



Sachverständigeninstitut für Geotechnik GmbH
Untersuchen · Begutachten · Beraten · Überwachen

SfG GmbH · Guntherstraße 61 · 90461 Nürnberg

Staatliches Bauamt Regensburg

Bereich Straßenbau

Bajuwarenstraße 2d

93 053 Regensburg

Tel. 0911 / 9411808-0

Fax. 0911 / 9411808-20

info@sv-geo.de

www.sv-geo.de

HRB 22165 Nürnberg

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Ingolf Schuhmacher ¹⁾

¹⁾ Qualifikationen:

- von der IHK Nürnberg für Mittelfranken öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Grundbau und Bodenmechanik und Standsicherheit von Böschungen und Hängen.
- Verantwortlicher Sachverständiger für Erd- und Grundbau nach Art. 90, Abs. 6, BayBO i.V. mit §§ 18 f. SVBau.
- Beratender Ingenieur nach Art. 3 und 33, BaylKBauG.
- Bauvorlageberechtigt nach Art. 90, BaylKBauG und Art. 68, Abs. 2 Nr. 2, BayBO.

BV.: B299 – 3-streifiger Ausbau zwischen Neumarkt und Berching

BA3: Greißelbach - Mühlhausen-Nord

18-192-6/is

15. Dezember 2020

Geotechnischer Bericht

1. Bericht - Baugrundgutachten zur geplanten Streckenverbreiterung

Bauherr: Freistaat Bayern

vertreten durch: Staatliches Bauamt Regensburg
Bajuwarenstraße 2d
93053 Regensburg

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	VORGANG UND BAUVORHABEN	4
2	UNTERSUCHUNGEN	5
2.1	Allgemeines	5
2.2	Straßenoberbau - Schichtdicken	5
2.3	Untergrundaufbau	6
2.3.1	Untergrundaufbau nach der Geologischen Karte	6
2.3.2	Untergrundaufbau nach den Bohr- und Sondierergebnissen	6
2.3.2.1	Allgemeines	6
2.3.2.2	Straßendamm B299	7
2.3.2.3	Mutterboden / Waldboden und künstliche Auffüllungen	8
2.3.2.4	Quartäre Sande	8
2.3.2.5	Ton / Tonstein – Verwitterungszone Opalinuston	9
2.3.2.6	Tonstein	9
2.4	Grundwasserverhältnisse	9
2.5	Bodenmechanische Laborversuche	10
2.6	Chemische Untersuchungen	11
2.6.1	Grundwasseranalyse nach DIN 4030	11
2.6.2	Chemische Untersuchung der Schwarzdecke	11
2.6.3	LAGA / DepV DK0	12
3	BODENKENNWERTE	15
4	HOMOGENBEREICHE	16
5	BAUTECHNISCHE FOLGERUNGEN	20
5.1	Allgemeine Beurteilung des Untergrundes	20
5.2	Eignung von Aushubmaterial für den Wiedereinbau	20
5.3	Verdichtungsanforderungen gemäß den ZTVE-StB 17	22
5.4	Minstdicke des frostsicheren Straßenaufbaus	22
5.5	Tragfähigkeit des Erdplanums	23
5.6	Standsicherheit der Straßenböschungen	24
5.6.1	Einschnittsböschungen	24
5.6.2	Dammböschungen	24
5.7	Setzungsverhalten der Dämme	25
5.8	Weitere Hinweise zu Erdbaumaßnahmen	25

Verzeichnis der Anlagen:

- Anlage 1: Lagepläne Untersuchungspunkte, Maßstab 1 : 1.000
- Anlage 2: Bodenprofile und Sondierdiagramme, Maßstab 1 : 50
- Anlage 3: Bodenmechanische Laborversuchsergebnisse
- Anlage 4: Chemische Laborversuchsergebnisse

1 VORGANG UND BAUVORHABEN

Das Staatliche Bauamt (StBA) Regensburg plant den 3-streifigen Ausbau der Bundesstraße B299 Neumarkt i.d.OPf. – Neustadt a.d. Donau zwischen Neumarkt i.d.OPf./Süd und Mühlhausen Nord.

Wir wurden vom StBA Regensburg mit der Erstellung eines Baugrundgutachtens für das geplante Streckenbauwerk beauftragt. Darüber hinaus beauftragt wurde die fachtechnische Begleitung der durch die ifb Bohr GmbH, Metten, ausgeführten Bohraufschlüsse, die Ausführung von Laboruntersuchungen sowie die fachtechnische Aufnahme der ausgeführten Aufschlüsse.

Zur Bearbeitung dieses Berichts standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

Vom Staatlichen Bauamt Regensburg:

[U1] Lagepläne (Feststellungsentwurf), Blatt Nr. 5/1 und 5/2, Maßstab 1 : 1.000, angefertigt Büro KEMPA, Stand 27.09.2019

Aus unserem Archiv:

[U2] Geologische Karten von Bayern, Maßstab 1: 25.000, Blatt Nr. 6734 und 6834, Neumarkt i.d.OPf. und Berching, Stand 1969 und 1981

Nach [U1] beginnt der Bauabschnitt BA3 bei Bau-km 0+046 (Station B299_1380_0,049), etwa 100 m südlich der „Kreuzung“ der B299 mit der St 2220 auf Höhe von Greißelbach, und endet bei Bau-km 1+294 (Station B299_1380_1,389), etwa 900 m nördlich der Schleuse 29 des LDM-Kanals. Die Gesamtlänge der Ausbaustrecke beträgt somit etwa 1,3 km.

Im betrachteten Streckenabschnitt durchläuft die B299 nach [U1] meist eine Folge von Dämmen mit relativ geringer Höhe und teils auch Einschnitten mit meist relativ geringer Tiefe sowie Gleichlagen.

Entsprechend der derzeitigen Planung soll die geplante Verbreiterung der B299 nach Westen hin erfolgen. Genauere Planungsdaten (Querprofile etc.) liegen noch nicht vor.

2 UNTERSUCHUNGEN

2.1 Allgemeines

Zur Feststellung der Untergrundverhältnisse und des Aufbaus der vorhandenen Dammschüttung wurden von der Firma ifb Bohr GmbH, Metten, insgesamt 16 Erkundungsbohrungen im Bereich der geplanten Ausbaustrecke abgeteuft und 16 Sondierungen mit der schweren Rammsonde „DPH“ gemäß DIN EN ISO 22476 ausgeführt. Die Bohrungen sind mit BK181501, BK181503, BK181505 bis BK181531 und die Rammsondierungen mit DPH181502, DPH181504, DPH181506 bis DPH1815032 bezeichnet. Die Lage aller Untersuchungspunkte ist den Lageplänen der Anlage 1 zu entnehmen. Die genaue lage- und höhenmäßige Einmessung der Bohr- und Sondieransatzpunkte ist durch den Bohrunternehmer erfolgt. Auf der Anlage 2, Blatt 1 und 2, sind die Untersuchungsergebnisse in Form von Bohrprofilen und Sondierdiagrammen höhengerecht dargestellt. Bei den Sondierungen ist die Schlagzahl n_{10} für 10 cm Eindringung der Sondenspitze aufgetragen.

2.2 Straßenoberbau - Schichtdicken

Bei den Aufschlussbohrungen sind 6 Bohrungen (BK181503 /05 /13 /17 /25 /29) von der bestehenden B299 aus abgeteuft worden. Die dabei festgestellte Gesamtdicke der Schwarzdecke und die der unterlagernden mineralischen Tragschicht ergeben sich aus der Anlage 2 und sind folgend nochmals tabellarisch zusammengefasst.

