



**B 178n – Verlegung BAB A 4 bis Bundesgrenze D/PL
Bauabschnitt 3.3 S 128 (Niederoderwitz) bis B 178alt (Oberseifersdorf)**

**Baugrundgutachten für die Verkehrsanlage – Variante 2
(Zwischenbericht)**

IFG-Projekt-Nr.: 147-11-11 B

Auftraggeber: Landesamt für Straßenbau und Verkehr
NL Bautzen
Käthe-Kollwitz-Straße 17
02625 Bautzen
Telefon: 03591 / 684-0
Fax: 03591 / 684-125

Objektplanung: Ingenieurbüro K. Langenbach GmbH
Alemannenstraße 15A
01309 Dresden
Telefon: 0351 / 31541-0
Fax: 0351 / 31541-66

Verfasser: IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH
Purschitzer Straße 13
02625 Bautzen
Telefon: 03591 / 6771-30
Fax: 03591 / 6771-40

Bautzen, 29.06.2012

.....
Dipl.-Ing. (FH) Sascha Hunold
Projektbearbeiter

.....
Dipl.-Ing. Arnd Böhmer
Geschäftsführer



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
TABELLENVERZEICHNIS	4
ANLAGENVERZEICHNIS.....	5
0. Zusammenfassung.....	6
1. Veranlassung, Unterlagen, Bauvorhaben	9
1.1 Veranlassung	9
1.2 Unterlagen	10
1.3 Das Bauvorhaben	11
2. Der Baugrund	11
2.1 Allgemeine Baugrundverhältnisse	11
2.1.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs	11
2.1.2 Geologischer und hydrogeologischer Überblick.....	12
2.2 Erkundete Baugrundverhältnisse.....	13
2.2.1 Untersuchungsumfang	13
2.2.2 Gliederung Baugrundsichten	13
2.2.3 Schichtverlauf	14
2.2.3.1 km 16+200...17+500	14
2.2.3.2 km 17+550 bis 19+650.....	14
2.2.3.3 km 19+650 bis 20+900.....	15
2.2.3.4 km 20+900 bis Bauende	16
2.3 Straßenbestand Ausbaustrecken	17
2.4 Bodenmechanische Labor- und Feldversuche.....	17
2.4.1 Natürlicher Wassergehalt - Tragfähigkeit des Erdplanums	17
2.4.2 Atterberg'sche Konsistenzgrenzen - Verformungsverhalten des Erdplanums	18
2.4.3 Körnungskurven.....	19
2.5 Bodenmechanische Kennwerte und Bodenklassen	21
3. Erdstatische Nachweise	23
3.1 Verformungen des Straßendamms.....	23
3.2 Standsicherheit von Einschnittböschungen	24

4.	Bautechnische Empfehlungen für den Straßenentwurf	25
4.1	Einschnitte	25
4.1.1	Lösbarkeit der Aushubmassen	25
4.1.2	Einbau der Abtragsmassen im Straßendamm	25
4.1.3	Böschungsneigungen und -sicherungen.....	26
4.1.4	Entwässerungsmaßnahmen.....	26
4.1.4.1	Planumsentwässerung	26
4.1.4.2	Versickerungsmöglichkeiten für Oberflächenwasser.....	27
4.1.5	Frostschutz	28
4.1.6	Herstellung Planum.....	28
4.2	Dammstrecken.....	29
4.2.1	Tragfähigkeit des Dammuntergrundes.....	29
4.2.2	Böschungsneigung Dammbauwerke	29
4.2.3	Herstellung des Dammkörpers	30
4.2.4	Versickerungskapazität der Straßendamböschungen.....	30
4.3	Gründung Ingenieurbauwerke	31
5.	Schadstoffuntersuchungen Straßenbestand.....	31
6.	Sonstige Hinweise	32

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1 Übersicht Baugrundverhältnisse	6
Tabelle 2 Böschungsneigungen der Einschnitte und Dämme	7
Tabelle 3 Wassergehalt anstehender bindiger Böden	17
Tabelle 4 Richtwerte E_{v2}	18
Tabelle 5 Zustandsform der bindigen Böden /5/	19
Tabelle 6 Kornzusammensetzung der rolligen Böden	20
Tabelle 7 Bodenmechanische Kennwerte	21
Tabelle 8 Bodenklassen	22
Tabelle 9 Berechnungsstationen Dammsetzung	23
Tabelle 10 Standsicherheit Einschnittböschungen	24
Tabelle 11 Versickerung von Oberflächenwasser in Randgräben / Rigolen	27
Tabelle 12 Böschungsversickerung Einschnitte gemäß RAS-Ew	27
Tabelle 13 Böschungsversickerung Dammstrecken gemäß RAS-Ew	30
Tabelle 14 Übersicht prinzipielle Gründungslösung Brückenbauwerke	31

ANLAGENVERZEICHNIS

Blattzahl

Anlage 1 Übersichtskarte (M 1 : 25.000)	1
Anlage 2 Lage- und Bohrpläne	
Anlage 2.1 Lagepläne (M 1 : 2.500) mit Darstellung der Aufschlusspunkte	1
Anlage 2.2 Tabelle Aufschlusspunkte 2003	1
Anlage 2.3 Tabelle Aufschlusspunkte 2012	1
Anlage 3 Schichtenverzeichnisse Baugrundaufschlüsse gemäß DIN 4022	72
Anlage 4 Zeichnerische Darstellung der Baugrundaufschlüsse und Felduntersuchungen	59
Anlage 5 Baugrundprofilschnitte	9
Anlage 6 Geotechnisches Bewertungsband	1
Anlage 7 Laboruntersuchungen Baugrund	
Anlage 7.1 Korngrößenverteilung	18
Anlage 7.2 Proctorversuche	1
Anlage 7.3 Wassergehalt	13
Anlage 8 Schadstoffuntersuchungen	
Anlage 8.1 Schadstoffuntersuchung Asphalt	wird nachgereicht
Anlage 8.2 Schadstoffuntersuchung Tragschicht Baugrund	wird nachgereicht
Anlage 9 Geotechnische Berechnungen	
Anlage 9.1 Setzungsberechnung Straßendamm	2
Anlage 9.2 Standsicherheit Einschnittböschungen	5

0. Zusammenfassung

Der überwiegende Teil der Trasse verläuft über Acker- und Grünflächen, welche einen Mutterbodenhorizont von durchschnittlich $d = 40$ cm aufweisen. Unterhalb dieser Oberflächenbedeckungen steht der in Tabelle 1 angegebene Baugrund an.

Tabelle 1 Übersicht Baugrundverhältnisse

Abschnitt	Baugrund	Grundwasser
16+350...17+400	Bindige Deckschicht aus Löß- und Geschiebelehm (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*) über Sandhorizont (SE-SU)	lokal Schichtwasser ab 4,0 m Tiefe
17+400...17+900	Geschiebelehm (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*) über Basalt bzw. dessen Verwitterungszone (in Lehm eingelagerte Gesteinsblöcke) Festgestein teilweise bereits ab 1,50 m	lokal Schichtwasser ab 4,0 m Tiefe
17+900...19+000	Lößlehm (UL), steif bis halbfest über Geschiebelehm (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*)	lokal Schichtwasser ab 2,0 m Tiefe
19+000...19+500	Löß- und Geschiebelehm (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*) über Basalt bzw. dessen Verwitterungszone (in Lehm eingelagerte Gesteinsblöcke) Festgestein teilweise bereits ab 2,50 m	kein Wasser
19+500...19+800	Lößlehm (UL), steif bis halbfest über Geschiebelehm (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*)	lokal Schichtwasser ab 3,0 m Tiefe
19+800...20+900	Bindige Deckschicht aus Löß- und Geschiebelehm (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*) über Sandhorizont (SE-SU bzw. SU-SU*)	Grundwasser bei 4...7 m unter GOK (i. M. 6,0 m unter GOK)
20+900...Bauende	Lößlehm (UL), steif bis halbfest über Geschiebelehm (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*) in Krebsbachaue Auffüllungen /Auelehm	Stau- und Schichtwasser teilweise bereits ab 1,0...2,0 m unter GOK

Aus den abgeteufte Aufschlüssen lässt sich folgende Einteilung der in den Einschnitten zu lösenden Massen bezüglich ihrer Bodenklassen (ohne Mutterboden) abschätzen:

- Bodenklasse 3: ca. 35 %
- Bodenklasse 4: ca. 40 %
- Bodenklasse 5: ca. 15 %
- Bodenklasse 6: ca. 5 %
- Bodenklasse 7: ca. 5 %

Um die Wiedereinbaufähigkeit der Aushubmassen im Straßendamm zu gewährleisten, ist für ca. 55 % des anfallenden Erdaushubes eine Bodenverbesserung mit 3...4 % Bindemittel einzuplanen.

Ca. 35 % des anfallenden Aushubs können ohne Zusatzmaßnahmen zum Dammbau verwendet werden, wenn die Böschungsneigung des Straßendamms nicht steiler als 1 : 2,0 ist. Für die Errichtung steilerer Dämme mit diesem Erdstoff wäre angesichts dessen Erosionsempfindlichkeit eine Stabilisierung mit 2 % Zement erforderlich.

Für ca. 10 % der Abtragsmassen (Basaltblöcke) ist eine Aufbereitung (Brechen auf <20 cm Kantenlänge) zum Wiedereinbau notwendig.

Für die zu errichtenden Einschnitte und Dämme sind folgende Böschungsneigungen anzusetzen:

Tabelle 2 Böschungsneigungen der Einschnitte und Dämme

Station	Gradiente	Böschungs- neigung	Bemerkung
BA...16+800	Einschnitt	1 : 2,0	
16+800...17+550	Damm	1 : 1,5	Annahme: Massen aus 17+550...18+470
17+550...18+470	Einschnitt	1 : 2,0	
18+470...19+650	Damm	1 : 1,5	Annahme: Massen aus 19+650...20+900 1:1,5 nur bei Zementstabilisierung möglich
19+650...20+900	Einschnitt	1 : 2,0	
20+900...21+500	Damm	1 : 1,5	Annahme: Massen aus 21+500...BE
21+500...BE	Einschnitt	1 : 2,0	

Bemerkung:

Bei der Wahl des Dammbaustoffs wurde davon ausgegangen, dass Aushubmassen aus dem jeweils angegebenen Einschnitt eingesetzt werden. Bei Einsatz anderer Erdmassen können sich Veränderungen ergeben.

Für die Ermittlung des frostsicheren Oberbaues gelten nach RStO 01:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| • Frosteinwirkungszone III | gesamte Strecke |
| • Frostempfindlichkeitsklasse F 3 | gesamte Strecke |
| • günstige Grundwasserverhältnisse | 16+200...17+550
18+470...19+900
20+900...21+500 |
| • ungünstige Grundwasserverhältnisse | 17+550...18+470
19+900...20+900
21+500...Bauende. |

In folgenden Einschnitten bzw. geländegleichen Abschnitten ist infolge zu geringer bzw. inhomogener Tragfähigkeit des im Planum anstehenden Baugrunds eine Planumsverbesserung mit den genannten Maßnahmen vorzusehen:

- BA...16+350 30 cm Bodenverbesserung mit 3...4 % Bindemittel
- 17+550...18+470 50 cm Planumssickerschicht
- 19+650...19+900 30 cm Bodenverbesserung mit 3...4 % Bindemittel
- 19+900...20+900 50 cm Planumssickerschicht
- 21+500...BE 100 cm Planumssickerschicht.

