im Bereich der Geest sowie aus offenen Wasserflächen (u. a. Baggersee Hohenfelde). Insgesamt liegen mit den U 2.16 und U 2.17 die Ergebnisse von 60 Wasserproben



vor. Die Probenahmen lagen zwischen Oktober 2005 und September 2006. Die Lage der v. g. Pegel/Entnahmestellen ist dem Übersichtsplan der Anlage 023230/7.1 zu entnehmen. Die Analysenergebnisse gemäß U 2.16 und U 2.17 gehen im Einzelnen aus der tabellarischen Zusammenstellung in Anlage 023230/7.2 hervor. In der Anlage 023230/7.2 werden lediglich die Parameter aufgeführt, bei denen die Bestimmungsgrenzen überschritten wurden. Eine Bewertung der gemessenen Parameter im Hinblick auf die Einleitung in Gewässer o. ä. erfolgte nicht, da die zuständige Wasserbehörde bei wasserrechtlichen Genehmigungen im Einzelfall entscheidet.

Die teilweise vergleichsweise hohen Analyseergebnisse für die Parameter CSB, Ammonium-N, Eisen (ges.) und vermutlich auch Eisen (II) sind auf die organischen Weichschichten zurückzuführen und damit geogen bedingt.

Die sehr hohen Werte an Zink in den Proben aus den Pegeln RP 1 bis RP 5 sind offensichtlich darauf zurückzuführen, dass diese Pegel jeweils mit einem verzinkten Stahlrohr ausgebaut wurden. Für die Wasserproben aus den offenen Wasserflächen wurden Werte an Zink unterhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt.

5. Bodenkennwerte

5.1 Bodenmechanische Feld- und Laborversuche

Zur Bestimmung der undrained Scherfestigkeit c_u (Anfangsscherfestigkeit) wurden über die Mächtigkeit der anstehenden organischen Weichschichten Feldflügelsondierungen nach DIN 4094-4 durchgeführt (s. a. Abs. 4).

Zur Abschätzung der in erdstatischen Berechnungen für die anstehenden Bodenschichten anzusetzenden Bodenkennwerte wurden neben der manuellen und visuellen Bewertung der aus der Haupterkundung vorhandenen Bodenproben an ausgewählten gestört und ungestört entnommenen Bodenproben folgende bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt:

- Ermittlung des Wassergehaltes (w) nach ehemaliger DIN 18121, Teil 1
- Ermittlung der Korngrößenverteilung nach ehemaliger DIN 18123
- Ermittlung des Glühverlustes (V_{gl}) nach DIN 18128



- Ermittlung der Wichte (γ) bzw. Dichte (ρ) nach ehemaliger DIN 18125, Teil 1
- Ermittlung der Scherfestigkeit (φ' , c') im Triaxialversuch (CU-Versuch) nach ehemaliger DIN 18137-2 und im direkten Scherversuch (CD-Versuch) nach ehemaliger DIN 18137-3
- Ermittlung der Zusammendrückbarkeit (E_s) und des Zeit-Setzungsverhaltens im Kompressionsversuch nach ehemaliger DIN 18135.

Mit Ausnahme der direkten Scherversuche (8 Stück), die in unserem bodenmechanischen Labor durchgeführt worden sind, wurden die Versuche in der Baustoff- und Bodenprüfstelle des LBV SH, Betriebssitz Kiel, durchgeführt.

Die im Rahmen der Vorerkundung an Proben der einzelnen Bodenarten ermittelten Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche (Wassergehalt, Korngrößenverteilung und Glühverlust gemäß U 2.1) liegen in der Größenordnung der an Proben aus der Haupterkundung ermittelten Werte. Sie werden nicht in die statistische Auswertung der Versuche an Proben aus der Haupterkundung einbezogen.