Anmerkung: Ein separater Aufschluss der Schwarzdecke mittels Kernbohrung zur schichtendifferenzierten Analyse war nicht vorgesehen.

Bohrung	Gesamtdicke Schwarzdecke	Dicke mineralische Tragschicht
BK181503	~ 35 cm	~ 35 cm
BK181505	~ 25 cm	~ 40 cm
BK181513	~ 35 cm	~ 15 cm
BK181517	~ 25 cm	~ 25 cm
BK181525	~ 40 cm	~ 10 cm
BK181529	~ 35 cm	~ 40 cm

2.3 Untergrundaufbau

2.3.1 Untergrundaufbau nach der Geologischen Karte

Im Bild 1 ist ein Ausschnitt der Geologischen Karten von Bayern, Blatt 6734 – Neumarkt und Blatt 6834 - Berching, dargestellt. Danach sind im geplanten Baubereich, unterhalb künstlicher Auffüllungen (bestehender Straßendamm etc.) und bereichsweise jüngeren Quartärböden, quartäre Terrassensande und -schotter mit Übergängen zu Flugsanden und Abschlämmsanden zu erwarten. Zur Tiefe hin stehen dann die Ablagerungen des Opalinustons aus dem mittleren Jura an, die i.d.R. von ihren Verwitterungsprodukten überlagert werden.

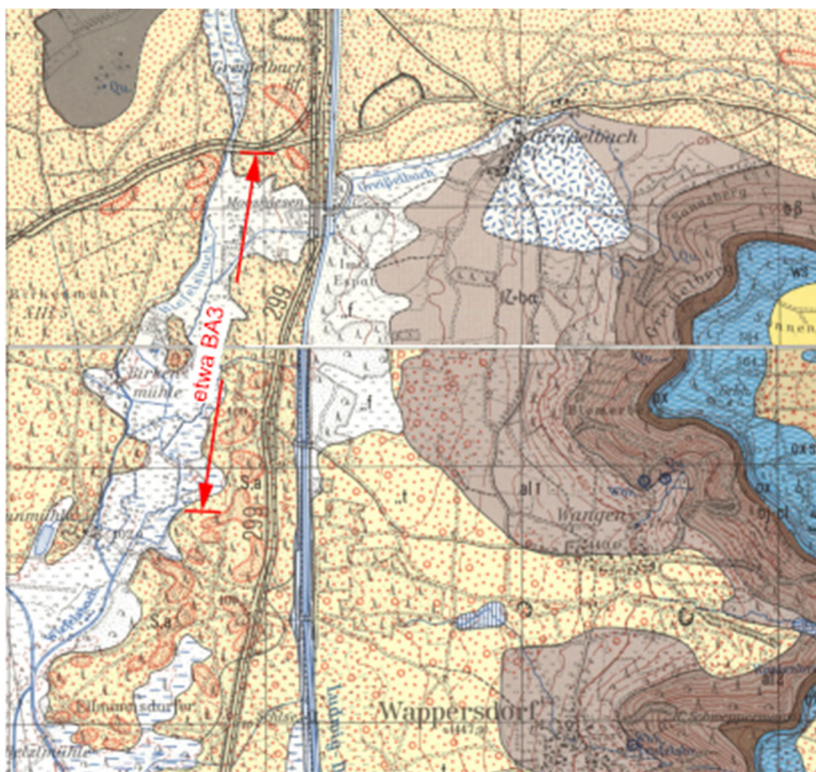


Bild 1: Ausschnitt der Geologischen Karten von Bayern, Blatt 6734 Neumarkt und Blatt 6834 Berching

2.3.2 Untergrundaufbau nach den Bohr- und Sondierergebnissen

2.3.2.1 Allgemeines

Nach den Bohrergebnissen sind im Baubereich, und im Bereich der B299 unterhalb des Oberbaus, in stratigraphischer Reihenfolge im Wesentlichen folgende generelle Schichten zu unterscheiden:

- Straßendamm B299
- Mutterboden, teils Waldboden, künstliche Auffüllungen
- Gewachsene Sande, lokal teils Schluffwischenlagen (Quartär)
- Tone, Ton-/Tonsteine (Verwitterungszone)
- Tonsteine, teils mit Kalksteinlagen (Opalinuston)

Der angetroffene Untergrund ist anschließend im Extrakt beschrieben. Details sind dabei der Anlage 2 zu entnehmen.

Generelle Hinweise:

- Die Schichtmächtigkeiten und der Schichtenverlauf der einzelnen Schichtabfolgen ist aus den Anlagen 2 ersichtlich.
- Aufgrund der teils größeren Aufschlussabstände sowie der teils sehr wechselhaften Geologie trifft die folgende Untergrundbeschreibung streng genommen nur für den Bereich der Untersuchungspunkte zu.
- Zwischen den Untersuchungspunkten sind entsprechende Abweichungen zu den beschriebenen Untergrundverhältnissen und den im Abschnitt 5 gemachten Angaben zum Streckenbau möglich. Grob können die Ergebnisse jedoch für die Trasse „verallgemeinert“ werden.
- Genaue Angaben zum „flächigen“ Auftreten von Schichtdicken, Schichtgrenzen, Trennflächengefüge etc. sind auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht möglich.

2.3.2.2 Straßendamm B299

Die Bohrungen BK181503, BK181505, BK181513, BK181517, BK181525 und BK181529 wurden von der B299 aus abgeteuft. Angaben zum Oberbau finden sich im Abschnitt 2.2. In diesem Zusammenhang wurde der Straßendamm der B299 in den Bohrungen BK181517, BK181525 und BK181529 bis in Tiefen von etwa 1,5 ... 2,5 m unter OK Straße erkundet. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um Sande mit einem variierenden Anteil an bindigen und kiesigen, teils auch steinigen Beimengungen. In der Bohrung BK181529 wurde an der Schichtbasis auch eine 10 cm starke Grobschotterlage (Kalksteine) angetroffen.

Nach den Ergebnissen der benachbarten Rammsondierungen sind die sandigen Auffüllungen im Wesentlichen mitteldicht, teils auch dicht gelagert.

2.3.2.3 Mutterboden / Waldboden und künstliche Auffüllungen

Eine **Mutterbodendeckschicht** zeigen die Bohrungen BK181501, BK181507, BK181521, BK181523, BK181527 und BK181531 mit Schichtdicken zwischen etwa 0,1 m ... 0,3 m. In den Bohrungen BK181523 und BK181531 ist der Mutterboden stark sandig ausgebildet bzw. es handelt sich um einen stark organischen Sand. Der Mutterboden ist teils auch stark „verwurzelt“ und in den Bohrungen BK181507 und BK181527 künstlich aufgefüllt.

Eine **Waldbodendeckschicht** wurde in den Bohrungen BK181515 und BK181519 mit 10 cm bzw. 5 cm „Schichtdicke“ angetroffen.

Weitere **Künstliche Auffüllungen** zeigen die Bohrungen BK18107 und BK181509 bis in Tiefen von 0,3 ... 1,4 m unterhalb des jeweiligen Bohransatzpunktes. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um Sande mit einem variierenden Anteil an bindigen und kiesigen sowie steinigen Beimengungen, die nach dem Ergebnis der jeweils benachbarten Rammsondierung locker ... mitteldicht gelagert sind.

