BAUGRUND
STRALSUND
Ingenieurgesellschaft mbH
für Geo- und Umwelttechnik

Geotechnik

Geotechnischer Bericht

Projektnummer: **24/3011**

Bauvorhaben: **Hansestadt Rostock, BW 131**
ENB Brücke im Zuge des Schmarler Dammes über die DB-Strecke 6325

Auftraggeber: **Hanse- und Universitätsstadt Rostock**
Tiefbauamt
Abt. Straßenverwaltung, Straßenbau,
Hohlbeinplatz 14
18069 Rostock

Aufsteller: **BAUGRUND Stralsund**
Ingenieurgesellschaft mbH
Carl-Heydemann-Ring 55
18437 Stralsund

Stralsund, 22. Oktober 2025

Inhalt

1. Unterlagenverzeichnis ... 3
2. Anlagenverzeichnis ... 5
3. Bauvorhaben und Aufgabenstellung ... 5
4. Baugrunderkundung / Baugrundaufbau ... 8
4.1 Baugelände und Bestandsbauwerk ... 8
4.2 Geologische Situation ... 9
4.3 Erkundung des Baugrundes ... 10
4.4 Baugrundeigenschaften ... 11
4.5 Wasserverhältnisse / Wassereigenschaften ... 12
5. Bodenbeurteilung und -klassifizierung ... 14
5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse ... 14
5.2 Geotechnische Kategorie ... 14
5.3 Homogenbereiche ... 14
5.4 Wiederverwendung des Bodenaushubs ... 15
6. Bemessungsgrundlagen ... 16
6.1 Charakteristische Bodenkennwerte ... 16
6.2 Ersatzböden ... 17
6.3 Bemessungswasserstände ... 18
7. Gründungsempfehlung ... 18
7.1 Baugrube, Wasserhaltung, Baubehelfe ... 19
8 Pfahlgründung ... 19
8.1 Bemessungskennwerte Pfähle ... 19
8.2 Pfahlgruppen ... 23
8.3 Horizontale Einwirkungen auf Einzelpfähle und Pfahlgruppen ... 24
8.4 Herstellung von Bohrpfählen, Qualitätssicherung ... 24
8.5 Seitendruck auf Pfähle ... 24
8.6 Tragfähigkeit von Verdrängungspfählen für z.B. Hilfsbrückengründung/ ... 25
9. Chemische Analytik ... 25
10. Anschlussdämme ... 26

1. Unterlagenverzeichnis

U 1 Ingenieurvertrag vom 30. April 2025

U 2 Planunterlagen, Lageplan 05. Mai 2021

U 3 Schichtenverzeichnisse und Bodenproben der Bohrungen B 1/24 und 2/24 sowie der Sondierungen BS 1/24 bis 10/24, ausgeführt von der Vormann & Partner Bohrgesellschaft mbH & Co. KG

U 4 Ergebnisse der Drucksondierungen CPT 1/24, 1a/24 und 2/24, ausgeführt von der Vormann & Partner Bohrgesellschaft mbH & Co. KG

U 5 Absteckung sowie lage- und höhenmäßige Einmessung der Aufschlusspunkte (U 3, U 4), Vormann und Partner Bohrgesellschaft mbH & Co. KG

U 6 Ergebnisse der chemischen Wasseranalyse, Prüfberichte-Nr. 25-1522-001 und 25-1624-001, erstellt vom Industrie- und Umweltlaboratorium GmbH Greifswald am 10. April und 24. April 2025

U 7 Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING) 2019

U 8 Hanse- und Universitätsstadt Rostock, BW 131 - Ersatzneubau Brücke Schmarler Damm über die DB-Strecke 6325, km 119.2+60, Baubeschreibung, Baugrund- und Baustoffuntersuchungen, ohne Datum

U 9 Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Tiefbauamt, BW 131 - Ersatzneubau der Brücke im Zuge des Schmarler Dammes über die DB AG, Erläuterungsbericht zur Vorplanung, Bauwerksvorentwurf, 26. Juli 2024

U 10 Baustoffprüfberichte, Prüftechnik Rostock GmbH, 2005

U 11 Vorabschätzung der Belastung aus Straßendamm, IL SE März 2024

U 12 Altgutachten VEB Baugrund Berlin, Zweigstelle Stralsund, 4/67/2037, 16.Juni 1967

U 13 Asphaltkernbohrungen KB 1-5/24, ausgeführt von der Vormann & Partner Bohrgesellschaft mbH & Co. KG