5.2 Versuchsergebnisse an Klei- und Torfproben

5.2.1 Ergebnisse der Feldflügelsondierungen

Die Versuchswerte der undränierten Scherfestigkeit c_u (Anfangsscherfestigkeit) für die anstehenden organischen Weichschichten sind den Flügelsondierdiagrammen in den Anlagen 023230/3.1 bis 3.25 zu entnehmen. Der über die Sondiertiefe jeweils in-situ gemessene maximale Scherwiderstand c_{fv} (Versuchswert) der organischen Weichschichten ist für erdstatische Berechnungen nach BJERRUM (s. a. DIN 4094-4) in Abhängigkeit von der Bodenart, u. a. abhängig von der Faserfestigkeit des Torfes, abzumindern. Für die unterschiedlichen Bodenarten der anstehenden organischen Weichschichten ergeben sich mit den nach unserer Erfahrung anzusetzenden Korrekturfaktoren von $\mu = 0,7$ für Klei bzw. $\mu = 0,5$ für Torf/torfigen Klei die in Tabelle 4 angegebenen Grenz- und Mittelwerte für die abgeminderte undränierte Scherfestigkeit $c_{u,k}$.

**Tabelle 4** Abgeminderte undrÄnirte Scherfestigkeit $c_{u,k}$ - Klei und Torf

Bodenart	Anzahl der Abscherungen	UndrÄnirte Scherfestigkeit $c_{u,k}$ (kN/m ²)		
		min.	mittel	max.
Oberer Klei verwittert, $t \leq 2,0$ m u. GOK	117	13,6	34,2	40,7
Oberer Klei, $t > 2,0$ m u. GOK	139	4,1	22,6	37,6
Torf, Torf, kleiig bzw. Klei, torfÄg	262	3,6	17,1	27,5
Unterer Klei	237	6,3	19,6	35,8

Die in erdstatischen Berechnungen fÄr die einzelnen Bodenarten anzusetzenden charakteristischen Bodenkennwerte fÄr die undrÄnirte Scherfestigkeit $c_{u,k}$ sind in Abs. 5.5, Tabelle 14, angegeben.