2.3.2.4 Quartäre Sande

Die v.b. Schichten werden jeweils von quartären Sanden mit größtenteils nur geringem bzw. sehr geringem Feinkornanteil und meist nur einem geringen Anteil an kiesigen Beimengungen unterlagert. Lokal wurden auch dünne Schluff-/Tonzwischenlagen festgestellt. Im oberen Schichtbereich sind organische ... stark organische Beimengungen möglich. Nach den Ergebnissen der benachbarten Rammsondierungen ist die Lagerungsdichte der Sande relativ unterschiedlich und reicht von locker ... dicht.

In den Bohrungen BK181501, BK181503, BK181505, BK181507, BK181519, BK181525, BK181527, BK181529 und BK181531 wurde die Schichtbasis der quartären Sande bis zur jeweiligen Bohrendtiefe zwischen 5,0 ... 10,0 m nicht erreicht.

Bei den übrigen Bohrungen reichen die quartären Sande bis in Tiefen von etwa 3,7 m (BK181515) bis 9,1 m (BK181511) m unterhalb des jeweiligen Bohransatzpunktes.

2.3.2.5 Ton / Tonstein – Verwitterungszone Opalinuston

Die Bohrungen BK181501, BK181503, BK181505, BK181507, BK181519, BK181525, BK181527, BK181529 und BK181531 zeigen unterhalb der quartären Sande weiche ... halbfeste, meist stark schluffige und schwach sandige **Tone**, die dem **Verwitterungshorizont** des Opalinustons zuzurechnen sind. In der Bohrung BK181515 wurde die Schichtbasis bis zur Bohrendtiefe bei 5,0 m nicht erreicht. Es folgen **Gemenge von** halbfestem **Ton**, mit ebenfalls schwach sandigen Beimengungen, und sehr mürbem **Tonstein**, die ebenfalls dem **Verwitterungshorizont** des Opalinustons zuzurechnen sind.

2.3.2.6 Tonstein

Ein sehr mürber ... mürber Tonstein wurde in den Bohrungen BK181509 ... BK181517 sowie den Bohrungen BK181521 und BK181523 ab etwa 6,5 m (BK181521) ... 11,2 m (BK181509) angetroffen. Der Tonstein ist dabei meist blättrig ausgebildet. Die Bohrung BK181523 zeigt darüber hinaus in 8,2 ... 8,8 m Tiefe eine eingeschaltete harte Kalksteinlage mit einzelnen dünnen Tonsteinzwischenlagen. Die benachbarten Rammsondierungen enden in Tiefen von 6,3 m (DPH181524) bis 13,8 m (DPH181512) bei hohen Schlagzahlen > 100 auf Kalkstein- bzw. mindestens mürben Tonsteinzwischenlagen.

2.4 Grundwasserverhältnisse

Nach den Angaben des Bohrunternehmers wurde das Grundwasser beim Bohren auf folgenden Höhen eingemessen:

Bohrung	Datum	Grundwasserspiegel		Bemerkung
		in m unter GOK	bez. auf müNN	
BK181501	06.10.20	8,78	408,37	GW nach Bohrende
BK181503	05.10.20	4,36	408,06	GW nach Bohrende
BK181505	06.10.20	3,74	407,84	GW nach Bohrende
BK181507	15.10.20	3,60	407,25	GW nach Bohrende
BK181509	05.10.20	2,87	407,84	GW nach Bohrende

Bohrung	Datum	Grundwasserspiegel		Bemerkung
		in m unter GOK	bez. auf müNN	
BK181511	17.09.20	2,84	407,25	GW nach Bohrende
BK181513	01.10.20	4,03	406,45	GW nach Bohrende
BK181515	01.10.20	1,64	406,49	GW nach Bohrende
BK181517	22.09.20	3,98	405,17	GW nach Bohrende
BK181519	22.09.20	2,98	404,47	GW nach Bohrende
BK181521	28.09.20	4,00	405,23	GW nach Bohrende
BK181523	27.09.20	3,25	405,60	GW nach Bohrende
BK181525	22.09.20	3,78	406,06	GW nach Bohrende
BK181527	22.09.20	2,88	405,42	GW nach Bohrende
BK181529	02.10.20	3,47	406,29	GW nach Bohrende
BK181531	19.10.20	2,50	406,23	GW nach Bohrende

Bei dem angetroffenen Wasser handelt es sich um Grundwasser im Schichtkomplex der quartären Sande (1. GW-Stockwerk). Im Trennflächensystem des Tonsteins des Opalinustons ist darüber hinaus mit Kluftgrundwasser zu rechnen. Genauere Angaben zu diesem 2. GW-Stockwerk sind auf Basis der Untersuchungsergebnisse nicht möglich. Es ist nicht auszuschließen, dass der „Druckspiegel“ des 2. GW-Stockwerks über dem des 1. GW-Stockwerks liegt. Darüber hinaus ist erfahrungsgemäß, abhängig von Jahreszeit und Witterung, für das 1. GW-Stockwerk ein Wasserspiegelanstieg gegenüber den angegebenen Werten möglich.

Angaben zu Hochwasserstände des Greißelbachs und des Flutgrabens liegen nicht vor. Diese Daten sind, soweit für die Planung erforderlich, im Zuge der weiteren Planung zu erheben.

2.5 Bodenmechanische Laborversuche

Zur Abschätzung bodenmechanischer Kennwerte wurden an repräsentativen Bodenproben folgende Versuche durchgeführt:

- 57 Bestimmungen des Wassergehaltes nach DIN 18121
- 44 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- 19 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18122
- 6 Bestimmungen der Korndichte nach DIN 18124

Eine tabellarische Zusammenstellung der Versuchsergebnisse zeigt die Anlage 3/0. In der Anlage 3/1 finden sich die Ergebnisse der Korngrößenverteilungen und in der Anlage 3/2 die Ergebnisse der Konsistenzgrenzenbestimmungen. Die Versuchsergebnisse sind in die BodenprofilDarstellungen der Anlage 2 eingearbeitet. Dabei hat sich gezeigt, dass die betreffenden Laborversuche relativ gut mit der fachtechnischen „Ansprache“ des Bohrgutes übereinstimmen.

Für das sandige Material (SE, SU/ST) wurden die Wassergehalte zwischen rd. $0 \leq w \leq 19 \%$ und für das tonige Material (Ton / Tonstein, TM, TL) zwischen rd. $5 \leq w \leq 26 \%$ ermittelt.

Die ermittelten Korndichten des stark schluffigen, tonigen Materials (TM), teils mit höherem Sandanteil, liegen zwischen $2,531 \leq \rho_s \leq 2,730 \text{ g/cm}^3$.

Anmerkung: Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Versuchswerte nicht die in situ auftretenden Grenzwerte der untersuchten Böden darstellen.

2.6 Chemische Untersuchungen

2.6.1 Grundwasseranalyse nach DIN 4030

Aus den Bohrungen BK181509 und BK181521 wurde vom Bohrunternehmer je eine **Wasserprobe** entnommen und in dessen Auftrag im Labor auf betonangreifende Eigenschaften **gemäß DIN 4030 untersucht**. Nach dem Analyseprotokoll sind die untersuchten Proben als **nicht betonangreifend** einzustufen (s. Anlage 4/1).