In folgenden Einschnitten lassen die Baugrundverhältnisse die Versickerung von Oberflächenwasser zu, so dass eine Versickerung in Randgräben oder Rigolen möglich ist:

- 16+350...16+800 ab Gradiente
- 16+800...17+550 ab 1,5...2,0 m unter GOK
- 19+900...20+900 ab Gradiente.

In Abschnitten 17+550...18+470 sowie 21+500...Bauende ist aufgrund des in den Böschungen auftretenden Schichtwassers das Anlegen einer Auflastsickerschicht (z.B. aus Grobschlag 50/150) mit einer Stärke von mindestens 50 cm erforderlich.

Eine Vorentwässerung ist im Abschnitt 17+550 bis 18+470 sowie im Abschnitt 21+500 bis Bauende notwendig, da sonst keine Befahrbarkeit des Baufelds gegeben ist. Zusätzlich sollten in diesen Abschnitten Längssickerleitungen (DN 200) zur Ableitung des auftretenden Schichtwassers eingeplant werden.

Im Abschnitt 19+900 bis 20+900 sind infolge temporär aufsteigenden Grundwassers zusätzliche Längssickerleitungen (>DN 300) zur Planumsentwässerung nötig, welche gleichzeitig als Sickerrigole genutzt werden können. Der Kanalbau ist in diesem Abschnitt nur im Schutze einer geschlossenen Wasserhaltung möglich.

Für die Dammstrecken

- 16+800...17+550
- 18+470...19+650
- 20+900...21+500

wird eine Verbesserung der Dammauflager mit 2 % Kalk empfohlen. Weitere Sondermaßnahmen, wie beispielsweise ein Überschütten des Dammes, sind nicht erforderlich.

Bei der Herstellung der Dammbauwerke wird in Abhängigkeit vom eingesetzten Abtragsmaterial eine Bodenverbesserung erforderlich. Zur Herstellung eines hinreichend homogenen, tragfähigen Planums sollte das Planum aller Dammstrecken durchgängig mit 3...4 % Bindemittel verbessert werden (d = 30 cm).

1. Veranlassung, Unterlagen, Bauvorhaben

1.1 Veranlassung

Die B 178n soll im Bauabschnitt 3.3 zwischen der S 128 (Niederoderwitz) und der B 178alt (Oberseifersdorf) neu gebaut werden. Im Rahmen der Planfeststellung wurde die Vorzugswürdigkeit der ursprünglich favorisierten Variante 1 in Frage gestellt und vertiefende Planungen für die Variante 2 begonnen.

Baugrunduntersuchungen erfolgten bisher nur für die Variante 1. Zur Durchführung eines vertiefenden Variantenvergleichs beider Trassenverläufe ist ein Baugrundgutachten mit gleicher Untersuchungstiefe für die Variante 2 erforderlich.

Die IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH wurde durch das Landesamt für Straßenbau und Verkehr (LASuV), NL Bautzen mit dieser Leistung beauftragt.

Zur Klärung der Baugrundverhältnisse erfolgten zunächst umfangreiche Recherchen vorhandener Unterlagen. In Auswertung dieser Kenntnisse sowie unter Berücksichtigung bereits vorliegender Aufschlüsse von Variante 1 wurde ein Aufschlussprogramm zur Baugrundbeurteilung für Variante 2 aufgestellt.

Es erfolgten durch IFG im Zeitraum Januar bis März 2012 insgesamt 40 zusätzliche Rammkernsondierungen (RKS) entlang der Achse von Variante 2. An ausgewählten Proben des in den Aufschlüssen gewonnenen Bohrguts erfolgten geotechnische Laboruntersuchungen sowie Schadstoffuntersuchungen.

In Auswertung der Erkundungsergebnisse macht sich speziell zwischen 19+800 bis 20+800 die Errichtung von Grundwassermessstellen (GWM) erforderlich. Die GWM können erst nach Aberntung der Felder errichtet werden. Der vorliegende Zwischenbericht kann diese Daten daher noch nicht berücksichtigen. Der zugehörige Schlussbericht wird nach erfolgter Grundwasserbeobachtung aufgestellt.

Durch das vorliegende Baugrundgutachten können die Untergrundverhältnisse entlang des geplanten Streckenverlaufes beschrieben und klassifiziert werden. Darauf aufbauend, werden Vorschläge und Hinweise zur Planung der im Zuge der Baumaßnahme durchzuführenden Tiefbau- bzw. Erdbauarbeiten gegeben. Im Einzelnen dienen die Arbeiten zur Erkundung des Baugrundes der Klärung nachfolgender Schwerpunkte:

- Geologische, geotechnische und Baugrundverhältnisse
- Hydrogeologische Verhältnisse
- Boden- und Felsklassifizierung (DIN 4022, DIN 18196, DIN 18300)
- Tragfähigkeit des Erdplanums
- Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94
- Wiedereinbaufähigkeit von Aushubmassen
- Böschungsneigungen in Einschnitten und Dämmen
- Setzungsverhalten des Straßendamms
- Baugrundentwässerungsmaßnahmen
- Versickerung von Oberflächenwasser
- Verwendbarkeit von Straßenaufbruch
- Altlastensituation.

1.2 Unterlagen

Folgende Unterlagen standen bei der Bearbeitung zur Verfügung:

Geotechnisches Kartenmaterial

- /1/ Topographische Karte, M 1:25.000, Blatt 5054 (Zittau-Nord), Landesvermessungsamt Sachsen, 1993
- /2/ Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete, M 1:50.000, Blatt Zittau, Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen, 1998/99
- /3/ Lithofazieskarte Quartär M 1:50.000, Blatt Zittau, Zentrales Geologisches Institut Berlin, 1983/85
- /4/ Geologie von Sachsen, Kurt Pietzsch, Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1962.

Vorhandene Baugrundgutachten

- /5/ B 178n Bauabschnitt 3.3, Verlegung S 128 (Niederoderwitz) bis B 178alt (Oberseifersdorf)– Baugrunduntersuchung für die Entwurfsplanung (Streckenplanung). IFG Bautzen, 11.08.2003
- /6/ B 178n Bauabschnitt 3.3, Verlegung S 128 (Niederoderwitz) bis B 178alt (Oberseifersdorf)– Baugrundgutachten für BW 4Ü, BW 4.1, BW 5 und BW 5.1, IFG Bautzen, 20.01. bis 09.03.2012

Planungsunterlagen zum Projekt

- /7/ Planung Verkehrsanlage Variante 2 digital (Lage- und Höhenplan), IB Langenbach, Stand 03/2012

Sonstige Unterlagen

- /8/ Absteckwerte Baugrundaufschlüsse (Koordinaten, Geländehöhe), Vermessungsbüro Pfitzner Bautzen, 26.01.2012.

1.3 Das Bauvorhaben

Die Planung für die B 178n – BA 3.3 beginnt an der planfestgestellten und im Bau befindlichen Anschlussstelle mit der S 128 bei Niederoderwitz. Das Bauende befindet sich an der bereits hergestellten Nordumgehung Zittau am Knotenpunkt B 178alt / S 132 südlich von Oberseifersdorf.

Im Zuge des Linienbestimmungsverfahrens wurden für diesen Abschnitt zwei Neubauvarianten untersucht und die Variante 1 als Vorzugsvariante bestätigt. Entscheidungsrelevant waren dabei insbesondere die ökologischen Aspekte, da alle weiteren Entscheidungskriterien nahezu ausgeglichen waren. Das Planfeststellungsverfahren für die Variante 1 läuft derzeit.

Im Anhörungsverfahren wurde die Vorzugswürdigkeit von Variante 1 von zahlreichen Einwänden in Frage gestellt. Um diese Einwände fachlich exakt bewerten und prüfen zu können, ist eine vertiefende Planung der Variante 2 in Entwurfsqualität erforderlich.

Die Achse von Variante 2 weist eine Gesamtlänge von 6,0 km auf (16+200...22+200). Bis ca. 17+400 verlaufen die Varianten 1 und 2 annähernd identisch. Anschließend schwenkt die Variante 2 nach Osten und umgeht den Pferdeberg nordöstlich. Ab ca. 19+500 verläuft Variante 2 parallel zur B 178alt nach Süden bis sie bei ~21+500 wieder auf Variante 1 trifft. Bis zum Bauende sind die Varianten 1 und 2 wieder identisch im Verlauf.

Die Gradienten der Variante 2 verläuft sowohl in Dammlage als auch im Einschnitt. Im Einzelnen lässt sich der prinzipielle Verlauf der Gradienten wie folgt gliedern:

km 16+200...16+800	Einschnitt bis t = 2,5 m
km 16+800...17+550	Dammlage bis h = 7,0 m
km 17+550...18+470	Einschnitt bis t = 6,0 m
km 18+470...19+650	Dammlage bis h = 4,5 m
km 19+650...20+900	Einschnitt bis t = 5,0 m
km 20+900...21+500	Dammlage bis h = 2,0 m
km 21+500...22+200	Einschnitt bis t = 4,0 m.

2. Der Baugrund

2.1 Allgemeine Baugrundverhältnisse

2.1.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs

Das umgebende Gelände der geplanten Trasse zwischen Niederoderwitz, Oberherwigsdorf und Oberseifersdorf ist wellig und hügelig. Die höchsten Erhebungen im Untersuchungsbereich bilden das Königsholz (469 m), der Hutberg und der Pferdeberg (jeweils 405 m). Das Gelände entlang der Straßenachse steigt von der S 128 (330 m) bis zum Hochpunkt zwischen Königsholz und Kohlge auf 360 m an und fällt in Richtung Zittau wieder bis auf 300 m ab.

Im unmittelbaren Trassenbereich ist keine Bebauung vorhanden. Im Bereich Oberseifersdorf nähert sich die Trasse der Ortslage bis auf ca. 200 m.

Der überwiegende Teil der Neubaustrecke verläuft über landwirtschaftlich genutzte Flächen. Zwischen Königsholz und Kohlge quert die Trasse auf ca. 50 m Länge eine Aufforstungsfläche mit sehr dichtem Baumbestand.

Lockerer Baum- und Strauchwuchs ist in Randlage der vorhandenen Straßen und Wirtschaftswege vorhanden.

2.1.2 Geologischer und hydrogeologischer Überblick

Die Erhebungen zwischen Niederoderwitz und Oberseifersdorf bestehen aus basaltoiden Gesteinen (Basalt und Tuff) oder Phonolith, welche an Königsholz, Birkberg, Geiersberg, Hutberg und Pferdeberg bis unmittelbar an die Geländeoberfläche reichen. Diese Gesteine sind meist ausgesprochen feinkörnig. Speziell die Tuffe sind stark verwitterungsanfällig, so dass mit z.T. sehr mächtigen Verwitterungshorizonten aus Schluff und Ton zu rechnen ist.