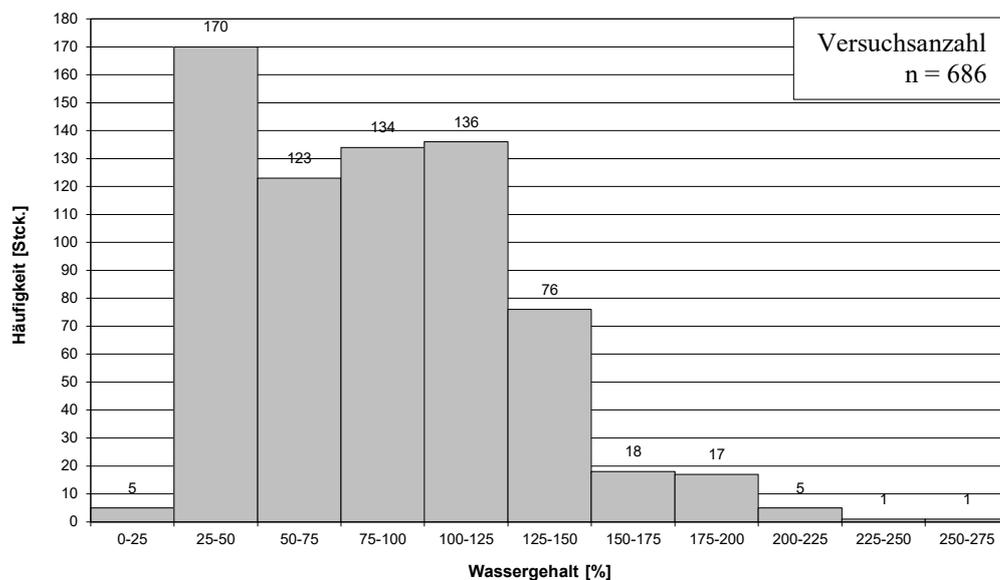
5.2.2 Wassergehalt

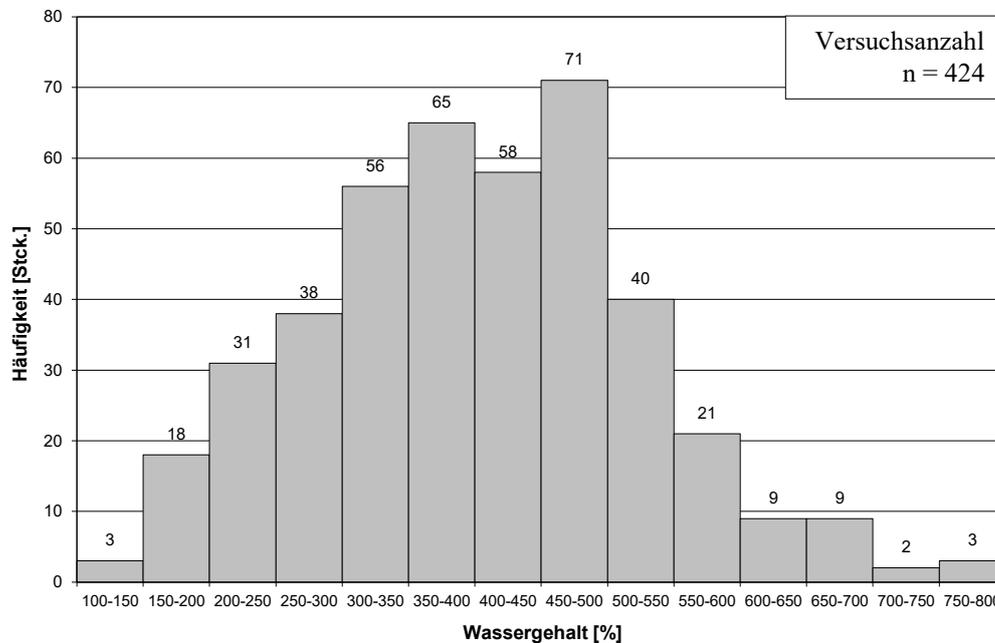
Die Einzelwerte der an Proben aus den organischen Weichschichten nach ehemaliger DIN 18121, Teil 1, ermittelten Wassergehalte sind auf den Anlagen 023230/3.1 bis 3.28 in einer gesonderten Spalte rechts neben den Bohrprofilen, jeweils den entsprechenden Probeentnahmetiefen zugeordnet, angegeben. FÄr die unterschiedlichen Bodenarten der anstehenden organischen Weichschichten ergeben sich die in Tabelle 5 angegebenen Grenz- und Mittelwerte. Die HÄufigkeitsverteilung der Wassergehalte ist fÄr den aufgefüllten und gewachsenen Klei im Bild 1 sowie fÄr den Torf im Bild 2 dargestellt.

**Tabelle 5** Wassergehalte Klei und Torf

Bodenart	Anzahl der Versuche	Wassergehalte w [%]		
		min.	Mittel	max.
Klei, aufgefüllt	4	29,0	39,2	59,8 (122) ¹⁾
Oberer Klei verwittert, t ≤ 2,0 m u. GOK	187	21,6	41,4	104
Oberer Klei, t > 2,0 m u. GOK	178	35,5	82,2	132
Klei, sandig	10	39,7	56,0	93,5
Klei, torfig bzw. stark org.	85	92,4	149	253
Torf bzw. Torf, kleiig	424	121	396	796
Unterer Klei	222	37,9	103	186

¹⁾ stark organisch, bei Mittelwertbildung nicht berücksichtigt

Bild 1: Häufigkeitsverteilung Wassergehalt Klei

**Bild 2:** Häufigkeitsverteilung Wassergehalt Torf

5.2.3 Korngrößenverteilung

An insgesamt 30 ausgewählten Proben aus dem Klei wurde die Korngrößenverteilung nach ehemaliger DIN 18123 durch kombinierte Sieb-/Schlamm-analyse bestimmt. Die Ergebnisse der ermittelten Korngrößenverteilungen sind auf den Anlagen 023230/8.1.1 bis 8.1.8 in Form von Körnungslinien dargestellt.

Die einzelnen Körnungslinien des Kleis sind zu einem Körnungsband zusammengefasst in der Anlage 023230/9.1 dargestellt. Danach handelt es sich bei dem untersuchten Klei überwiegend um tonigen, teilweise stark tonigen, schwach feinsandigen Schluff, der gemäß DIN 18196 der Bodengruppe OU bzw. OT zuzuordnen ist.

5.2.4 Wichte

Zur Bestimmung der Feuchtwichte (γ in kN/m^3) der organischen Weichschichten wurde im Rahmen der Scher- und Kompressionsversuche (s. Abs. 5.2.6 und Abs. 5.2.7) die Dichte (ρ in $\text{g/cm}^3 = \text{t/m}^3$) nach ehemaliger DIN 18125, Teil 1, an insgesamt 42 ungestört entnommenen Proben aus dem Klei und Torf bestimmt.