2.6.2 Chemische Untersuchung der Schwarzdecke

Aus den Bohrung BK181505, BK181513, BK181525 und BK181529 sind vom Bohrunternehmer Proben aus der bestehenden Schwarzdecke entnommen worden. Dabei sind aus der Bohrung BK181525 sind 2 Teilproben (0,0 ... 0,2 m Tiefe und 0,2 ... 0,4 m Tiefe) gebildet worden.

Zur genauen Einstufung in eine Verwertungsklasse wurde an allen Proben eine quantitative Untersuchung gemäß RuVA-StB auf teer-/ pechtypische Bestandteile durchgeführt. Die Analyse ist im akkreditierten Labor Analytik Institut Rietzler GmbH, Nürnberg, vorgenommen worden. Der Prüfbericht ist als Anlage 4/2 beigelegt. Im Extrakt haben sich folgende Ergebnisse ergeben.

Aufschluss	PAK / Phenol mg/kg / mg/l	Verwertungsklasse
BK181505 (0,0 ... 0,2 m)	0,64 / < 0,01	A
BK181513 (0,0 ... 0,2 m)	n.n. / < 0,01	A
BK181525 (0,0 ... 0,2 m)	n.n. / < 0,01	A
BK181525 (0,2 ... 0,4 m)	n.n. / < 0,01	A
BK181529 (0,0 ... 0,2 m)	n.n. / < 0,01	A

PAK-Grenzwert: 25 mg/kg TS // Phenol-Grenzwert: 0,1 mg/l

Anmerkung: Die Grundlage für die Beurteilung der Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechhaltigen Bestandteilen bilden die *'Richtlinien für die Umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau' (RuVA-StB 01)*, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2005.

2.6.3 LAGA / DepV DK0

Bezüglich einer evtl. Wiederverwertung oder Deponierung von Bodenaushubmassen, die im Zuge der Baumaßnahme anfallen, wurde an folgenden Bodenproben eine orientierende Untersuchung nach LAGA-Boden (Feststoff und Eluat / Mindestumfang) sowie den ergänzenden Parameter nach DepV 2011 ausgeführt. Die Untersuchungen sind im Analytik Institut Rietzler GmbH, Fürth, erfolgt.

Der Untersuchungsumfang und die Analyseergebnisse sind den Prüfberichten der Anlage 4/3 zu entnehmen. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei den Angaben auf den Prüfberichten um einen reinen tabellarischen Wertevergleich ohne Berücksichtigung der Fußnoten in den Rechtsvorschriften handelt. Für eine rechtssichere, abfallrechtliche Beurteilung ist eine gutachterliche Bewertung durch einen Altlast-Sachverständigen nach §18 Bundesbodenschutzgesetz vornehmen zu lassen.

Im Extrakt lautet das Ergebnis der Prüfberichte wie folgt:

- Bohrung BK181505: 0,2 ... 0,4 m
 - LAGA Z1.2: pH-Wert im Eluat, pH-Wert CaCl₂ im Feststoff
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden, ohne Berücksichtigung von Fußnoten in den Rechtsvorschriften, von den Parametern Glühverlust, TOC, Lipophile Stoffe nicht erfüllt
- Bohrung BK181507: 0,15 ... 0,3 m
 - LAGA Z0: --
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden von allen untersuchten Parametern erfüllt
- Bohrung BK181509: 0,5 ... 1,0 m
 - LAGA Z1.1: Summe PAK im Feststoff
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden, ohne Berücksichtigung von Fußnoten in den Rechtsvorschriften, vom Parameter TOC nicht erfüllt
- Bohrung BK181511: 1,4 ... 1,5 m
 - LAGA Z0: --
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden von allen untersuchten Parametern erfüllt
- Bohrung BK181517: 0,3 ... 0,5 m
 - LAGA Z1.2: pH-Wert im Eluat, Benzo(a)pyren, Summe PAK im Feststoff
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden, ohne Berücksichtigung von Fußnoten in den Rechtsvorschriften, von den Parametern TOC und Lipophile Stoffe nicht erfüllt
- Bohrung BK181517: 0,7 ... 1,6 m
 - LAGA >Z2: Summe PAK im Feststoff
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden, ohne Berücksichtigung von Fußnoten in den Rechtsvorschriften, vom Parameter Summe PAK nicht erfüllt
- Bohrung BK181521: 0,3 ... 0,6 m
 - LAGA Z0: --
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden von allen untersuchten Parametern erfüllt
- Bohrung BK181525: 1,0 ... 1,5 m
 - LAGA >Z2: Summe PAK im Feststoff
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden, ohne Berücksichtigung von Fußnoten in den Rechtsvorschriften, von den Parametern Lipophile Stoffe und Summe PAK nicht erfüllt
- Bohrung BK181531: 0,0 ... 0,1 m
 - LAGA Z1.2: Benzo(a)pyren, Summe PAK im Feststoff
 - DepV 2011: Anforderungen der DK0 werden, ohne Berücksichtigung von Fußnoten in den Rechtsvorschriften, von den Parametern Glühverlust und TOC nicht erfüllt

Nach den Analyseergebnissen weisen die untersuchten Bodenbereiche somit teils abfallrechtlich relevante Verunreinigungen auf.

Dabei ist zu beachten, dass nach den aktuellen Vorschriften für die Entsorgung / Deponierung von Aushubmassen beim Aushub anfallendes Material im Zuge der Bauarbeiten auf Halden zwischenzulagern und mittels Haufwerksbeprobung für eine geregelte Entsorgung/Wiederverwertung zu klassifizieren ist.

3 BODENKENNWERTE

Dem angetroffenen Untergrund können, unterhalb von Mutterbodendeckschichten, Waldböden und Schottertragschichten, für erdstatische Berechnungen erfahrungsgemäß die folgenden charakteristischen Kennwerte zugrunde gelegt werden, die Mittelwerten entsprechen:

Bodenart	Wichten	Scherfestigkeit		Steifemodul
	γ_k / γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
Vorh. Dammschüttung meist sandig; mitteldicht ... dicht gelagert	18 ... 19 / 10 ... 11	32,5 ... 35	0	30 ... 50
Sonstige künstl. Auffüllungen meist sandig; locker ... mitteldicht gelagert	17 ... 18 / 9 ... 10	30 ... 32,5	0	< 10 ... 30
Quartärböden				
Sande: locker ... dicht gelagert	17 ... 19 / 9 ... 11	30 ... 35	0	< 10 ... 50
lokale Schluff-/Tonzwischenlagen: weiche ... steife Konsistenz	18 ... 19 / 8 ... 9	20 ... 25	0 ... 4 ¹⁾	3 ... 6 ¹⁾
Opalinuston:				
Ton, weiche ... halbfeste Konsistenz	18 ... 20 / 8 ... 10	17,5 ... 20	0 ... 10 ¹⁾	3 ... 10 ¹⁾
Ton / Tonstein, halbfest / sehr mürbe	20 ... 21 / 10 ... 11	17,5 ... 20	0 ... 5	3 ... 10
Tonstein, meist sehr mürbe ... mürbe, lokal mit Kalksteinzwischenlagen	22 ... 24 / 12 ... 14	17,5 ... 22,5	5 ... 15 ²⁾	15 ... 25

Dabei bedeuten:

- γ_k / γ'_k = charakt. Wichte des feuchten Bodens / des Bodens unter Auftrieb
- ϕ'_k = charakt. Wert des Reibungswinkels, effektiv
- c'_k = charakt. Wert der Kohäsion, effektiv
- $E_{s,k}$ = charakt. Wert des Steifemoduls
- 1) = Bei Aufweichung infolge Witterungseffekten etc. verringern sich insbesondere die Konsistenz und der Steifemodul
- 2) = Abhängig von der Ausbildung der Trennflächen. Bei evtl. fossilen Trennflächen kann die Kohäsion vollständig verloren gehen.