Die vulkanischen Gesteine bzw. deren Verwitterungshorizont sind außerhalb der genannten Kuppen mit pleistozänen Sedimenten der Elster-Kaltzeiten bedeckt, welche Gesamtmächtigkeiten von über 40 m aufweisen können. Folgender prinzipieller Schichtverlauf (von oben nach unten) ist dabei bekannt:

- Sand und Kies, glazifluviatil (Nachschüttbildung Elster2-Kaltzeit)
- Grundmoräne (Elster2-Kaltzeit)
- Feinsand, Schluff, Ton, glazilimnisch (Elster1-Kaltzeit)
- Sand und Kies, glazifluviatil (Elster1-Kaltzeit)
- Grundmoräne (Elster1-Kaltzeit).

Das nördliche und südliche Ende des Trassenabschnitts befinden sich im Bereich von tertiären Ablagerungen des Zittauer Beckens. Hier lagert unter den quartären Sedimenten Braunkohle im Wechsel mit Kohleton bzw. -schluff sowie sandig-kiesigen Zwischenlinsen.

Fast der gesamte Untersuchungsbereich wird an der Geländeoberfläche durch weichselkaltzeitlichen Lößlehm bedeckt, welcher 1...4 m mächtig ist. Lediglich an o.g. Bergkuppen sowie in Auebereichen ist die Lößlehmdecke unterbrochen.

Holozäne Sedimente (Auelehm, Bachkies bzw. -sand) sind in den Auebereichen von Neufeldenwasser und Krebsbach bekannt. Die Auesedimente sind dabei z.T. erheblich weiträumiger verbreitet als in der Örtlichkeit erkennbar, da diese Gewässer bei Meliorationsarbeiten verrohrt worden sind.

Eine Grundwasserführung ist hauptsächlich in den Schmelzwassersanden möglich. Die glazilimnischen Sedimente, die Grundmoräne und der Lößlehm sind prinzipiell als Grundwasserstauer bzw. –geringleiter zu werten. Die basaltoiden Gesteine bzw. deren Zersatzprodukte im Bereich des Pferdeberges und dessen umliegender Kuppen gelten aufgrund ihrer feinkörnigen Struktur ebenfalls als Grundwasserstauer. Infolge differenziert ausgebildeter Verwitterungsprodukte (Wechsel von bindigem und rolligem Erdstoff) sind in den basaltoiden Gesteinen jedoch isolierte Grundwasservorkommen (Schichtwasser) möglich.

Mit flurnahem Grundwasser ist im Bereich der Auen von Neufeldenwasser und Krebsbach zu rechnen.

2.2 Erkundete Baugrundverhältnisse

2.2.1 Untersuchungsumfang

Der Regelabstand der Aufschlüsse entlang der Hauptstrecke beträgt in Abhängigkeit von zu erwartendem Baugrund und Gradientenlage durchschnittlich 100 m. Die geplante Endteufe der Aufschlüsse richtete sich nach der Lage der entsprechenden Station im Höhenplan.

Als Kriterium zur Bestimmung der Aufschlusstiefen wurden festgelegt:

- Damm bzw. Einschnitt < 1 m Aufschlusstiefe = 5 m unter GOK
- Einschnitt > 1 m Aufschlusstiefe = 4 m unter Gradienten
- Bauwerksstandorte Aufschlusstiefe = 10 m unter GOK.

Alle insgesamt 40 Aufschlüsse für Variante 2 erfolgten als Rammkernsondierungen (RKS).

Die Soll-Koordinaten der Aufschlusspunkte wurden durch IFG aus der Entwurfsvermessung bzw. Straßenplanung ermittelt. Durch das Vermessungsbüro Pfitzner aus Bautzen erfolgten anhand dieser Koordinaten die lagemäßige Markierung der Aufschlusspunkte im Gelände sowie die Ermittlung der geodätischen Ist-Höhe. Verschobene Aufschlusspunkte wurden nach Bohrende eingemessen. Lage (GK RD 83) und Höhe (DHHN 92) aller Aufschlüsse sind in Anlage 2.3 dokumentiert.

Die Aufschlusspunkte liegen bereichsweise nicht unmittelbar auf der Trasse, da nach Bohrende noch Optimierungen der Achse erfolgten. Die Aussagefähigkeit der vorliegenden Aufschlüsse ist für das derzeitige Planungsstadium aber ausreichend.

Zur Bewertung der Baugrundverhältnisse konnten zudem Aufschlüsse aus bereits vorliegenden Baugrunduntersuchungen /5/, /6/ Verwendung finden.

2.2.2 Gliederung Baugrundsichten

Der überwiegende Teil der Trasse verläuft über Acker-, Grün- und Waldflächen, welche einen Mutterbodenhorizont (Schicht 1) von durchschnittlich d = 40 cm aufweisen. Unterhalb dieser Oberflächenbedeckung wurden folgende Horizonte erkundet:

- Schicht 2: Auelehm (UL, TL, TM)
- Schicht 3: Bachsand und -kies (SU, SU*, GU, GU*)
- Schicht 4: Lößlehm (UL)
- Schicht 5: Gehängelehm und Hangschutt (UL, SU*, GU*, GX)
- Schicht 6a: Sand, schwach schluffig (SE, SU)
- Schicht 6b: Feinsand bis Grobschluff; lokal Sand, stark schluffig (SU, SU*, UL)
- Schicht 7: Geschiebelehm und -mergel (UL, UM, TL, SU*, ST*)
- Schicht 8: Tuffersatz, tonig und schluffig (TA, UA)
- Schicht 9: Basalt bzw. dessen Verwitterungszone (Zv, GX, GU*)

Die angegebene Schichtgliederung entspricht den Angaben in /5/ und /6/, wodurch eine einheitliche Baugrundbeschreibung für alle vorliegenden Untersuchungen ermöglicht wird.

2.2.3 Schichtverlauf

2.2.3.1 km 16+200...17+500

Das Gelände verläuft in diesem Abschnitt schwach wellig und fällt vom Bauanfang bis zum Neufeldenwasser auf ca. 1.300 m Länge um ca. 10 m ab. Am Bauanfang bis ca. 16+800 ist ein bis zu 3 m tiefer Einschnitt vorgesehen. Bei 16+800 geht die Gradientenlinie in Dammlage über.

Der Mutterbodenhorizont (Schicht 1) ist durchschnittlich 40 cm mächtig. Darunter lagert Lößlehm (Schicht 4), welcher in diesem Abschnitt jedoch nur eine relativ geringe Mächtigkeit aufweist. Der Lößlehm ist gemäß DIN 18196 als leichtplastischer Schluff (UL) zu klassifizieren, welcher in steifer bis halbfester Konsistenz angetroffen wurde.

Unter dem Lößlehm lagert meist sandiger Baugrund (Schicht 6a). Speziell zwischen 16+500 und 16+800 sowie zwischen 17+000 und 17+400 reicht der Sand fast bis an die Oberfläche und beginnt bereits bei durchschnittlich 1,0 m unter GOK. Der anstehende Sand weist eine enggestufte Kornverteilung (SE) auf, meist sind Mittel- und Grobsand die dominierenden Kornfraktionen. Schluffige Beimengungen sind in wechselndem Umfang vorhanden, ihr Anteil schwankt um 5 M-% (SE-SU). In Abschätzung aus dem Eindringwiderstand der Rammkernsonde ist der in diesem Abschnitt anstehende sandige Baugrund als locker bis mitteldicht gelagert zu werten.

Zwischen 16+200 und 16+350 sowie 16+750 und 16+900 wird der Sandhorizont von jüngerem Geschiebelehm (Schicht 7) überlagert. In BP 02 ($t = 5,0$ m) und BP 08 ($t = 3,0$ m) ist der Geschiebelehm so mächtig ausgeprägt, dass der Sandhorizont bis zur jeweiligen Endteufe nicht erreicht wurde. Der Geschiebelehm besteht überwiegend aus Schluff und Ton mit wechselndem Sandgehalt (UL, TL, SU*) in steifer bis halbfester Konsistenz. Mit dem Auftreten von Steinen und einzelnen Blöcken ist im Geschiebelehm genetisch bedingt unabhängig vom Bohrerergebnis immer zu rechnen.

Grundwasser wurde in diesem Trassenabschnitt nur am Bauanfang (BP 01) bei 4,90 m unter GOK (331,5 m) angeschnitten. Das Grundwasser ist unter dem darüber lagernden Geschiebelehm leicht gespannt, nach Bohrende wurde der Ruhewasserstand bei 3,90 m unter GOK festgestellt.

2.2.3.2 km 17+550 bis 19+650

Bei 17+550 geht die Dammlage in einen Einschnitt über, die Gradientenlinie durchstößt dabei den Birkenberg bis km 18+470. Die maximale Einschnitttiefe beträgt zwischen 17+550 und 18+470 $t = 6,0$ m. Von 18+740 bis 19+650 verläuft die Gradientenlinie wieder in Dammlage, das Gelände ist leicht wellig und weist bei 19+500 südlich des Königsholzes eine Geländevertiefung (ca. 350 m NHN) auf. Die Dammhöhe beträgt zwischen 18+470 und 19+300 bis zu 3 m und von 19+300 bis 19+650 bis zu 4,5 m.

Der anstehende Mutterboden (Schicht 1) weist eine durchschnittliche Mächtigkeit von 40 cm auf, welchem sich eine geringmächtige (1...2 m) Lößlehmschicht (UL) anschließt. Auch hier ist der Lößlehm (Schicht 4) als leicht plastischer Schluff zu klassifizieren und wurde in steifer bis halbfester Konsistenz angetroffen.

Im Liegenden des Lößlehms steht Geschiebelehm (Schicht 7) der Elster2-Kaltzeit an. Zwischen 17+550 und 17+900 sowie zwischen 19+000 und 19+300 lagert der Geschiebelehm bereits unterhalb des Mutterbodenhorizontes und reicht damit fast bis an die Oberfläche. Der Geschiebelehm setzt sich aus einem Schluff-Ton-Gemisch mit unterschiedlichen Anteilen an Sand und Kies (UL, TL, SU*, ST*) zusammen. Die Konsistenz des Geschielehms ist überwiegend steif bis halbfest, lokal wurde er auch fest oder weich aufgeschlossen. Auch hier ist mit dem Auftreten von Steinen und Blöcken im Geschiebelehm zu rechnen.

Unterhalb der quartären Bildungen stehen in diesem Abschnitt basaltoide Bildungen (Basalt/Tuff) und deren Verwitterungsprodukte (Schichten 8 und 9) an. Diese reichen vor allem zwischen 17+500 und 17+900 bis an die Oberfläche.

Die Verwitterungszone besteht aus wechsellagernden bindigen, nichtbindigen und gemischtkörnigen Böden (TA, UA, GX, GU*, Zv), welche sich untereinander räumlich nicht abtrennen lassen. Die Zersatzprodukte des Basalts sind überwiegend als steinige Kiese, welche in Lehm eingelagert sind, zu beschreiben (GX, GU*). Die Zersatzprodukte des Tuffs sind dagegen als ausgeprägt plastische Ton-Schluff-Gemische (UA, TA) zu werten.