Hinsichtlich der Einzelwerte für die Feuchtwichte wird auf Abs. 5.2.6, Tabelle 8 und Abs. 5.2.7, Tabelle 9 und Tabelle 10, verwiesen. Für Klei sowie für den Torf ergeben sich die in Tabelle 6 angegebenen Grenz- und Mittelwerte.

Tabelle 6 Feuchtwichte Klei und Torf

Bodenart	Anzahl der Versuche	Feuchtwichte γ [kN/m ³]		
		min.	Mittel	max.
Oberer Klei verwittert, $t \leq 2,0$ m u. GOK	9	13,9	16,5	18,4
Oberer Klei, $t > 2,0$ m u. GOK	13	12,4	15,1	17,5
Unterer Klei	7	11,5	13,3	13,8
Torf	13	9,0	10,0	11,3

5.2.5 Glühverlust

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an insgesamt 30 ausgewählten Bodenproben aus dem Klei der Glühverlust nach DIN 18128 bestimmt.

Die ermittelten Einzelwerte sind auf den Anlagen 023230/3.1 – 3.28 links neben den Bohrprofilen, den entsprechenden Probeentnahmetiefen zugeordnet, angegeben. Für den aus unterschiedlichen Entnahmetiefen untersuchten Klei ergeben sich die in Tabelle 7 angegebenen Grenz- und Mittelwerte.

Tabelle 7 Glühverlust Klei

Bodenart	Anzahl der Versuche	Glühverlust V_{gl} [%]		
		min.	Mittel	max.
Oberer Klei verwittert, $t \leq 2,0$ m u. GOK	10	2,4	6,0	9,4 (14,8) ¹⁾
Oberer Klei, $t > 2,0$ m u. GOK	13	6,5	8,8	12,3
Unterer Klei	7	7,0	11,4	23,6

¹⁾ stark organisch, bei Mittelwertbildung nicht berücksichtigt



Danach ist der verwitterte obere Klei ($t \leq 2,0$ m u. GOK) nach DIN EN ISO 14688-2 als überwiegend organisch, in Einzelfällen ($V_{gl} = 14,8$ %) als mittel organisch und der obere Klei ($t > 2,0$ m u. GOK) überwiegend als mittel organisch sowie der untere Klei als mittel organisch, in Einzelfällen ($V_{gl} = 23,6$ %) als stark organisch einzustufen.

5.2.6 Scherfestigkeit

Zur Bestimmung der effektiven Scherparameter φ' und c' wurden an insgesamt 15 ungestört entnommenen Proben aus dem Klei Scherversuche, davon 8 direkte Scherversuche (CD-Versuche) nach ehemaliger DIN 18137-3 und 7 Triaxialversuche (CU-Versuche) nach ehemaliger DIN 18137-2, durchgeführt. Die Versuchsergebnisse gehen aus den Anlagen 023230/10.1 bis 10.8 (CD-Versuche) und Anlagen 023230/10.9 bis 10.15 (CU-Versuche) hervor. Die Scherparameter φ' und c' sind zusammen mit dem Mittelwert des Einbauwassergehaltes und der Wichte der Bodenproben aus jeweils 3 Einzelversuchen in der Tabelle 8 zusammengefasst.