Die jeweiligen Schichtgrenzen sind den Aufschlüssen auf Anlage 2 zu entnehmen.

4 HOMOGENBEREICHE

Nach der aktuellen DIN 18300 entfallen die in früheren Normenausgaben definierten (praktikablen) Boden-/Felsklassen. Stattdessen sollen Boden und Fels in sogenannte Homogenbereiche eingeteilt werden. In der Norm ist ein Homogenbereich als begrenzter Bereich definiert, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Für im Baubereich vorhandene Mutterbodendeckschichten, Waldboden, Oberflächenbefestigungen, Fahrbahnen etc. wird kein gesonderter Homogenbereich definiert. Gleiches gilt sinngemäß für den Rückbau von Durchlässen, sonstigen Bauwerken/Bauteilen und für die unter der Schwarzdecke vorhandene Schottertragschichten etc. Derartige Bereiche sind im LV gesondert zu behandeln.

Aus geotechnischer Sicht werden im vorliegenden Fall die folgenden 4 Homogenbereiche B1 bis B3 und X1 festgelegt. Die Zuordnung der einzelnen Homogenbereiche zu den angetroffenen Bodenschichten ist auf den Anlagen 2 jeweils rechts neben dem betreffenden Bodenprofil angegeben.

Homogenbereich B1

Dem Homogenbereich B1 werden die erkundeten meist sandigen künstlichen Auffüllungen des Straßendamms der B299 nach Abschn. 2.3.2.2 zugeordnet. Inkludiert sind dabei auch die in den Bohrungen BK181508, und BK181509 außerhalb des Straßendamms angetroffenen künstlich aufgefüllten Sande, teils mit steinigen Beimengungen (Kalksteinbrocken) entsprechend Abschn. 2.3.2.3. Gleiches gilt sinngemäß für die in der Bohrung BK181529 an der Auffüllbasis angetroffene Steinlage (Kalksteinbrocken). Eine weitere Differenzierung der einzelnen Böden dieses Bereiches ist aus geotechnischer Sicht nicht sinnvoll möglich, da sich diese beim konventionellen Erdbau bzw. bei der Ausführung von Bohrarbeiten vermutlich nicht entsprechend sinnvoll separieren lassen.

1	Bodengruppen (DIN 18196)	SE, SU, SU*, ST, ST*, SI, SW, GW, GI, GU, GT, GU*, GT*, UA, UM, UL, TA, TM. TL ¹⁾
2	Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09	meist 3 ... 4 (5) ¹⁾
3	Konsistenz / Lagerungsdichte	steif ... halbfest ¹⁾ / locker ... dicht
4	Anteile Steine / Blöcke	< 30 % / < 10 % ²⁾

5	Frostempfindlichkeit n. ZTVE-StB	nicht ... sehr frostempfindlich ³⁾
6	Wasserdurchlässigkeit n. DIN 18130	stark ... sehr schwach wasserdurchlässig ³⁾
7	Witterungsempfindlichkeit / Aufweichgefährdung	gering ... hoch ⁴⁾
8	Wiederverwendbarkeit	abhängig von den Anforderungen ⁵⁾
9	Deklarationsanalyse	-- ⁶⁾

- ¹⁾ Steinige Bereiche sind dabei nicht dem Klassifizierungssystem der DIN 18196 zuzuordnen. Ohne Berücksichtigung von evtl. Fremdbestandteilen (z.B. Folien, Geotextilien, Beton etc.). Bindige Zwischenlagen wurden nicht erkundet, sind jedoch auch nicht auszuschließen.
- ²⁾ Bezogen auf die Gesamtmasse. Für den Fall lokal höherer Mengen an Steinen etc., z.B. an der Sohle der Dammschüttung, empfehlen sich zur Berücksichtigung in der Ausschreibung entsprechende Zulagepositionen. Der genaue Umfang von entsprechendem „Material“ ergibt sich erst im Zuge der Bauausführung.
- ³⁾ Abhängig vom Feinkornanteil.
- ⁴⁾ Bei Wasserzutritt und mechanischer bzw. dynamischer Beanspruchung, z.B. im Zuge des Baubetriebs, verschlechtern bindige Böden schnell ihre Konsistenz und bei Böden mit bindigem Charakter (höherer Feinkornanteil) besteht schnell eine „Aufweichgefährdung“. Derartige Böden sind auch entsprechend witterungsempfindlich.
- ⁵⁾ Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Böden dieses Homogenbereiches sind bei einer geplanten Wiederverwendung für qualifizierte bautechnische Zwecke rechtzeitig dem Verwendungszweck angepasste Eignungsprüfungen auszuführen. Hierzu sind Mieten anzulegen, wobei das Aushubmaterial, soweit baupraktisch überhaupt möglich, entsprechend zu separieren ist. Für allgemeine bautechnische Zwecke (kleinere Geländemodellierungen ohne besondere bautechnische Anforderungen etc.) ist das Material i.d.R. verwendbar. Dabei ist auch ⁶⁾ zu beachten.
- ⁶⁾ S. a. Abschn. 2.6.3. Aushubmaterial ist im Zuge der Bauarbeiten auf Halden zwischen zu lagern und mittels Haufwerksbeprobung für eine geregelte Entsorgung / Wiederverwertung klassifizieren zu lassen.

Homogenbereich B2

Dem Homogenbereich B2 werden die in den Bohrungen angetroffenen Lockerböden der quartären Sande mit lokal bindigen Zwischenlagen (Schluffe/Tone) nach Abschn. 2.3.2.4 zugeordnet. Inkludiert sind oberflächennah mögliche höhere Anteile an organischen Beimengungen. Eine weitere Differenzierung der einzelnen Böden dieses Bereiches, ist aus geotechnischer Sicht hier nicht sinnvoll möglich.

1	Bodengruppen (DIN 18196)	SE, SU, SU*, ST, ST*, UA, UM, UL, TA, TM, TL ¹⁾
2	Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09	3 ... 4 (5)
3	Konsistenz / Lagerungsdichte	steif ... halbfest / locker ... dicht
4	Anteile Steine / Blöcke	< 30 % / --
5	Frostempfindlichkeit n. ZTVE-StB	nicht ... sehr frostempfindlich ²⁾
6	Wasserdurchlässigkeit n. DIN 18130	stark ... sehr schwach durchlässig ²⁾
7	Witterungsempfindlichkeit / Aufweichgefährdung	gering ... hoch ³⁾
8	Wiederverwendbarkeit	mäßig ... gering ⁴⁾
9	Deklarationsanalyse	⁵⁾

¹⁾ Ohne Berücksichtigung evtl. höherer organischer Beimengungen im oberflächennahen Bodenbereich.

²⁾ Abhängig vom Feinkornanteil.

³⁾ Bei Wasserzutritt und mechanischer bzw. dynamischer Beanspruchung, z.B. im Zuge des Baubetriebs, verschlechtern bindige Böden schnell ihre Konsistenz und bei Böden mit bindigem Charakter (höherer Feinkornanteil) besteht schnell eine „Aufweichgefährdung“. Derartige Böden sind auch entsprechend witterungsempfindlich.