U 14 Statik, Zusammenstellung der Gründungslasten, IL SE 01.08.2025

U 15 Lageplan und Bauwerksskizzen, Variante 1, IL SE, 01/2025

U 16 Laborprüfbericht Nr. 1, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, 24. Juni 2025

U 17 Deklarationsanalysen nach ErsatzbaustoffV vom 09. Juli 2021, Anlage 1, Tab. 3, Spalten 3-6, Prüfberichte Nr. 25-2332-001 bis -005, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 19. Juli 2025

U 18 Deklarationsanalysen nach ErsatzbaustoffV vom 09. Juli 2021, Anlage 1, Tab. 1, Spalten 3-5, Prüfberichte Nr. 25-2332-006 bis -008, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 09. Juli 2025

U 19 Untersuchungsergebnisse der Asphaltproben hinsichtlich der Verwertbarkeit auf PAK und Phenolindex, Prüfberichte Nr. 25-2332-009 und -010, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 09. Juli 2025

U 20 Untersuchungsergebnis einer Dichtungsmasse auf PAK und Asbest, Prüfbericht Nr. 25-2332-011, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 09. Juli 2025

U 21 Auflagerkräfte zur Abstimmung, IL SE, 02.10.2025

2. Anlagenverzeichnis

A 1	1 Blatt	Lage- und Aufschlussplan
A 2	3 Blatt	Bohrprofile und Drucksondierdiagramme
A 3	31 Blatt	Laborprüfbericht Nr. 1
A 4	4 Blatt	Prüfberichte chemische Analytik Wasser
A 5	50 Blatt	Prüfberichte chemische Analytik Boden / Bauschutt / Asphalt / Dichtungsmasse
A 6	2 Blatt	Zusammenstellung chemische Analytik
A 7		Berechnung der Pfahltragfähigkeit/ Verformung
A 7.1	1 Blatt	Grundwert
A 7.2	1 Blatt	Oberer Grenzwert

Berichtsabschnitt 1: Geotechnischer Untersuchungsbericht

3. Bauvorhaben und Aufgabenstellung

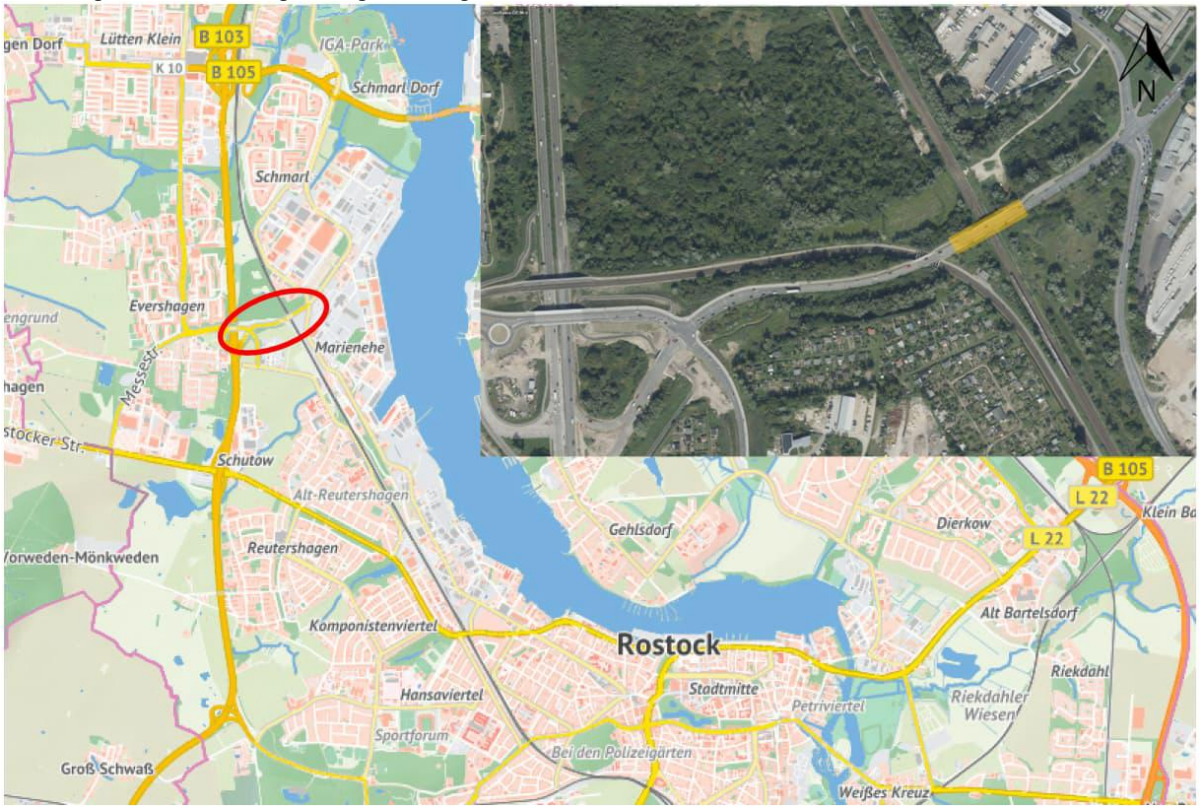
Das zu erneuernde Brückenbauwerk „Schmarler Damm“ befindet sich nordwestlich des Rostocker Stadtzentrums. Die Brücke verbindet die Ortsteile Evershagen und Schmarl über die DB-Strecke 6325.