**Tabelle 8** Ergebnisse der Triaxialversuche und direkten Scherversuche an Kleiprüfproben

Bodenschicht	Bohrung	Tiefe unter GOK [m]	Versuch	Einbau- wassergehalt w [%]	Einbau- wichte γ [kN/m ³]	Scherparameter	
						ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
Oberer Klei verwittert, t ≤ 2,0 m u. GOK	B 1	1,1	CD	53,5	16,3	18,0	21,0
	B 5	1,6	CD	52,8	16,8	19,0	13,0
	B 14	1,6	CU	51,4	15,6	35,2	12,3
	B 20	1,6	CD	104	13,9	20,0	16,0
Oberer Klei, t > 2,0 m u. GOK	B 4	2,1	CU	65,0	15,6	10,1	16,7
	B 9	4,1	CD	100	14,6	20,0	9,0
	B 10	2,1	CD	90,5	14,9	25,0	6,0
	B 10	4,1	CU	100	13,9	17,6	9,3
	B 13	3,1	CD	57,4	16,8	30,0	5,0
	B 16	2,1	CU	88,5	14,0	31,6	13,3
	B 17	2,4	CD	107	17,0	25,5	7,0
	B 21	3,4	CD	88,2	14,9	24,5	5,0
Unterer Klei	B 4	6,1	CU	115	13,8	34,5	8,5
	B 7	7,1	CU	121	13,4	16,4	4,8
	B 12	9,6	CU	117	13,5	21,1	10,4

Scherversuche an Torfproben wurden nicht durchgeführt, da die in den vorliegenden Proben enthaltenen Holz- und Pflanzenreste/-fasern erfahrungsgemäß zu einer starken Verfälschung (Erhöhung) des Reibungswinkels und damit zu nicht repräsentativen Versuchsergebnissen führen. Die an den Proben aus Klei ermittelten hohen Reibungswinkel sind zum Teil auch hierauf zurückzuführen.

5.2.7 Zusammendrückbarkeit und Zeitsetzungsverhalten

Zur Bestimmung der Steifemoduli (E_s) und des Zeitsetzungsverhaltens der organischen Weichschichten wurden an insgesamt 27 ungestört entnommenen Bodenproben aus den organischen Weichschichten (14 Proben aus dem Klei und 13 Proben aus dem Torf) Kompressionsversuche mit verhinderter Seitendehnung nach ehemaliger DIN 18135 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Form der gemessenen Lastsetzungskurven und den



jeweils zugehörigen Zeitsetzungskurven für den Klei in den Anlagen 023230/11.1.1 bis 11.1.28 und für den Torf in den Anlagen 023230/11.2.1 bis 11.2.26 dargestellt.

Die aus den Lastsetzungskurven durch uns für verschiedene Spannungsbereiche ermittelten Steifemoduli der Erstbelastung $E_{s,1}$ sowie der Einbauwassergehalt und die Wichte der untersuchten Bodenproben sind für den untersuchten Klei in der Tabelle 9 und für den Torf in der Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 9 Steifemoduli Klei

Bodenschicht	Bohrung	Tiefe unter GOK [m]	Einbau- wassergehalt w [%]	Einbau- wichte γ [kN/m ³]	Steifemoduli $E_{s,1}$ [MN/m ²] für Normalspannungen σ [MN/m ²]		
					0,05 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,40
Oberer Klei, $t \leq 2,0$ m u. GOK	B 2	1,1	40,7	17,9	2,9	3,7	5,5
	B 8	1,6	77,4	15,3	1,1	1,4	2,7
	B 12	1,6	46,2	16,7	1,8	2,4	4,2
	B 15	1,4	29,5	18,4	3,0	4,6	6,4
	B 23	0,6	48,0	17,2	2,7	3,3	5,1
Oberer Klei, $t > 2,0$ m u. GOK	B 4	4,1	145	12,4	0,5	1,0	2,2
	B 14	4,1	85,2	15,0	0,8	1,4	3,4
	B 16	4,1	94,2	17,5	0,7	1,1	2,5
	B 18	2,4	76,1	15,2	1,1	1,8	4,4
	B 22	2,4	111	14,1	0,8	1,4	2,8
Unterer Klei	B 2	7,1	110	13,5	1,0	1,6	3,2
	B 5	7,1	114	13,3	0,8	1,2	2,5
	B 10	10,1	149	13,8	0,9	1,3	2,5
	B 20	7,4	127	11,5	1,2	0,7 ¹⁾	3,0