⁴⁾ Material aus Bereichen mit bindiger Ausprägung bzw. einem höheren Feinkornanteil und ggf. einem höheren organischen Anteil ist für qualifizierte bautechnische Zwecke aus geotechnischer Sicht i.d.R. nicht sinnvoll wiederverwendbar. In sandigen Bereichen sind, aufgrund der meist enggestuften Ausbildung und des sonst teils unterschiedlichen Feinkornanteils, bei einer geplanten Wiederverwendung für qualifizierte bautechnische Zwecke (Hinterfüllungen, Auffüllungen etc.) rechtzeitig dem Verwendungszweck angepasste entsprechende Eignungsprüfungen auszuführen. Hierzu sind Mieten anzulegen, wobei das Aushubmaterial, soweit baupraktisch möglich, entsprechend zu separieren ist. Grundsätzlich ist auch ⁵⁾ zu beachten.

⁵⁾ S.a. Abschn. 2.6.3. Aushubmaterial ist im Zuge der Bauarbeiten auf Halden zwischen zu lagern und mittels Haufwerksbeprobung für eine geregelte Entsorgung / Wiederverwertung klassifizieren zu lassen.

Homogenbereich B3

Dem Homogenbereich B3 werden die in den Bohrungen tonigen Verwitterungsböden des Opalinustons nach Abschn. 2.3.2.5 zugeordnet.

1	Bodengruppen (DIN 18196)	UA, UM, TA, TM, TL
2	Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09	4 ... 5

3	Konsistenz / Lagerungsdichte	weich ... halbfest / -
4	Anteile Steine / Blöcke	-- / --
5	Frostempfindlichkeit n. ZTVE-StB	mittel ... sehr frostempfindlich
6	Wasserdurchlässigkeit n. DIN 18130	schwach ... sehr schwach durchlässig
7	Witterungsempfindlichkeit / Aufweichgefährdung	mittel ... hoch
8	Wiederverwendbarkeit	gering ¹⁾
9	Deklarationsanalyse	²⁾

¹⁾ Diese bindigen Böden sind i.d.R. für übliche bautechnische Zwecke nicht geeignet.

²⁾ Aushubmaterial ist im Zuge der Bauarbeiten auf Halden zwischen zu lagern und mittels Haufwerksbeprobung für eine geregelte Entsorgung / Wiederverwertung klassifizieren zu lassen.

Homogenbereich X1

Dem Homogenbereich X1 werden die sehr mürben ... mürben Tonsteine nach Abschn. 2.3.2.6 sowie entsprechende Zonen im Homogenbereich B3 zugeordnet. Inkludiert sind auch eingeschaltete Kalksteinlagen.

1	Boden-/Felsklassen nach DIN 18300:2012-09	6 (7 ¹⁾)
2	Wasserdurchlässigkeit n. DIN 18130	durchlässig ... gering durchlässig // Kluftgrundwasserleiter
3	Einaxiale Druckfestigkeit	< 10 MN/m ² ... ≤ 80 ¹⁾
4	Trennflächen	meist klüftig ... stark klüftig
5	Abrasivität	extrem niedrig ... mittel ²⁾ ¹⁾
6	Deklarationsanalyse	-- ³⁾

¹⁾ Bei harten Kalksteinlagen

²⁾ erfahrungsgemäß

³⁾ Aushubmaterial ist im Zuge der Bauarbeiten auf Halden zwischenzulagern und mittels Haufwerksbeprobung für eine geregelte Entsorgung / Wiederverwertung klassifizieren zu lassen.

5 **BAUTECHNISCHE FOLGERUNGEN**

5.1 **Allgemeine Beurteilung des Untergrundes**

Grundsätzliche boden-/felsmechanische Eigenschaften des im Baubereich angetroffenen Untergrundes sind den Tabellen der Homogenbereiche des Abschnitts 4 zu entnehmen. Bezüglich der Tragfähigkeit gilt darüber hinaus Folgendes.

Das **vorhandene Dammbaumaterial** besteht an den Untersuchungsstellen meist aus Sanden, mit bindigen und kiesigen Beimengungen in variierenden Anteilen. Steinlagen sind lokal in Höhe der Dammaufstandsfläche als „Baugrundverbesserung“ nicht auszuschließen. Nach den Ergebnissen der ausgeführten Rammsondierungen sind die Sande meist mitteldicht ... dicht gelagert und besitzen damit an den Untersuchungsstellen eine gute Scherfestigkeit und geringere Zusammendrückbarkeit. In Böschungsbereichen sind jedoch auch nur locker gelagerte Bereiche möglich, die entsprechend geringer scherfest und höher zusammendrückbar sind.

Die **quartären Sande** und sonstige angetroffene **sandige Auffüllungen** sind locker ... dicht gelagert und somit gering ... gut scherfest und stärker ... geringer kompressibel. Demgegenüber sind die **bindigen Zwischenlagen** stärker zusammendrückbar und geringer scherfest.

Die angetroffenen halbfesten **Tone** bzw. **Ton-Tonstein-Gemenge** sowie der meist sehr mürbe - mürbe **Tonstein des Opalinustons** sind mäßig ... gut scherfest und mäßig zusammendrückbar. Eingeschaltete harte **Kalksteinlagen** sind demgegenüber gut ... sehr gut scherfest und gering bis sehr gering zusammendrückbar.

5.2 **Eignung von Aushubmaterial für den Wiedereinbau**

Bei dem betrachteten Streckenabschnitt sind wesentliche Einschnittsbereiche nur zu Beginn der Ausbaustrecke mit vermutlichen Einschnittstiefen von bis zu rd. 4 ... 5 m zu erwarten (s. Anlage 1/1). Lokal können sich vermutlich noch kleinere Einschnitte mit Einschnittstiefen von unter 3 m ergeben.

Ansonsten sind auf der „Verbreiterungsseite“ überwiegend Dammstrecken mit vermutlich kleineren Dammhöhen von geschätzt bis zu rd. 3 m zu erwarten.

Dammbereiche

Im Zuge eines lokal evtl. erforderlichen Bodenaustausch in der Dammaufstandsfläche des Verbreiterungsbereichs anfallende Aushubmassen dürften hier i.d.R. nicht für die Wiederverwendung bei qualifizierten Erdbaumaßnahmen geeignet sein. Eine Mutterbodenabdeckung des bestehenden Dammes kann nach der Dammverbreiterung i.d.R. für die Wiederandeckung verwendet werden, wobei ggf. Umweltauflagen zu beachten sind.

Einschnittsbereiche

Nach dem Ergebnis der Baugrunderkundung dürften in den Einschnittsbereichen, ggf. unterhalb von Mutterboden- oder Waldbodendeckschichten, meist sandige Böden, evtl. mit bindigen Zwischenlagen anfallen. Die Sande gehören vermutlich größtenteils zur Bodengruppe SE und besitzen im oberen Bereich in unterschiedlichem Umfang organische Beimengungen. Diese Böden sind aus geotechnischer Sicht hier meist nicht für die Wiederverwendung beim Dammbau geeignet.