Der anstehende Fels wurde während der Erkundungsarbeiten nicht direkt aufgeschlossen, sondern nur dessen Zersatzprodukte erbohrt. Beim Erreichen der OK Fels mussten die Bohrungen abgebrochen werden.

Grundwasser wurde im Abschnitt von km 17+550 bis 19+650 nicht angeschnitten. In den sandigen und kiesigen Einlagerungen des Geschiebelehm können jedoch Schichtwasservorkommen auftreten. Dieses temporär angestaute Sickerwasser wurde von km 17+800 bis 18+100 auch oberhalb der geplanten Gradienten aufgeschlossen.

2.2.3.3 km 19+650 bis 20+900

Die geplante Trasse verläuft nun südlich des Steinberges annähernd parallel zur B 178 alt. Das Gelände verläuft leicht wellig und fällt von ca. 357 m NHN auf 340 m NHN nach Süden ein. Die Gradienten liegen hier überwiegend in einem Einschnitt mit einer Einschnitttiefe von max. 5,0 m.

Auch in diesem Abschnitt weist der Mutterbodenhorizont (Schicht 1) eine durchschnittliche Mächtigkeit von 40 cm auf. Der Mutterboden wird von Lößlehm (Schicht 4), Geschiebelehm (Schicht 7) sowie von glazifluviatilen Sanden/Kiesen (Schicht 6a) mit glazilimnischen Einlagerungen (Schicht 6b) unterlagert.

Der Lößlehm wurde zwischen 19+650 und 20+300 unter der Mutterbodenschicht aufgeschlossen und weist eine durchschnittliche Mächtigkeit von ca. 2,5 m auf. Er ist, wie bereits in den beiden vorhergehenden Abschnitten, als leicht plastischer Schluff (UL) in steifer bis halbfester Konsistenz zu charakterisieren.

Zwischen 20+300 und 20+900 fehlt die Lößlehmschicht gänzlich, hier steht direkt unterhalb des Mutterbodens eine geringmächtige Schicht Geschiebelehm aus der Elster2-Kaltzeit an. Der Geschiebelehm besteht aus einem stark schluffigen Sand (SU*), der eine nur geringe Bindigkeit aufweist. Er ist halbfest bzw. locker gelagert und wurde bis ca. 2,5 m u. GOK erbohrt.

Unterhalb der geringmächtigen, bindigen Deckschicht aus Löß- bzw. Geschiebelehm steht in diesem Abschnitt glazifluviatil geprägter Sand mit glazilimnischen Einlagerungen an. Im Bohrpunkt BP 132 wurde die Sandschicht direkt unterhalb des Mutterbodens angetroffen und steht damit fast bis zur OK Gelände an. Zwischen 20+300 bis 20+900 wechselt der glazifluviatile Sand häufig mit dem darüber lagernden Geschiebelehm, so dass sich diese beiden Schichten nur schwer räumlich abtrennen lassen.

Der Sand ist meist schwach schluffig ausgebildet (SE, SU – Schicht 6a), kann jedoch auch glazilimnische Einlagerungen mit einem höheren Schluffanteil aufweisen (SU, SU* – Schicht 6b). Schicht 6 wurde bis ca. 8...10 m u. GOK aufgeschlossen und ist grundwasserführend.

Im Liegenden von Schicht 6 wurde Geschiebelehm aus der Elster1-Kaltzeit angetroffen, welcher jedoch nur lokal angeschnitten und nicht in seiner ganzen Mächtigkeit erschlossen wurde. Der ältere Geschiebelehm besteht aus einem stark tonigem Sand/Schluff (SU*, ST*, UL, TL) und besitzt eine überwiegend steife Konsistenz.

Wie bereits oben erwähnt, wurde in diesem Abschnitt Grundwasser angetroffen, dabei gilt die Schicht 6a/6b (SU, SE, SU*) als Grundwasserleiter. Der mittlere Grundwasserflurabstand ist mit 6,0 m anzunehmen. Detaillierte Angaben zu den Grundwasserverhältnissen werden nach erfolgter Grundwasserbeobachtung im Abschlussbericht gegeben.

2.2.3.4 km 20+900 bis Bauende

Das Gelände fällt von 20+900 bis zum Bauende relativ gleichmäßig bis auf ca. 303 m NHN ab. Zwischen 21+500 und 22+200 weist das Gelände einen welligen Verlauf auf. Die Gradientenverläufe von 20+900 bis 21+500 ca. 1...2 m oberhalb des vorhandenen Geländes (Dammlage). Ab 21+500 geht die geplante Trasse wieder in einen Einschnitt (bis t = 4,0 m) über.

Bei 21+525 schneidet die Achse die vorhandene Krebsbachau. Der Krebsbach wurde im Zuge von Meliorationsmaßnahmen verrohrt und dient gleichzeitig als Vorflut für die in diesem Bereich besonders dicht gelegten Felddrainagen.

Der Mutterbodenhorizont wurde wie in den Abschnitten zuvor mit durchschnittlich 40 cm Mächtigkeit angetroffen. Lediglich an BP 53 (Station 21+525) weist der Mutterboden eine größere Stärke von 70 cm auf, welche sich auf Geländeregulierungen in den 1980er Jahren im Zusammenhang mit Meliorationsmaßnahmen (Verlegung Felddrainagen) zurückführen lässt. Nach Angabe des derzeitigen Flächennutzers wurde in diesem Bereich Oberboden zum Ausgleich von Unebenheiten sowie zur Überschüttung von Vernässungszonen (Krebsbachau) mit bis zu 1,0 m Mächtigkeit aufgebracht.

Unterhalb des anstehenden Mutterbodens wurde außer im Bereich der Krebsbachau bei 21+525 durchgängig Lößlehm (Schicht 4) angetroffen. Die Lößlehmschicht weist im Bereich von 20+900 bis 21+500 eine geringe Mächtigkeit von 1...2 m und von 21+550 bis Bauende eine höhere Mächtigkeit von 2...4,5 m auf. Auch hier ist der Lößlehm als leicht plastischer Schluff (UL) mit einer steifen bis halbfesten Konsistenz zu charakterisieren.

Bei 21+525 wurden statt des Lößlehms Auesedimente unterhalb des Mutterbodens bis 2,4 m u. GOK aufgeschlossen. Bei den Auesedimenten handelt es sich zum einen um Auelehm (Schicht 2) aus einem leicht bis mittel plastischen Schluff/Ton (UL, TL, TM) in halbfester bis weicher Konsistenz und zum anderen um Bachsand/-kies (Schicht 3) aus einem schluffigen Sand/Kies (SU/GU) in lockerer bis mitteldichter Lagerung. Beide Schichten waren stark durchnässt (schichtwasserführend).

Dem Lößlehm bzw. den Auesedimenten schließt sich zwischen 21+100 bis Bauende Geschiebelehm/-mergel (Schicht 7) an. Der Geschiebelehm/-mergel wurde in den Bohrungen bis zur geplanten Endteufe erbohrt, jedoch wurde dieser nicht vollständig durchörtert. Die Schicht 7 wurde in diesem Bereich als stark toniges Sand-Schluff-Gemisch (SU*, ST*, UL, UM, TM) mit halbfester bis steifer Konsistenz aufgeschlossen.

Zwischen 20+900 und 21+100 wurde die Schicht 7 nur sehr geringmächtig bzw. gar nicht angetroffen. Hier lagert unterhalb des Lößlehms ein glazifluvial geprägter Sand (Schicht 6a/6b). Der glazifluvial geprägte Sand weist nur geringe Feinkornanteile auf (SE, SU - Schicht 6a), jedoch wurde in BP 137 eine stark schluffige Zwischenlage (SU* - Schicht 6b) von 4,5 bis 4,9 m u. GOK angetroffen. Die Lagerung des glazifluvial geprägten Sandes ist als locker bis mitteldicht anzunehmen.

Grundwasser wurde in diesem Abschnitt nicht aufgeschlossen, jedoch kann bereits ab 1,0 m u. GOK zwischen 21+500 bis Bauende Schichtwasser in den stark sandigen Lagen des Geschiebelehms auftreten.

2.3 Straßenbestand Ausbaustrecken

Ein Ausbau im Bestand bzw. ein Rückbau von Straßenbestand ist in folgenden Abschnitten vorgesehen:

- (1) K 8617 zwischen Oberseifersdorf und Oberherwigsdorf
- (2) B 178alt bei Oberseifersdorf.

Bezüglich des Bestands der B 178alt wird auf die Ausführungen des Baugrundgutachtens zur Entwurfsplanung B 178n Bauabschnitt 3.3 (Variante 1) /5/ verwiesen.

Die Untersuchung des Straßenbestand K 8617 zwischen Oberseifersdorf und Oberherwigsdorf bei Station 20+250 kam bis jetzt noch nicht zur Ausführung und wird im Rahmen des Abschlussberichts nachgereicht.

2.4 Bodenmechanische Labor- und Feldversuche

2.4.1 Natürlicher Wassergehalt - Tragfähigkeit des Erdplanums

Die in den Einschnitten bzw. bei geländegleichem Verlauf anstehenden bindigen Schichten weisen folgende Wassergehalte auf (s.a. Anlage 7.3):

Tabelle 3 Wassergehalt anstehender bindiger Böden

Abschnitt	Baugrundsichten	Kurz- zeichen	Wassergehalte [M-%]	Mittelwert [M-%]
16+200...16+350 ^{*)}	Lößlehm	UL	17,1...18,0	17,6
17+550...18+470	Lößlehm (Schicht 4)	UL	20,4...23,2	21,7
	Geschiebelehm (Schicht 7)	UL, TL, SU*, ST*	16,1...22,8	18,2
18+470...19+000	Lößlehm (Schicht 4)	UL	21,5...23,2	22,0
19+000...19+400	Geschiebelehm (Schicht 7)	UL, TL, SU*, ST*	17,1...26,5	22,1
19+400...19+650	Lößlehm (Schicht 4)	UL	18,6...20,8	19,9
19+650...20+900	Lößlehm (Schicht 4)	UL	16,1...21,2	18,5
	Geschiebelehm (Schicht 7)	UL, TL, SU*, ST*	7,0...21,6	15,5
20+900...21+500	Lößlehm (Schicht 4)	UL	17,3...21,5	19,7
21+500...Bauende ^{*)}	Lößlehm (Schicht 4)	UL	22,1...24,8	22,6
	Geschiebelehm (Schicht 7)	UL, TL, SU*, ST*	17,9...20,2	19,1

^{*)} aus der Entwurfsplanung B 178n Bauabschnitt 3.3 (Variante 1) /5/ entnommen

Auf fein- und gemischtkörnigen Böden können folgende Richtwerte für die Beurteilung des zu erwartenden Verformungsmoduls E_{v2} angenommen werden:

Tabelle 4 Richtwerte E_{v2}

Wassergehalt w_n [M-%]	E_{v2} [MN/m ²]
$7 < w < 15$	> 45
$15 < w < 20$	$20 < E_{v2} < 45$
> 20	< 20

Quelle: Grundbautaschenbuch, Teil 1, Seite 98

Unter Beachtung der ermittelten Wassergehalte sind daraus folgende geschätzte E_{v2} -Werte abzuleiten:

- km 16+200...16+350 $E_{v2} = 10...30 \text{ MN/m}^2$
- km 16+350...16+800 90% $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ und 10% $E_{v2} = 10...30 \text{ MN/m}^2$
- km 17+550...18+470 $E_{v2} = 5...30 \text{ MN/m}^2$
- km 19+650...19+900 $E_{v2} = 15...30 \text{ MN/m}^2$
- km 19+900...20+900 80% $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ und 20% $E_{v2} = 15...30 \text{ MN/m}^2$
- km 21+500...Bauende $E_{v2} = 5...30 \text{ MN/m}^2$

Auf den anstehenden bindigen Böden ist die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ angesichts der natürlichen Wassergehalte ($> 15 \text{ M-%}$) im anstehenden Zustand nicht gegeben. Zum Nachweis der geforderten Tragfähigkeit des Erdplanums sind in den genannten Einschnitten daher Zusatzmaßnahmen erforderlich (s. Kap. 4.1.6).