¹⁾ Wert nicht plausibel



Tabelle 10 Steifemoduli Torf

Bodenschicht	Bohrung	Tiefe unter GOK [m]	Einbau- wassergehalt w [%]	Einbau- wichte γ [kN/m ³]	Steifemoduli $E_{s,1}$ [MN/m ²] für Normalspannungen σ [MN/m ²]		
					0,02 - 0,06	0,06 - 0,12	0,12 - 0,25
Torf	B 6	6,1	564	9,7	0,3	0,4	0,9
	B 7	3,1	540	9,9	0,3	0,5	1,1
	B 8	3,1	225	11,1	0,5	0,6	1,0
	B 9	6,1	485	10,2	0,4	0,4	0,8
	B 10	6,1	587	9,1	0,3	0,3	0,8
	B 12	7,6	456	9,0	Versuch nicht auswertbar.		
	B 15	7,4	507	9,1	0,3	0,5	1,0
	B 16	6,1	439	10,2	0,2	0,3	0,5
	B 18	5,4	790	10,3	0,3	0,5	1,1
	B 20	5,4	401	10,1	0,3	0,6	1,2
	B 21	5,4	507	10,5	0,3	0,5	1,0
	B 22	5,4	578	11,3	0,3	0,5	0,7
B 23	1,6	699	10,1	0,3	0,4	1,2	

Die nach unserer Auswertung der Zeitsetzungskurven nach CASAGRANDE ermittelten Werte für den vertikalen Konsolidierungsbeiwert c_v und die prozentualen Anteile für die Sofortsetzung s_0 , Primärsetzung s_1 und Sekundärsetzung s_2 sind einschließlich der jeweiligen Mittelwerte für den Klei in der Tabelle 11 und für den Torf in der Tabelle 12 angegeben.

Tabelle 11 Auswertung der Zeitsetzungskurven - Klei

Bodenschicht	Bohrung	Tiefe unter GOK [m]	Vertikaler Konsolidierungsbeiwert c_v [m ² /a]	Setzungsanteil		
				s_0 [%]	s_1 [%]	s_2 [%]
Oberer Klei verwittert, $t \leq 2,0$ m u. GOK	B 2	1,1	1,9	33	47	20
	B 8	1,6	1,1	24	56	20
	B 12	1,6	1,0	20	57	23
	B 15	1,4	0,5	26	62	12
	B 23	0,6	0,7	18	56	26
Oberer Klei, $t > 2,0$ m u. GOK	B 4	4,1	0,5	8	62	30
	B 14	4,1	0,5	10	65	25
	B 16	4,1	1,5	15	47	38
	B 18	2,4	1,0	18	52	30
	B 22	2,4	0,8	15	59	26
Unterer Klei	B 2	7,1	0,9	15	58	27
	B 5	7,1	1,7	16	58	26
	B 10	10,1	0,5	10	64	26
	B 20	7,4	0,7	20	67	13
Mittelwert			1,0	18	58	24

Tabelle 12 Auswertung der Zeitsetzungskurven - Torf

Bodenschicht	Bohrung	Tiefe unter GOK [m]	Vertikaler Konsolidierungsbeiwert c_v [m ² /a]	Setzungsanteil		
				s_0 [%]	s_1 [%]	s_2 [%]
Torf	B 6	6,1	1,6	25	45	30
	B 7	3,1	0,9	14	66	20
	B 8	3,1	0,6	15	62	23
	B 9	6,1	1,2	18	57	27
	B 10	6,1	0,8	13	66	21
	B 12	7,6	Kurven nicht auswertbar.			
	B 15	7,4	Kurven nicht auswertbar.			
	B 16	6,1	Kurven nicht auswertbar.			
	B 18	5,4	1,6	17	53	30
	B 20	5,4	Kurven nicht auswertbar			
	B 21	5,4	1,3	16	51	23
	B 22	5,4	1,3	18	47	35
	B 23	1,6	0,9	26	51	23
Mittelwert			1,1	18	55	27

Die nach dem Verfahren von CASAGRANDE nicht auswertbaren Zeitsetzungskurven lassen keine eindeutige Abgrenzung zwischen Primär- und Sekundärsetzung zu, so dass sowohl der vertikale Konsolidierungsbeiwert c_v als auch der Sekundärsetzungsanteil nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit abgeschätzt werden kann.



5.3 Versuchsergebnisse an Sandproben

5.3.1 Korngrößenverteilung

An 12 ausgewählten Proben aus den im Bereich der Geest oberflächennah anstehenden Sanden und 2 Proben aus den in die organischen Weichschichten eingelagerten Sanden wurde die Korngrößenverteilung nach ehemaliger DIN 18123 durch Trockensiebung bzw. Nasssiebung bestimmt. Die ermittelten Korngrößenverteilungen sind für die Sande der Geest auf den Anlagen 023230/8.2.1 bis 8.2.4 und für die in die organischen Weichschichten eingelagerten Sande auf der Anlage 023230/8.2.4 in Form von Körnungslinien dargestellt.