Soll dennoch eine Wiederverwendung im qualifizierten Erdbau erfolgen, sind rechtzeitig vor Baubeginn entsprechende Eignungsprüfungen auszuführen. Dabei ist zu prüfen, inwieweit sich das Material ausreichend verdichten lässt und ob es im eingebauten Zustand eine den Anforderungen genügende Scherfestigkeit sowie eine ausreichend geringe Zusammendrückbarkeit aufweist. In diesem Zusammenhang sind dann auch die Einbaurandbedingungen (Verdichtungsgrad, Nachweise, Wässern etc.) festzulegen. Darüber hinaus gilt grundsätzlich Folgendes:

- Bindige Böden mit weicher oder schlechterer Konsistenz sind als Dammbaumaterial grundsätzlich ungeeignet.
- Bei fein- und gemischtkörnigen Böden mit zu hohem Wassergehalt ist z.B. eine Bodenverbesserung mittels hydraulischer Bindemitteln und bei zu niedrigem natürlichem Wassergehalt ist die Zugabe von Wasser angezeigt, um den Boden ausreichend einbaufähig zu machen.
- Bei gemischtkörnigen oder feinkörnigen Dammbaustoffen sind wegen der Witterungsempfindlichkeit, entsprechende Zusatzmaßnahmen wie z.B. Einbau mit Quergefälle oder Glattwalzen der Schüttfläche erforderlich. Auf die Witterungsempfindlichkeit der entsprechenden Böden wird noch einmal hingewiesen.
- Unverbessertes, feinkörniges Dammbaumaterial sollte grundsätzlich nur bei geringerer Dammhöhe und außerhalb des Einflussbereiches von Wasser (d.h. nicht in Überflutungsbereichen etc.) verwendet werden. Die geringere Scherfestigkeit, die größere Setzungsempfindlichkeit und ggf. auch das Zeitsetzungsverhalten sind bei diesen Böden zu beachten. Von einem Wiedereinbau feinkörniger Böden sollte daher, wenn möglich, abgesehen werden.

5.3 Verdichtungsanforderungen gemäß den ZTVE-StB 17

Gemäß den ZTVE-StB 17 werden die folgend tabellarisch aufgeführten Mindestanforderungen an den Verdichtungsgrad gestellt:

Grobkörnige Böden:

Bereich	Bodengruppen	D _{Pr} (%)
Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GW, GI, GE, SW, SI, SE	100

Gemischt- und feinkörnige Böden:

Bereich	Bodengruppen	D _{Pr} (%)
Planum bis 0,5 m Tiefe	GU, GT, SU, ST	100
	GU*, GT*, SU*, ST* U,T	97

Die in den ZTVE auch aufgeführten organischen Böden sind aus unserer Sicht nicht als Dammbaustoff zu verwenden !!!

Anmerkung:

Bei nicht bindigen ... schwach bindigen Böden mit $U \geq 3$ ist eine Proctordichte von rd. 100 % näherungsweise einer dichten Lagerung und eine Proctordichte von rd. 98 % näherungsweise einer mitteldichten Lagerung gleichzusetzen. Bei bindigen Böden bedeutet eine Proctordichte von rd. 100 % näherungsweise eine halbfeste und von etwa 97 % näherungsweise eine steife Konsistenz.

Es wird empfohlen, bindiges Bodenmaterial wegen der geringeren Scherfestigkeit und der höheren Kompressibilität hier nicht für einen Einbau zu verwenden. Auf die „schlechte Verdichtbarkeit“ von gleichförmigen Sanden (SE) und deren meist nur geringen Eignung wurde bereits hingewiesen.

5.4 Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus

Für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus wird nach der vorliegenden Erkundung davon ausgegangen, dass in Höhe des Dammquerschnitts bzw. des Erdplanums (nach dem Abschieben von Mutterboden / Waldboden etc.) überwiegend Boden der Frostempfindlichkeitsklassen F1 und ggf. auch F2 anstehen. Diese Annahme hinsichtlich der Frostempfindlichkeit beim

Dammbaustoff ist im Zuge der fortschreitenden Planung nochmals zu überprüfen!!! Weiter ist davon auszugehen, dass bei den gleichförmigen Sanden (SE) die geforderte Tragfähigkeit nicht nachgewiesen werden kann und somit eine gesonderte Tragschicht aus gebrochenem Material notwendig wird. Folgend wird daher bezüglich des Aufbaus von der Frostepfindlichkeitsklasse F2 ausgegangen.

Nach der Tabelle 6 der RStO-12 beträgt der Grundwert (Richtwert) der Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus 55 cm, bei Ansatz der Frostepfindlichkeitsklasse F2 und der Einstufung der Straße in die Belastungsklasse BK 32 (vom Planer nochmals zu überprüfen !!!). Entsprechend Tabelle 7 der RStO ergeben sich folgende Mehr- und Minderdicken:

Frosteinwirkungszone II:	+	5	cm	
Lage der Gradiente:	+	5	cm	Einschnitt / Anschnitt
	-	5	cm	Damm h > 2 m

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RStO ergibt sich dann zu 65 cm im Bereich von Einschnitten / Anschnitten und Gleichlagen bzw. zu 60 cm im Bereich von Dämmen mit $h > 2$ m.

5.5 Tragfähigkeit des Erdplanums

Vor dem Einbau von Trag- und Frostschutzschichten sind in Höhe der Erdplanums vorhandene Mutterböden, Waldböden, weiche und aufgeweichte Böden etc. grundsätzlich auszuheben und durch geeignetes Material zu ersetzen.

Auf einem frostepfindlichen Erdplanum wird ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert, um bei den Standardbauweisen der RStO den auf der OK Schottertragschicht geforderten E_{v2} -Wert nachweisen zu können. Bei einem evtl. bindigen Planum mit weicher ... halbfester Konsistenz ist der o.g. Verformungsmodul nicht erreichbar.

Bei einem hier meist zu erwartenden nicht frostepfindlichen sandigen Erdplanum aus SE-Böden ist jedoch ebenfalls nicht auszuschließen, dass sich der geforderte Verformungsmodul, auch nach erfolgter Nachverdichtung, nicht nachweisen lässt.

In den Bereichen, in denen die Gradienten in Höhe des derzeitigen Geländes liegt ist es dann notwendig, entsprechende Böden z.B. in Verbindung mit einer Erhöhung der Dicke der Trag- / Frostschutzschicht auszutauschen. Das Maß der erforderlichen Erhöhung dürfte hier vermutlich bei bis

zu etwa 20 ... 40 cm liegen. Eine genauere Aussage ist auf Basis des stichprobenartigen Charakters der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht möglich. Es empfiehlt sich daher vorab die Anlage von Probefeldern, um die notwendige Austauschstärke festlegen zu können.

5.6 Standicherheit der Straßenböschungen

5.6.1 Einschnittsböschungen

In den Einschnittsböschungen dürften im Wesentlichen die erkundeten, meist enggestuften Sande (SE) anstehen. Diese Sande sind geringer scherfest und höher erosionsempfindlich. Bei der Böschungshöhe von geschätzt bis rd. 5 m wird hier aus geotechnischer Sicht empfohlen, die planmäßige Böschungsneigung nicht steiler als 1 : 2,0 auszuführen (Grunderwerb), um eine grundsätzlich ausreichende Standicherheit zu erzielen. Dabei ist zu beachten, dass im Nahbereich der „Böschungsoberfläche“, insbesondere bei den ausgeprägt gleichförmigen SE-Böden etc., der rechnerische Ausnutzungsgrad ≥ 1 ist. Oberflächennah können bei ungünstigen Randbedingungen hier kleinere, schollenartige Abbrüche auftreten. Der Oberflächensicherung kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Die Böschungsoberflächen sind rechtzeitig „abzudecken“ und zu „begrünen“.