Es wird aus gegebenem Anlass ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die angegebenen Tragfähigkeiten nur für ein drainiertes und verdichtetes Planum gültig sind und keinerlei Rückschlüsse auf die bauzeitliche Befahrbarkeit des Baugrundes mit Baufahrzeugen zulassen.

2.4.2 Atterberg'sche Konsistenzgrenzen - Verformungsverhalten des Erdplanums

Zur Bestimmung von Verformungsverhalten und Zustandsform der anstehenden bindigen Böden erfolgte bereits 2003 im Rahmen der Entwurfsplanung B 178n Bauabschnitt 3.3 (Variante 1) /5/ an ausgewählten Erdstoffproben die Ermittlung der Atterberg'schen Konsistenzgrenzen gemäß DIN 18122. Diese Erdstoffproben wurden in unmittelbarer Nähe des zu untersuchenden Streckenverlaufs der Variante 2 entnommen und können zur Beurteilung von Verformungsverhalten und Zustandsform der anstehenden bindigen Böden herangezogen werden.

Tabelle 5 Zustandsform der bindigen Böden /5/

Bohrgr. Nr.	Probe/ Teufe	Kurzzeichen	w _n [M-%]	w _L [M-%]	w _P [M-%]	I _c [-]	Konsistenz
BP 1	P 2 / 2,0...2,5 m	UL (Lg - Schicht 7)	18,0	32,6	21,6	1,32	halbfest
BP 49	P 1 / 1,0...1,3 m	UL (LöI - Schicht 4)	25,7	34,9	23,3	0,79	steif
BP 51	P 1 / 1,2...1,5 m	TM (Lf - Schicht 2)	23,4	48,5	22,9	0,98	steif
BP 56	P 2 / 2,5...3,0 m	TM (Lg - Schicht 7)	20,2	40,8	21,3	1,06	halbfest
BP 58	P 1 / 2,5...3,0 m	UL (LöI - Schicht 4)	22,9	31,7	23,2	1,03	halbfest

Legende:

w_n: natürlicher Wassergehalt [M-%]

w_L: Fließgrenze [M-%]

w_P: Ausrollgrenze [M-%]

I_c: Konsistenzzahl

LöI: Lösslehm

Lf: Auelehm

Lg: Geschiebelehm

Die ermittelten Konsistenzgrenzen und Wassergehalte zeigen, dass die anstehenden bindigen Erdstoffe ein sehr differenziertes Verformungsverhalten aufweisen.

Der auf einem Großteil der Strecke als Erdplanum bzw. Dammsohle anstehende Lösslehm (UL - Schicht 4) ist mit einem Bildsamkeitsbereich von 8,5...11,6 M-% sehr witterungsempfindlich. Das bedeutet, dass bereits geringe Wassergehaltserhöhungen (Niederschläge) zu einem Wechsel der Konsistenz des Baugrunds führen. Speziell in Hang- und Tieflagen ist dadurch ein rasches Aufweichen bei Niederschlägen zu erwarten. Bei der Wahl von Bauzeit, -ablauf und -technologie sollte dies beachtet werden.

Der im Einschnitt 16+200 bis 16+350 und 17+550 bis 18+470 anstehende Geschiebelehm (UL, TL, SU*, ST* - Schicht 7) ist als gemischtkörniger Boden inhomogen zusammengesetzt und weist ein differenziertes Verformungsverhalten auf. Der ermittelte Bildsamkeitsbereich schwankt zwischen 11,0 und 19,5 M-%. Der Geschiebelehm gilt demnach als mittel bis stark witterungsempfindlich.

Der nur lokal (Krebsbachaue) anstehende, tonige Auelehm (TM - Schicht 2) weist ein mittelplastisches Verformungsverhalten auf. Mit einem Bildsamkeitsbereich von 25,6 gilt dieser Erdstoff als „mäßig witterungsempfindlich“.

2.4.3 Körnungskurven

Um die entlang der Trasse angetroffenen Erdstoffe exakt zu klassifizieren und daraus Aussagen zu Durchlässigkeit, Frostempfindlichkeit und Verdichtungsfähigkeit abzuleiten, erfolgte an ausgewählten Erdstoffproben der Schicht 6a/6b die Bestimmung der Kornzusammensetzung gemäß DIN 18123 (s.a. Anlage 7.1). Für den Abschnitt 16+350 bis 17+550 wurden die ermittelten Kornzusammensetzungen aus der Entwurfsplanung B 178n Bauabschnitt 3.3 (Variante 1) /5/ entnommen.

Tabelle 6 Kornzusammensetzung der rolligen Böden

Abschnitt	Bodenart	d<0,063 mm (Feinkorn) [M-%]	d>2,0 mm (Kieskorn) [M-%]	U [-]	k _f [m/s]
16+350...16+800 BP 3...BP 7	Mittel- bis Grobsand, lokal Feinsand und Feinkies (Schicht 6a) meist SE, SU untergeordnet GU	4,0...11,5 (Ø 7,2)	0,0...41,2 (Ø 17,2)	2,7...33,0 (Ø 10,2)	2,0x10 ⁻⁵ ...4,4x10 ⁻⁴ (Ø 2,1x10 ⁻⁴)
16+800...17+550 BP 9...BP 13	Mittel- bis Grobsand, feinkiesig, feinsandig (Schicht 6a) SE, SU	3,4...7,0 (Ø 4,9)	11,1...21,4 (Ø 15,7)	3,2...6,4 (Ø 4,7)	1,5x10 ⁻⁴ ...6,7x10 ⁻⁴ (Ø 4,2x10 ⁻⁴)
19+900...20+900 BP 126...BP 128 BP 131...BP 135	Mittel- bis Grobsand, feinkiesig, feinsandig (Schicht 6a) SE, SU	1,1...11,9 (Ø 5,7)	0,1...16,5 (Ø 7,9)	1,5...8,9 (Ø 4,8)	2,0x10 ⁻⁵ ...1,8x10 ⁻⁴ (Ø 1,0x10 ⁻⁴)
19+900...20+900 BP 127, BP 130, BP 132 und BP 134	Feinsand bis Grobschluff, lokal Sand, stark schluffig (Schicht 6b) SU, SU*, UL	17,6...48,1 (Ø 35,2)	0,0...4,6 (Ø 0,8)	3,0...56,7 (Ø 12,7)	1,0x10 ⁻⁶ ...2,0x10 ⁻⁵ (Ø 1,0x10 ⁻⁵)

Legende:

U: Ungleichförmigkeitszahl
 k_f: Durchlässigkeitsbeiwert

Die Sande und Kiese der Schicht 6a sind überwiegend enggestuft, meist bilden Mittelsand, Grobsand und Feinkies die dominierenden Kornfraktionen. Die Verdichtbarkeit dieser Massen ist mit „gut bis mittel“ anzugeben. Der Anteil bindiger Beimengungen schwankt um 5 %, so dass die Schicht 6a relativ unregelmäßig zwischen Frostempfindlichkeitsklasse F 1 und F 2 wechselt.

In Schicht 6b dominiert Feinsand als typische Kornfraktion, in wechselndem Anteil sind auch stärker grobschluffige Lagen enthalten. Durch die dadurch gegebene enggestufte Kornverteilung sind diese Massen als „mäßig verdichtungsfähig“ zu werten. In den Feinsanden der Schicht 6b beträgt der durchschnittliche Feinkornanteil ~35 %, so dass dieser Horizont der Frostempfindlichkeit F 3 entspricht.

Die angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f-Werte) wurden aus den Körnungskurven nach BEYER abgeleitet. Die Festlegung von Durchlässigkeitsbeiwerten zur Berechnung von Versickerungsanlagen erfolgt auf Grundlage des ATV-Arbeitsblatts A 138. Demnach gelten folgende Korrekturfaktoren für die k_f-Wert-Bestimmung:

- Ermittlung aus Körnungskurve: 0,2
- Ermittlung aus Feldversuch: 2,0.

Die angegebenen mittleren k_f-Werte sind demnach mit 0,2 abzumindern, um einen Bemessungswert zu erhalten (s.a. Kap. 4.1.4.2).

2.5 Bodenmechanische Kennwerte und Bodenklassen

Die in Tabelle 7 zusammengestellten Kennwerte wurden in Auswertung der ingenieur-geologischen Feldansprache, der Laborversuche sowie mit Hilfe tabellierter Erfahrungswerte nach EAU und DIN 1055 festgelegt. Die Angabe der Bodenart von Lockergesteinen erfolgt mit Hilfe der Gruppensymbole nach DIN 18196, Festgestein ist gemäß DIN 4022 mit dem Symbol "Z" bzw. "Zv" ausgewiesen. Die angegebenen Kennwerte verstehen sich als repräsentative Durchschnittswerte der anstehenden Schichten für überschlägige Berechnungen. Zur Durchführung erdstatischer Nachweise ist für den jeweiligen Standort ein maßgebendes Kennwertprofil zu erstellen. Die Schicht-Nr. entsprechen der in den Baugrundprofilen (s. Anlage 5) enthaltenen Gliederung.