Die einzelnen Körnungslinien der Sande der Geest sind zu einem Körnungsband zusammengefasst in der Anlage 023230/9.2 dargestellt. Danach handelt es sich bei den untersuchten Sanden überwiegend um schwach und sehr schwach schluffige Mittelsande und Feinsande mit sehr geringen Anteilen an Grobsand und Kies. Untergeordnet handelt es sich um schwach kiesige Mittel- bis Grobsande. Gemäß DIN 18196 sind die oberflächennah anstehenden Sande der Geest überwiegend der Bodengruppe SU und untergeordnet der Bodengruppe SE zuzuordnen.

Bei den in die organischen Weichschichten eingelagerten Sanden handelt es sich um schwach schluffige bzw. schluffige Feinsande, die gemäß DIN 18196 den Boden-
gruppen SU bzw. S \bar{U} zuzuordnen sind.

5.3.2 Glühverlust

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an einer ausgewählten Bodenprobe aus dem Sand direkt unterhalb des Torfes der Glühverlust nach DIN 18128 bestimmt.

Der ermittelte Einzelwert von $V_{gl} = 5,0 \%$ ist auf der Anlage 023230/3.21.1 links neben dem zugehörigen Bohrprofil BS 136 (ca. Bau-km 19+156), der entsprechenden Probenentnahmetiefe zugeordnet, angegeben.

Danach ist der untersuchte Sand nach DIN EN ISO 14688-2 als schwach organisch zu beurteilen.



5.4 Versuchsergebnisse an bindigen Geschiebebodenproben

Zur allgemeinen und vergleichenden Beurteilung der bindigen Geschiebeböden wurde an ausgewählten Bodenproben aus dem Geschiebelehm und Geschiebemergel der Wassergehalt nach ehemaliger DIN 18121, Teil 1, bestimmt. Die Versuchsergebnisse sind auf den Anlagen 023230/3.23 bis 3.25 und 3.28 in einer gesonderten Spalte rechts neben den Bohrprofilen, den Probeentnahmetiefen zugeordnet, angegeben. Im Einzelnen ergeben sich die in Tabelle 13 angegebenen Grenz- und Mittelwerte.

Tabelle 13 Wassergehalte Geschiebelehm und -mergel

Bodenart	Anzahl der Versuche	Wassergehalte w [%]		
		min.	Mittel	max.
Geschiebelehm, Konsistenz weich – steif	10	14,5	19,6	25,7
Geschiebelehm, Konsistenz steif	3	12,5	13,8	14,8
Geschiebemergel, Konsistenz weich – steif	9	13,0	21,5	25,3
Geschiebemergel, Konsistenz steif	7	12,3	14,3	16,6

5.5 Charakteristische Bodenkennwerte, Bodengruppen und Frostepfindlichkeitsklassen

Nach unserer Bodenprobenbeurteilung, den Ergebnissen der Feld- und Laborversuche (s. Abs. 5.2 bis 5.4) und unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Bodenarten sind in der Tabelle 14 die in erdstatischen Berechnungen für die einzelnen Bodenarten anzusetzenden charakteristischen Bodenkennwerte angegeben. Ferner sind in der Tabelle 14 für die einzelnen Bodenarten die Bodengruppen nach DIN 18196 und die Frostepfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 angegeben.