5.6.2 Dammböschungen

Das für den Dammbau (Verbreiterung) vorgesehene Material steht noch nicht fest. Evtl. sollen jedoch auch die in den Einschnitten anfallenden, meist enggestuften Sande (SE) sowie sonstige Sande mit variierendem Feinkornanteil wieder eingebaut werden.

Anmerkung: Auf die Problematik der Verdichtung enggestufter Sande wurde bereits mehrmals hingewiesen. Aus geotechnischer Sicht sollte hier Abstand von der Verwendung für den Dammbau genommen werden.

Im Abschnitt 5.2 wurden die Böschungshöhen der Dämme im Verbreiterungsbereich auf bis zu etwa 3 m abgeschätzt. Bei ausreichend scherfestem Dammbaumaterial ist daher die Ausführung einer Regelböschungsneigung unter 1 : 1,5 grundsätzlich machbar. Dies gilt nicht für die beschriebenen SE-Böden.

Weiter wird davon ausgegangen, dass im Zuge der Erdbaumaßnahmen lockere Bereiche in den Bestandsböschungen nachverdichtet oder aufgeweichte bindige Böschungsbereiche sowie entsprechende Bereiche in der Aufstandsebene ausgetauscht werden.

5.7 Setzungsverhalten der Dämme

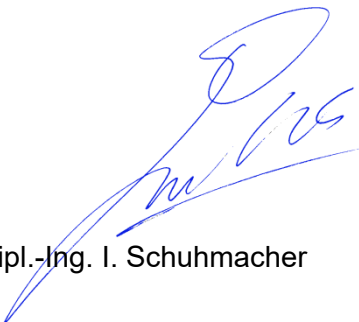
Bei den geplanten Dammverbreiterungen handelt es sich i.d.R. um Anschüttungen an die bestehenden Dammböschungen. Die maximalen Dammhöhen im Verbreiterungsbereich betragen geschätzt etwa 3 m, so dass sich bzgl. des Bestandsdamms nur eine relativ geringe Belastung ergibt. Die infolge der Anschüttung im Bestandsdamm zu erwartenden Setzungen sowie allgemein die Untergrundsetzungen werden auf eine Größenordnung $\leq 1,5$ cm geschätzt. In diesem Zusammenhang ist weiter davon auszugehen, dass bei den relativ geringen Dammhöhen und dem bis in größere Tiefen meist gut durchlässigen Untergrund keine wesentlichen Zeitsetzungseffekte auftreten.

5.8 Weitere Hinweise zu Erdbaumaßnahmen

Bei der Damm-/Einschnittsherstellung sind die einschlägigen Richtlinien und Empfehlungen und insbesondere die Angaben in den ZTVE-StB 17 zu beachten. Hierzu zählen vor allem folgende Punkte:

- Bei der Anschüttung an bestehende Dämme sind Stufen oder Abtreppungen anzulegen. Dabei sind locker gelagerte Bestandsböschungen intensiv nachzuverdichten. Bei wesentlichen bindigen Böden in den Bestandsböschungen sind ggf. zusätzliche Austauschmaßnahmen auszuführen, um eine ausreichende Standsicherheit zu gewährleisten. Genauere Angaben hierzu sind jedoch erst im Zuge der Baumaßnahmen möglich. Für die neuen Dammanschüttungen wird in diesem Zusammenhang nochmals darauf hingewiesen, dass zur Erreichung einer ausreichenden Standsicherheit ein entsprechend scherfestes Material zu verwenden ist.
- Bei Neigungen in der Dammaufstandsfläche von mehr als 1 : 5 sind Abtreppungen vorzusehen.
- Bindige bzw. feinkörnige Böden mit weicher oder schlechterer Konsistenz, und in besonderer Weise organische Böden, in Höhe bzw. im Nahbereich der Gründungssohle von Dämmen sind als Dammauflager generell ungeeignet und zur Gewährleistung der Böschungs- und Spreizsicherheit gegen nicht bis schwach bindiges, gut verdichtungsfähiges Material (z.B. gut kornabgestufter Schotter) bis in eine ausreichende Tiefe auszutauschen. Genauere Angaben hierzu sind ebenfalls erst im Zuge der Baumaßnahmen möglich.
- Vor dem Aufbau von Straßendämmen sind grundsätzlich Mutterböden, Waldböden, weiche und aufgeweichte Böden etc. in Höhe der Aufstandsebenen auszuheben und durch geeignetes Material zu ersetzen. Austauschmaßnahmen sind nach den ausgeführten Aufschlüssen in ungünstigen Bereichen in einer Größenordnung bis etwa 40 cm zu erwarten.

- Bei der Ausführung eines Bodenaustausches kann es lokal sinnvoll sein, abhängig vom anstehenden Boden, in Höhe der Aushubsohle eine Grobschotterlage zur Stabilisierung einzudrücken. Verbleibende Hohlräume sind einzusanden. Auf eine ausreichend filterstabile Ausbildung der jeweils angrenzenden Schichten ist zu achten. Ggf. ist zur Trennung ein entsprechendes Geotextil einzulegen. Das genaue Maß bzw. die genauen erforderlichen Austausch Tiefen sind zusammen mit dem Bodengutachter vor Ort festzulegen.
- Bei Dämmen im Bereich hoher Grundwasserstände oder in Überschwemmungsbereichen ist, eine kapillarwasserbrechende Sohlschicht vorzusehen. Zudem ist die Filterstabilität zwischen anstehendem Boden und Dammbaumaterial zu gewährleisten und es ist bei Dämmen, die im Ufer- oder im Überschwemmungsbereich von Bächen liegen, ggf. eine Fußbefestigung, z.B. mittels Steinwurf etc., zur Erosionssicherung auszuführen.
- In Bereichen mit hohen Grundwasserständen sind zur Durchführung eines Bodenaustauschs evtl. auch Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig. Die dürfte hier jedoch nur in geringem Umfang vorkommen. Genauere Angaben sind jedoch erst im Zuge einer fortgeschrittenen Planung möglich.
- Vor Beginn der Dammschüttungen sind Probefelder anzulegen, um zu überprüfen, ob die Anforderungen an das Dammbaumaterial mit den gewählten Arbeitsverfahren und dem vorgesehenen Schüttmaterial erreicht werden können. Bei Verdichtungskontrollen mittels Plattendruckversuchen kann z.B. für grobkörniges, gut kornabgestuftes sandiges Einbaumaterial bei $D_{pr} \geq 1$ als Anhaltswert ein Verformungsmodul E_{v2} -Wert in der Größenordnung von $\geq 70 \dots 90 \text{ MN/m}^2$ gefordert werden. Im Einflussbereich der Verkehrsbeanspruchung (Tragschicht/Frostschuttschicht) gelten höhere Anforderungen.
- Grundsätzlich ist ein möglichst homogener Dammaufbau anzustreben.
- Bei den jeweiligen Böschungsoberflächen ist auf einen ausreichenden Erosions- und Witterungsschutz zu achten.
- Der Bodengutachter ist generell zur Abnahme von Aufstandsflächen und geotechnischen Fachaufnahme von Einschnittsböschungen heranzuziehen.



Dipl.-Ing. I. Schuhmacher