Tabelle 7 Bodenmechanische Kennwerte

Nr.	Bodenart	Kurz- zeichen	cal. g	cal. g'	cal. f'	cal. c'	cal. E _s	cal. k _f	Frost
0	<u>Auffüllungen</u>	-	keine schichtspezifische Angabe möglich						
1	<u>Mutterboden</u>	-	17	7	-	-	-	-	F3
2	<u>Auelehm</u> -Schluff bis Ton, sandig -halbfest bis weich	UL, TL, TM	20	10	25	5	5...10	1x10 ⁻⁹	F3
3	<u>Bachsand und -kies</u> -Sand bis Kies, schluffig -locker bis mitteldicht gelagert	SU, SU*, GU, GU*	19	9	30	0	20...30	5x10 ⁻⁷	F3
4	<u>Lößlehm</u> -Schluff, feinsandig -steif bis halbfest	UL	20	10	24	10	5...15	1x10 ⁻⁸ bis 1x10 ⁻⁹	F3
5	<u>Gehängelehm bis Hangschutt</u> -halbfest bis steif	UL, SU*, GU*, GX	20	10	27	10	15...30	5x10 ⁻⁹	F3
6a	<u>Sand, schwach schluffig</u> -überwiegend Mittelsand bis Grobsand, feinkiesig, feinsandig -locker bis mitteldicht gelagert	SE, SU	18	10	30	0	30...45	1x10 ⁻⁴	F1...F2
6b	<u>Feinsand bis Grobschluff,</u> <u>lokal Sand, stark schluffig</u> -in Schicht 6a eingelagert -locker bis mitteldicht gelagert	SU, SU*, UL	20	10	27	5	20	1x10 ⁻⁵	F3
7	<u>Geschiebelehm/-mergel</u> -Schluff bis Ton, sandig bis stark sandig -überwiegend steif bis halbfest	UL, UM, TL, SU*, ST*	21	11	29	5	10...30	1x10 ⁻⁸	F3
8	<u>Tuffzersatz</u> -ausgeprägt plastischer Ton bis Schluff	TA, UA	20	10	20	35	10	1x10 ⁻¹⁰	F3

Nr.	Bodenart	Kurz- zeichen	cal. γ	cal. γ'	cal. f'	cal. c'	cal. E_s	cal. k_f	Frost
9	<u>Basalt, Verwitterungszone</u> Steine und Kies bindig in Schluff eingelagert	Zv, GX, GU*	22	12	38	5	85	5×10^{-6}	F3

Legende:

cal. γ	cal. Bodendichte, erdfeucht [kN/m ³]	cal. γ'	cal. Bodendichte unter Auftrieb [kN/m ³]
cal. ϕ'	cal. Reibungswinkel [°]	cal. c'	cal. Kohäsion [kN/m ²]
cal. E_s	cal. Steifemodul [MN/m ²]	cal. k_f	cal. Durchlässigkeitskoeffizient [m/s]
Frost	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 09		

Zur Ausschreibung von Tiefbauleistungen sind dem Baugrund entlang der Trasse folgende Bodenklassen zuzuordnen.

Tabelle 8 Bodenklassen

Nr.	Bodenart	BK DIN 18300	BK DIN 18301	BK DIN 18319
0	<u>Auffüllungen</u>	keine schichtspezifische Angabe möglich		
1	<u>Mutterboden</u>	1	BO1	LBO2
2	<u>Auelehm</u> -Schluff bis Ton, sandig -halbfest bis weich	4	BB2...BB3	LBM1...LBM2
3	<u>Bachsand und -kies</u> -Sand bis Kies, schluffig -locker bis mitteldicht gelagert	3...4	BN1...BN2	LNE1...LNE2 / LN1...LN2
4	<u>Lößlehm</u> -Schluff, feinsandig -steif bis halbfest	4	BB2...BB3	LBM2
5	<u>Gehängelehm bis Hangschutt</u> -halbfest bis steif	3...4	BB2...BB3, BS1	LBM2, S1
6a	<u>Sand, schwach schluffig</u> -überwiegend Mittelsand bis Grobsand, feinkiesig, feinsandig -locker bis mitteldicht gelagert	3	BN 1	LNÉ1...LNE2
6b	<u>Feinsand bis Grobschluff, lokal Sand, stark schluffig</u> -in Schicht 6a eingelagert -locker bis mitteldicht gelagert	3...4	BN 2	LN1...LN2
7	<u>Geschiebelehm/-mergel</u> -Schluff bis Ton, sandig bis stark sandig -überwiegend steif bis halbfest	4	BB2...BB3, BS 1	LBM2, S1
8	<u>Tuffzersatz</u> -ausgeprägt plastischer Ton bis Schluff	5	BB2...BB3	LBM 2
9	<u>Basalt, Verwitterungszone</u> Steine und Kies bindig in Schluff eingelagert	6	BN2 / BB3...BB4, BS4	LN3 / LBM2...LBM3, S4

Legende zu Tabelle 8:

BK DIN 18300 Bodenklasse gemäß DIN 18300 (Erdarbeiten), Ausgabe 2010
 BK DIN 18301 Bodenklasse gemäß DIN 18301 (Bohrarbeiten), Ausgabe 2010
 BK DIN 18319 Bodenklasse gemäß DIN 18319 (Rohrvortriebsarbeiten), Ausgabe 2010

3. Erdstatische Nachweise

3.1 Verformungen des Straßendamms

Die Ermittlung der zu erwartenden Setzungen des Straßendamms (zeitunabhängige Maximalsetzung) erfolgte auf Grundlage der Theorie des elastisch-isotropen Halbraumes nach DIN 4019 und Grundbautaschenbuch mit Hilfe des Programmes FUNDA (GGU-Software). Der Damm wird hierbei als schlaife Auflast (Trapezlast) entsprechend der geschütteten Dammhöhe betrachtet.

Als maßgebende (ungünstigste) Punkte bezüglich des Setzungsverhaltens des Straßendamms gelten folgende Stationen:

Tabelle 9 Berechnungsstationen Dammsetzung

Nr.	Station	BP	Baugrund	Dammbreite (Krone)	Dammhöhe
1	17+100	BP 10 + BP 11	Löß- und Geschiebelehm (UL) über enggestuftem Sand (SE)	15,5	7,0 m
2	19+500	BP 121 + BP 122	Lößlehm (UL) über Geschiebelehm (UL, UM, SU*)	15,5	4,5 m

Die Berechnung erfolgte unter folgenden Annahmen:

- Böschungsneigung: 1 : 1,5 (34°)
- Art des Dammbaumaterials: SU* (Sand-Schluff-Gemisch)
- Wichte Dammbaumaterial: $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3 \rightarrow \text{Auflast} = h \times 21 \text{ kN/m}^3$

Die vollständigen Ergebnisse der Setzungsberechnungen sind in Anlage 9.1 dokumentiert. Es wurde eine Maximal-Setzung in der Damm-Mitte von **3,4 cm für Station 17+100** und **3,7 cm für Station 19+500** ermittelt. Diese Setzungsbeträge stellen die zu erwartende Maximalsetzung in der Mitte des Straßendamms dar. In den Randbereichen ergeben sich infolge geringerer Auflast kleinere Setzungsbeträge.

Die zu erwartenden Setzungen in den untersuchten Abschnitten werden als unerheblich gewertet. Ein Stabilisieren des Dammauflagers mit 2% Kalk wird als ausreichend angesehen. Sondermaßnahmen, wie beispielsweise ein Überschütten des Damms, sind nicht erforderlich.

3.2 Standsicherheit von Einschnittböschungen

Die Standsicherheit der geplanten Einschnittböschungen ist für folgende Abschnitte zu berechnen:

- Einschnitt km 17+550...18+470 und
- Einschnitt km 19+650...20+900.

Für die übrigen Bereiche sind infolge geringer Einschnitttiefe keine speziellen rechnerischen Untersuchungen zur Standsicherheit erforderlich.

Zur Bewertung der Standsicherheit der anzulegenden Böschung erfolgten mit Hilfe des Programmes BOESCH (GGU-Software) Böschungsbruchberechnungen gemäß DIN 4084-100.

Dabei wurde von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- Böschungsneigung 1 : 1,5 (Regelböschung) bzw. flacher (1 : 2,0)
- Verkehrslast $p = 10 \text{ kN/m}^2$ bis 1,0 m vor Böschungskrone
- Teilsicherheiten für LF 1 gemäß DIN 4084-100
- Berechnung nach BISHOP (Lamellenverfahren für kreisförmige Gleitflächen)
- maßgebende Profile: km 18+075 (BP 107) mit $t = 5,5 \text{ m}$
km 20+535 (BP 132) mit $t = 5,0 \text{ m}$.

Die vollständigen Ergebnisse der Standsicherheitsberechnung sind in Anlage 9.2 dokumentiert. Es wurden zusammenfassend folgende Ergebnisse erzielt:

Tabelle 10 Standsicherheit Einschnittböschungen

Station / Bohrpunkt	Böschungsneigung	Ausnutzungsgrad 1/f	Berechnungsprotokoll
km 18+075 / BP 107	1 : 1,5	1,04	Anlage 9.2, Seite 1
	1 : 2,0	0,88	Anlage 9.2, Seite 2
	1 : 1,5 Sicherung durch Stützscheiben	0,85	Anlage 9.2, Seite 3
km 20+535 / BP 132	1 : 1,5	1,17	Anlage 9.2, Seite 4
	1 : 2,0	0,93	Anlage 9.2, Seite 5

Der Einschnitt 17+550...18+470 kann mit einer Regelböschungsneigung von 1 : 1,5 nicht ausgeführt werden, da der zulässige Ausnutzungsgrad von $1/f = 1,0$ überschritten wird. Aufgrund der hier anstehenden bindigen Böden bieten sich zwei Alternativen an. Entweder die Ausführung einer flacheren Böschung mit einer Böschungsneigung von 1 : 2,0 ($1/f = 0,88$) oder die Sicherung der Böschung bei 1 : 1,5 mit Stützscheiben ($1/f = 0,85$). Beide Varianten bieten eine ausreichend hohe Standsicherheit.

Bei Ausführung des Einschnitts 19+650...20+900 mit einer Regelböschungsneigung von 1 : 1,5 wird der zulässige Ausnutzungsgrad $1/f = 1,0$ deutlich überschritten. Die Böschung muss auf eine Neigung von 1 : 2,0 abgeflacht werden.

4. Bautechnische Empfehlungen für den Straßenentwurf

4.1 Einschnitte

4.1.1 Lösbarkeit der Aushubmassen

Aus den abgeteufte Aufschlüssen lässt sich folgende Einteilung der in den Einschnitten zu lösenden Massen bezüglich ihrer Bodenklassen (ohne Mutterboden) abschätzen:

- Bodenklasse 3: ca. 35 %
- Bodenklasse 4: ca. 40 %
- Bodenklasse 5: ca. 15 %
- Bodenklasse 6: ca. 5 %
- Bodenklasse 7: ca. 5 %.

Die anstehenden Lockergesteine (BK 3-5) sind ohne über das übliche Maß hinausgehende Aufwendungen mittels Bagger lösbar. Innerhalb der Grundmoräne (Geschiebelehm) können jedoch erfahrungsgemäß Grobsteine oder Blöcke auftreten, welche Bodenklasse 6 oder 7 entsprechen. Dies gilt unabhängig davon, ob derartige Einlagerungen bei der Baugrunderkundung angetroffen wurden oder nicht und fand bei o.g. Gliederung Berücksichtigung.