Tabelle 14 Charakteristische Bodenkennwerte und Bodenklassifikation

Bodenart	Wichte γ/γ' [kN/m ³]	Scherfestigkeit			Steife- modul E_s [MN/m ²]	Konsoli- dierungs- beiwert c_v/c_h [m ² /a]	Boden- gruppe nach DIN 18196	Frostemp- findlichkeit nach ZTV E-StB 17
		φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u,k}$ ¹⁾ [kN/m ²]				
Aufgefüllte Böden								
Sand, unverdichtet, locker gelagert	18/10	30	–	–	10 – 20	–	[SE], ([SU, SW/ GW]) ²⁾	F 1, (F 2) ²⁾
Sand, verdichtet einge- baut, mind. mitteldicht gelagert (Rampen- bzw. Dammschüttung)	19/11	35	–	–	≥ 50	–	[SE], [SI], [SW]	F 1)
Gewachsene Böden								
Oberer Klei verwittert – rd. t ≤ 2,0 m u. GOK	17/7	20	10	30	1,5 – 3,0	1,0/3,0	OU, OT	F 3
Oberer Klei – rd. t > 2,0 m u. GOK	15/5	17,5	7,5	20	0,8 – 1,2			
Torf, Torf, kleiig bzw. Klei, torfig	10,5/0,5	15	5	≥ 10	0,3 – 0,5		HN, HZ bzw. OU, OT	
Unterer Klei	13/3	17,5	7,5	17,5	1,0 – 1,2		OU, OT	
Sand – locker bis mitteldicht gelagert	18/10	32,5	–	–	≥ 30	–	SE, SU	F 1/F 2
– mind. mitteldicht gelagert	19/11	35	–	–	≥ 50	–		
Geschiebelehm ⁴⁾ – Konsistenz weich	21/11	30	5	–	20 – 25	–	SU*, ST, (UL, TL) ²⁾	F 3
– Konsistenz mind. steif	21/11	30	7,5	–	≥ 30	–		
Geschiebemergel ⁴⁾ – Konsistenz weich	22/12	30	7,5	–	25	–		
– Konsistenz mind. steif	22/12	30	10	–	≥ 40	–		

1) Der zugehörige Reibungswinkel ist mit $\varphi_u = 0^\circ$ anzusetzen.

2) Nur untergeordnet vorhanden.

3) Bauschuttanteile bis zur Größe von Steinen möglich.

4) Einlagerungen von Steinen bis zur Größe von Blöcken/Findlingen möglich.



6. Überblick Gründungsverfahren

Die anstehenden organischen Weichschichten aus Klei und Torf sind stark setzungsempfindlich und weisen eine geringe Scherfestigkeit auf, so dass umfangreiche Baugrundverbesserungsmaßnahmen zur Setzungsvorwegnahme und zur Minimierung späterer Restsetzungen durchgeführt werden müssen. Auf der Grundlage der vorhandenen Baugrundaufschlüsse und des derzeitigen Standes der Planung sind folgende Bau- bzw. Gründungsverfahren vorgesehen (Tabelle 15). In der Tabelle 15 sind zudem auch die ungefähren Überschütthöhen über geplanter Gradientenhöhe angegeben.

Tabelle 15 Überblick Gründungsverfahren

Zeile	Bau-km	gewähltes Gründungsverfahren	Ungefähre Überschütthöhe über Gradientenhöhe [m]
1	7+415 bis 7+750	Aufgeständertes Gründungspolster (AGP; z. B. geotextilummantelte Sandsäulen)	1,5
2	7+750 bis 11+000	Überschüttverfahren mit Vertikaldräns (ÜSV) ¹⁾	4,5
3	11+000 bis 12+100	Aufgeständertes Gründungspolster (AGP; z. B. geotextilummantelte Sandsäulen)	1,5
4	12+100 bis 19+230	Überschüttverfahren mit Vertikaldräns (ÜSV) ¹⁾	2,0 bis 4,5
5	19+230 bis 19+900	Aufgeständertes Gründungspolster (AGP; z. B. geotextilummantelte Sandsäulen)	1,5
6	19+900 bis 22+650	Abtrag Deckschichten, bereichsweise geringmächtiger Bodenaustausch (Torf < 1,5 m) und/oder Überschüttverfahren (ohne V-Dräns)	--

¹⁾ in Anschlussbereichen zu Unterführungsbauwerken wird voraussichtlich die Gründung auf einem AGP erfolgen

Nähere Einzelheiten zu den hier Anwendung findenden Gründungsverfahren können dem Band 2 - Gründungsempfehlung entnommen werden.

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Steil
Dr.-Ing. Rechtern
Hofmann, M.Sc.

Grundbauingenieure
Steinfeld und Partner
Beratende Ingenieure mbB

i.A.B. Gork St. Weibau

Verteiler:
DEGES, Herr Veidt

Upload in die DEGES-Cloud