Festgestein (BK 6-7) ist vor allem im Einschnitt km 17+550 bis 17+800 zu lösen. Der hier anstehende Basalt entspricht bis ca. 1,5 m unter GOK Bodenklasse 5. Unterhalb ist hier Bodenklasse 6 und 7 zu lösen. Die Differenzierung in BK 6 bzw. BK 7 richtet sich maßgeblich nach der Größe der anfallenden Blöcke. Diesbezüglich liegen noch keine belastbaren Angaben vor, da dieser Horizont mittels RKS nicht aufgeschlossen werden konnte. Es wird zunächst von 50 % BK 6 und 50 % BK 7 ausgegangen. Im Rahmen der Hauptuntersuchung ist diese Angabe zu präzisieren.

Es ist zu beachten, dass aufgrund der Struktur des Basalts (in Lehm eingelagerte Blöcke) kein exaktes profilgerechtes Lösen möglich ist. Entsprechende Mehrmengen (ca. 10...20 %) sind in Schicht 9 einzukalkulieren.

Beim Lösen der Abtragsmassen sollte auf eine Separierung der bindigen Böden (Schicht 4 und Schicht 7) von den nicht bindigen Böden (Schicht 6a/6b) geachtet werden.

4.1.2 Einbau der Abtragsmassen im Straßendamm

Der anfallende Erdaushub ist in Auswertung der durchgeführten Aufschlüsse wie folgt zusammengesetzt:

- 35 % Lößlehm (UL) – Schicht 4
- 35 % Sand, rollig bzw. schwach bindig (SE, SU, SU*) – Schicht 6a/6b
- 20 % Geschiebelehm (UL, UM) – Schicht 7
- 10 % Basalt, verwittert bis zersetzt (Zv, GX, GU*) – Schicht 9.

Ohne generelle Zusatzmaßnahmen zum Dammbau geeignet, sind nur die Sande der Schicht 6a/6b und somit ca. 35 % der anfallenden Abtragsmassen. Diese Böden können ohne Zusatzmaßnahmen zum Dammbau verwendet werden, wenn die Böschungsneigung des Straßendamms nicht steiler als 1 : 2,0 ist. Für die Errichtung steilerer Dämme mit diesem Erdstoff ist angesichts dessen Erosionsempfindlichkeit eine Stabilisierung der Dammlanken mit 2 % Zement erforderlich.

Ein zu hoher natürlicher Wassergehalt für einen Wiedereinbau als Dammbaustoff ist bei

- Lößlehm (Schicht 4)
- Geschiebelehm (Schicht 7)

und somit bei ca. 55 % der anfallenden Abtragsmassen vorhanden. (→ Kap. 2.4.1). Um die Wiedereinbaufähigkeit dieser Aushubmassen im Straßendamm zu gewährleisten, sind Zusatzmaßnahmen (Bodenverbesserung mit 3...4 % Mischbinder oder Zement) einzuplanen.

Zum Einbau gelöster Basaltblöcke sowie entnommener Grobsteine/Blöcke aus dem Geschiebelehm (Bodenklasse 6 bis 7) in den Straßendamm ist ein vorheriges Zerkleinern dieser Massen auf 20 cm Kantenlänge erforderlich.

4.1.3 Böschungsneigungen und -sicherungen

Im bis zu 5,5 m tiefen Einschnitt zwischen 17+550 und 18+470 ist eine Abflachung auf 1 : 2,0 notwendig (siehe Kap. 3.2). Die Ausführung einer Regelböschungsneigung von 1 : 1,5 wäre hier optional mit dem Einbau von Stützscheiben möglich.

Auch im Abschnitt 19+650 bis 20+900 muss die Böschung mit einer Böschungsneigung von 1 : 2,0 ausgeführt werden, da flachere Böschungen keine ausreichende Standsicherheit gewährleisten.

Alle anderen Einschnitte müssen ebenfalls mit 1 : 2,0 ausgeführt werden, da aufgrund von Sandeinschlüssen in den bindigen Lagen der Schichten 4 und 7 mit dem Anschnitt von Schichtwasser zu rechnen ist.

In Abschnitten 17+550...18+470 sowie 21+500...Bauende ist aufgrund des auftretenden Sickerwassers zusätzlich zur Abflachung der Regelböschung das Anlegen einer Auflastsickerschicht aus Grobschlag 50/150 mit einer Stärke von min. 50 cm erforderlich.

Zur Verhinderung von Oberflächenerosion sind auf den Einschnittböschungen biologische Sicherungsmaßnahmen (Mutterbodenauftrag, Rasenansaat) vorzusehen. Es ist zu beachten, dass der Oberbodenauftrag wegen der starken Erosionsempfindlichkeit des Baugrunds nur bei günstigen Witterungsbedingungen bis zur festen Wurzelbildung erfolgen kann.

4.1.4 Entwässerungsmaßnahmen

4.1.4.1 Planumsentwässerung

Das Planum besteht abschnittsweise aus wasserunempfindlichen Böden (Schicht 6a/6b und Schicht 9), jedoch überwiegend aus wasserempfindlichen Böden (Schicht 4 und Schicht 7). Die wasserempfindlichen Böden sind mit Bindemittel zu verbessern (→ Kap. 4.1.6). Planumsabschnitte aus wasserempfindlichen Böden ohne Bodenverbesserung sind nicht vorhanden. Es wird daher eine einheitliche Querneigung des Planums von 2,5 % über die gesamte Strecke (Einschnitt und Damm) empfohlen.

Im Abschnitt 16+200 bis 16+350 sollten die Längssickerleitungen (DN 200) aus dem 2. Bauabschnitt bis 16+350 verlängert werden, um auftretendes Schichtwasser abzuleiten.

Eine Vorentwässerung des Baugrunds ist im Abschnitt 17+550 bis 18+470 sowie im Abschnitt 21+500 bis Bauende notwendig, da sonst keine Befahrbarkeit des Baufelds gegeben ist. Bei 21+500...BE kann dies durch Einfräsen von Drainagen erfolgen. Im Einschnitt 17+550...18+470 liegt dagegen nicht fräsbarer Baugrund vor, hier muss konventionell drainiert werden.

Zusätzlich sollten in diesen Abschnitten Längssickerleitungen (DN 200) zur Ableitung des auftretenden Schichtwassers eingeplant werden.

Im Abschnitt 19+900 bis 20+900 wurde Grundwasser bei ca. 1,0 m unter geplanter Gradienten angetroffen. Hier ist zur Herstellung des Planums eine Vorentwässerung notwendig. Zur Sicherung des Grundwassers werden Längssickerleitungen bei ca. 1,5 m u. Planum (> DN 300) empfohlen, welche gleichzeitig auch als Sickerrigole genutzt werden können. Der Kanalbau ist in diesem Abschnitt nur im Schutze einer geschlossenen Wasserhaltung möglich.

4.1.4.2 Versickerungsmöglichkeiten für Oberflächenwasser

In folgenden Einschnitten lassen die Baugrundverhältnisse die Versickerung von Oberflächenwasser zu, so dass eine Versickerung in Randgräben oder Rigolen möglich ist:

Tabelle 11 Versickerung von Oberflächenwasser in Randgräben / Rigolen

Abschnitt	OK versickerungsgerechter Baugrund	k_f - Wert
16+350...16+800	ab Gradienten geeignet	$4,2 \times 10^{-5}$ m/s
16+800...17+550	ab durchschnittlich 1,5...2,0 m u. GOK geeignet	$8,4 \times 10^{-5}$ m/s
19+900...20+900	ab Gradienten geeignet, lokale bindige Einlagerungen austauschen	$2,0 \times 10^{-5}$ m/s (Schicht 6a) $2,0 \times 10^{-6}$ m/s (Schicht 6b)

Die angegebenen k_f -Werte wurden aus den Körnungslinien ermittelt und entsprechend ATV-Arbeitsblatt A 138 mit Faktor 0,2 abgemindert.

Im Einschnitt 16+800...17+550 müssen die Randgräben/Rigolen bis in die angegebene Tiefe unter GOK reichen, um versickerungsfähigen Baugrund zu erreichen. Dies kann zu erheblichen Aufwendungen führen, so dass hier auch die Anlage eines Versickerungsbeckens geprüft werden sollte.

Die empfohlenen Längssickerleitungen (> DN 300 bei ca. 1,5 m u. Planum) im Abschnitt 19+900 bis 20+900 können gleichzeitig als Sickerrigolen genutzt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, in diesem Streckenabschnitt östlich der Achse ein Sickerbecken anzulegen.

Die zwischen 19+900 und 20+900 vorhandenen, schwach bindigen Einlagerungen (Schicht 6b) wurden nur vereinzelt und in geringer Mächtigkeit festgestellt, so dass ein Austausch mit im Bauwerk anfallenden besser durchlässigen Abtragsmassen machbar ist.

Zur Bemessung der Mulden in den Einschnitten sind folgende Versickerungskapazitäten zur Ermittlung der Infiltration in die Einschnittböschung gemäß RAS-Ew anzugeben:

Tabelle 12 Böschungsversickerung Einschnitte gemäß RAS-Ew

Einschnitt	Baugrund	Versickerungskapazität [l/(s*ha)]
16+200...16+350	Lößlehm (Schicht 4)	100
16+350...16+800	überwiegend Sande (Schicht 6a)	150
17+550...18+470	Lößlehm (Schicht 4) und Geschiebelehm (Schicht 7)	100
19+650...19+900	Lößlehm (Schicht 4) und Geschiebelehm (Schicht 7)	100
19+900...20+900	Sande (Schicht 6a/6b) und Lößlehm (Schicht 4)	150
21+500...Bauende	Lößlehm (Schicht 4)	100

Für die Ermittlung des frostsicheren Oberbaues gelten nach RStO 01:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| • Frosteinwirkungszone III | gesamte Strecke |
| • Frostempfindlichkeitsklasse F 3 | gesamte Strecke |
| • günstige Grundwasserverhältnisse | 16+200...17+550
18+470...19+900
20+900...21+500 |
| • ungünstige Grundwasserverhältnisse | 17+550...18+470
19+900...20+900
21+500...Bauende |

In den Einschnitten 16+350...16+800 und 19+900...20+900 befindet sich das Planum sowohl auf den Schichten 4 und 7 (F 3) als auch auf Schicht 6a/6b (F1...F2). Eine Ausgrenzung der verschiedenen Bereiche ist aufgrund deren engen Wechsels nicht sinnvoll, so dass für diesen Abschnitt F 3 als maßgebend gilt.

Die angegebenen Frostempfindlichkeitsklassen entsprechen dem in den Einschnitten bei der jeweiligen Gradientenlage anstehenden Baugrund. Bei Dammstrecken ist diese Angabe vom eingesetzten Erdstoff abhängig.

4.1.6 Herstellung Planum

Das Planum zwischen **16+200 und 16+350** befindet sich wechselnd auf den Schichten 4 und 7 (UL, UM, TL, TM, SU*, ST*). Diese Schichten weisen aufgrund ihres durchschnittlichen Wassergehaltes von 17,6 M.-% nur unzureichende Tragfähigkeiten von 10...30 MN/m² auf. Zur effektiven Herstellung eines hinreichend tragfähigen Planums empfiehlt sich hier eine Bodenverbesserung mit 3...4 % Mischbinder bis 30 cm u. Planum.

Im Abschnitt **16+800...17+550** steht überwiegend gut tragfähiger Boden der Schicht 6a an, jedoch kann in den Übergangsbereichen auch weniger tragfähiger Löß- bzw. Geschiebelehm anstehen. Die Übergangsbereiche (bindige Lagen) sollten mit 3...4 % Mischbinder verbessert werden (betrifft ca. 10 % des Abschnitts).

Zwischen **17+550** und **18+470** trifft das Planum auf Geschiebelehm (Schicht 7) und bindig eingelagerten Basaltbruch (Schicht 9). Beide Schichten weisen aufgrund ihres hohen Feinkorn- und Wassergehalts nur geringe Tragfähigkeiten von 5...30 MN/m² auf. Da ein Fräsen der beiden Schichten aufgrund der eingelagerten Grobsteine und Blöcke nicht möglich ist, wird der Einbau einer 50 cm starken Ausgleichs- und Planumssickerschicht (PSS) in diesem Abschnitt empfohlen. Die PSS sollte aus zwei gleichstarken Lagen aufgebaut werden, wobei die untere Lage aus MG 2/45 und die obere Lage aus MG 0/45 bestehen sollte. Die PSS ist mittels Vlies (GRK 3) vom anstehenden Baugrund zu trennen. Bei weichen Böden auf UK PSS (ca. 25 %) ist statt Vlies ein Bändchengewebe (Stabilenka) einzusetzen.

Im Einschnitt **19+650...19+900** befindet sich das Planum wieder wechselnd auf Schicht 4 und Schicht 7. Auch hier wäre das Planum aufgrund der Wassergehalte ohne Bodenverbesserung nur unzureichend tragfähig. Es wird eine Bodenverbesserung bis 30 cm unter Planum mit 3...4 % Mischbinder empfohlen.

Das Planum in Einschnitten **19+900...20+900** und **21+500...Bauende** kann erst nach der Herstellung der Vorentwässerung angelegt werden (s. Kap. 4.1.4.1). Zur Planumsstabilisierung und -entwässerung ist hier eine Planumssickerschicht einzubauen. Die Dicke der PSS sollte bei 19+900...20+900 mit $d = 50$ cm und bei 21+500...Bauende mit $d = 100$ cm angesetzt werden. Bezüglich Material- und Konstruktionsdetails gelten die bei 17+550...18+470 getroffenen Aussagen analog.

4.2 Dammstrecken

4.2.1 Tragfähigkeit des Dammuntergrundes

In den Abschnitten

- 16+800...17+550
- 18+470...19+650
- 20+900...21+500

befindet sich die Dammsohle meist auf bindigen Böden (Schicht 4 und 7) in steifer bis halbfester Konsistenz. Im erkundeten Zustand sind diese Erdstoffe als Dammsohle geeignet. Aufgrund der Witterungsempfindlichkeit dieser Böden kann die Dammsohle jedoch bei ungünstiger Witterung relativ rasch aufweichen und dadurch unbrauchbar werden. In diesem Fall müsste bis auf steifes / halbfestes Material abgeschoben und das abgeschobene Material (mit Bindemittel verbessert) wieder eingebaut werden.

Zur Vermeidung derartiger Probleme (Zeitverzug) wird empfohlen, die genannten Dammauflager mit 2 % Bindemittel (vorzugsweise Kalk) zu stabilisieren. Die Tiefe der Bodenverbesserung am Dammauflager sollte mit 30 cm angesetzt werden.

Die zu erwartenden Setzungen des Dammuntergrundes sind nach Kapitel 3.1 nur unerheblich und bei Stabilisierung des Dammauflagers mit Bindemittel zu vernachlässigen. Sondermaßnahmen, wie beispielsweise ein Überschütten der Dämme, sind nicht erforderlich.

4.2.2 Böschungsneigung Dammbauwerke

Angesichts der als Abtrag anfallenden Böden ist davon auszugehen, dass der überwiegende Teil der Dammbauwerke aus bindigen Böden der Schicht 4 und 7 (ca. 55 % des Gesamtabtrags) hergestellt wird. Dammbauwerke, die aus diesen Abtragsmassen hergestellt werden, können mit einer Neigung von 1 : 1,5 geböscht werden, jedoch sind die Böden aus Schicht 4 und 7 zuvor mit 3...4 % Bindemittel (vorzugsweise Weißfeinkalk) zu verbessern.

Ohne Zusatzmaßnahmen sind nur Dämme aus Erdstoffen der Schicht 6a/6b herzustellen, jedoch sind diese nur mit einer Neigung von 1 : 2,0 zulässig. Unter der Annahme, dass für die Dämme Aushubmassen aus dem jeweils nächstgelegenen Einschnitt eingesetzt werden, betrifft dies die Dammstrecken 18+470 bis 19+650. Zur Herstellung dieses Dammbauwerkes mit einer Neigung von 1 : 1,5 wäre eine Stabilisierung der Dammflanken mit 2 % Zement notwendig.

4.2.3 Herstellung des Dammkörpers

Der Dammkörper unterliegt neben den unter Kap. 3.1 angegebenen Untergrundsetzungen auch stets einer gewissen Eigenkonsolidation, welche vom Dammschüttmaterial, der Verdichtung und der Dammhöhe abhängig ist. Sie beträgt bei guter Verdichtung ca. 0,75 % der Schütthöhe. Bei Verwendung von für den Dammbau gut geeignetem Erdstoff ist dieser Betrag nach ca. 2 bis 3 Wochen abgeklungen. Auf eine qualitätsgerechte Herstellung der Dammbauwerke ist sehr großer Wert zu legen, um die Eigensetzungen des Damms und damit die Gesamtsetzung möglichst zu minimieren.

Der Aufbau des Straßendamms muss lagenweise ($d = 30 \text{ cm}$) erfolgen. Die Verdichtungsanforderungen gemäß ZTVE-StB sind in jeder Lage (Eigenüberwachung des AN) bzw. nach jedem Meter Einbauhöhe (Fremdüberwachung des AG) nachzuweisen.

Das Planum in den Dammabschnitten wird je nach Entnahme der Abtragsmassen aus sehr unterschiedlich tragfähigen Böden bestehen. Zur Herstellung eines hinreichend homogenen, tragfähigen Planums sollte das Planum aller Dammstrecken durchgängig mit 3...4 % Bindemittel (vorzugsweise Mischbinder 50/50) verbessert werden ($d = 30 \text{ cm}$).

Zur Verhinderung von Oberflächenerosion sind biologische Sicherungsmaßnahmen (Mutterbodenauftrag, Rasenansaat) vorzusehen.

4.2.4 Versickerungskapazität der Straßendamböschungen

Bei Abfluss von Oberflächenwasser über die Böschung des Straßendamms sind Versickerungskapazitäten zur Ermittlung der Infiltration in den Dammkörper gemäß RAS-Ew anzugeben.

Die anzunehmende Versickerungskapazität hängt maßgeblich vom eingesetzten Dammbaustoff ab. Zudem ist die Auswirkung ggf. notwendiger Bodenverbesserungen zu beachten.

Es wurde davon ausgegangen, dass Abtragsmassen aus dem jeweils nächstgelegenen Einschnitt verwendet werden. Anderenfalls können sich Abweichungen ergeben.

Tabelle 13 Böschungsversickerung Dammstrecken gemäß RAS-Ew

Dammstrecke	Dammbaustoff (Annahme)	Versickerungskapazität [l/(s*ha)]
16+800...17+550	Löß- und Geschiebelehm (UL, UM, TL, SU*, ST*) aus Einschnitt 17+550...18+470	100
18+470...19+650	Sand, rollig bzw. schwach bindig (SE, SU, SU*) aus Einschnitt 19+900...20+900 (mit Zement verbessert)	200 (100)
20+900...21+500	überwiegend Lößlehm (UL) aus Einschnitt 21+500...Bauende	100

4.3 Gründung Ingenieurbauwerke

Für die zum Erstellen der Entwurfs- und Vergabeunterlagen erforderliche Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung der Ingenieurbauwerke sind zusätzliche Baugrunduntersuchungen erforderlich, welche nicht Gegenstand dieses Gutachtens sind.

In Auswertung der an den geplanten Bauwerksstandorten abgeteufte Aufschlüsse können jedoch bereits Hinweise zur prinzipiellen Gründungslösung beim Aufstellen von Bauwerksskizzen gegeben werden.

Tabelle 14 Übersicht prinzipielle Gründungslösung Brückenbauwerke

Nr.	Bezeichnung	Station	Gründung
1	A-Bauwerk Mittelstraße	ca. 17+050	Flachgründung auf Schicht 6
2	Ü-Bauwerk WW	ca. 18+125	Tiefgründung (FRANKI-Pfähle)
3	Grünbrücke	ca. 18+280	Flachgründung auf Gründungspolster
4	Ü-Bauwerk K 8617	ca. 20+275	Flachgründung auf Gründungspolster oder Tiefgründung (FRANKI-Pfähle)
5	Ü-Bauwerk Betonstraße	ca. 21+340	Tiefgründung (FRANKI-Pfähle)
6	Ü-Bauwerk B 178alt	ca. 21+850	Tiefgründung (FRANKI-Pfähle)

5. Schadstoffuntersuchungen Straßenbestand

Diese Untersuchungen werden im Rahmen des Abschlussberichts nachgereicht.

6. Sonstige Hinweise

Für die Ingenieurbauwerke innerhalb des Planungsabschnitts erfolgt eine detaillierte Baugrunderkundung an den Bauwerksstandorten, wenn die im Vorentwurf aufgestellte Einordnung der Bauwerke bestätigt wurde. Im Rahmen der dazu erforderlichen 2. Bohrkampagne sollten folgende ergänzende Erkundungen für die Verkehrsanlage realisiert werden:

- Erkundung der Standorte von Regenrückhalte- oder Versickerungsbecken
- Detailerkundung Durchlässigkeitsbeiwerte (Feldversuche)
- Detailerkundung Grundwasser 19+800...20+900
- Erkundung Felshorizont 17+400...17+900 sowie 19+000...19+500
- ggf. erforderliche zusätzliche Erkundungen infolge Planungsänderungen.

Die durchgeführten Standsicherheitsberechnungen verstehen sich als Vorbemessungen für den Vorentwurf und sind im Zuge der Ausführungsplanung entsprechend zu präzisieren. Die Angaben zu Boden- und Planumsverbesserungen sind als Richtgrößen zu werten, welche aufgrund der Erkundungsergebnisse mit Hilfe von Erfahrungswerten abgeschätzt wurden. Sie dienen hauptsächlich der Kostenschätzung und ersetzen keinesfalls die entsprechenden Eignungsprüfungen gemäß ZTVE.

Ergeben sich während der weiteren Planung Abweichungen, welche die Grundlagen für diese Baugrundaussage beeinflussen oder ändern, so ist das unterzeichnende Ingenieurbüro darüber zu informieren. In Auswertung dieser Informationen können die Aussagen dieses Gutachtens präzisiert und der neuen Situation angeglichen werden.