Die untenliegende, zweigleisige, elektrifizierte DB-Strecke 6325 führt von Neustrelitz nach Warnemünde und ist Bestandteil des TEN-Netzes der DB InfraGO AG. Ansprechpartner ist die DB InfraGO AG, Wismarsche Straße 390, 19055 Schwerin. Das Brückenbauwerk befindet sich am Bahn-km ca. 119.2+60.

Der „Schmarler Damm“ gilt zudem als Verbindungsstraße von/zur B 103. Die Brücke „Schmarler Damm“ ist zweistreifig ausgebaut. Nördlich der Kfz-Fahrbahn verläuft einseitig ein getrennter Geh- und Radweg. Täglich passieren ca. 15.000 Kfz (DTV2020) den „Schmarler Damm“. Der Schwerverkehrsanteil beträgt 5,2 %. Die zu überführende Straße „Schmarler Damm“ verläuft im zu planenden Abschnitt von Westen nach Osten als zweistreifige Straße mit einem Kreuzungswinkel von ca. 100 gon über die Gleise der DB InfraGO AG (DB).

Der „Schmarler Damm“ ist eine anbaufreie Stadtstraße innerhalb bebauter Gebiete und übernimmt im Wesentlichen eine Verbindungsfunktion mit einer zugelassenen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Sie ist nach den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN) in die Kategoriengruppe VS und aufgrund der regionalen Bedeutung in die Verbindungsstufe III einzuordnen. Im Westen schließt der „Schmaler Damm“ an die Bertholt-Brecht-Straße im Stadtteil Evershagen bzw. über einen teilplanfreien Knoten an die B 103 an. Im Osten überquert der „Schmaler Damm“ die Kreuzung Marieneher Str./Hundsburgallee in Richtung des Stadtteils Schmarl. Westlich des vorhandenen Überführungsbauwerkes über die Gleise der DB kreuzt der „Schmaler Damm“ planfrei die Straßenbahntrasse mittels eines Rahmenbauwerkes.

Nachfolgende Abbildung 1 zeigt die Lage des Bauwerkes.



Seitens des Tiefbauamtes ist vorgesehen, das bestehende Brückenbauwerk an gleicher Stelle durch eine Straßenbrücke als Ersatzneubau zu ersetzen. Die Straßenbrücke soll eine Fahrbahn mit einem Fahrstreifen pro Fahrtrichtung sowie einen Geh- und Radweg nördlich und einen Notgehweg südlich erhalten.

Die bestehende zweifeldrige Stahlbetonbrücke und deren Unterbauten werden zurückgebaut und die Bestandstiefgründung verbleibt im Boden.

Im Zuge der Baumaßname sind folgende Arbeiten an den Anlagen der Bahn erforderlich:

- Verlegung der Speiseleitung
- Rückbau Kabeltrog inkl. Leitungsverlegung im östlichen Seitengraben
- Demontage und Montage der Oberleitung für den Rückbau der Mittelstütze im Bestand
- Aus- und Wiedereinbau der Gleiskörper in beide Richtungen für den Rückbau der Mittelstütze im Bestand sowie im Zuge der notwendigen Abdeckelung des Fernwärmekanals
- Unterstopfung der Gleise
- Sicherungsmaßnahmen, Genehmigungen, Anträge, etc.

Im Baubereich, der zwischen dem Bauwerk der RSAG und dem Knoten Marieneher Straße / Hundsburgallee geplant ist, erfolgt eine grundhafte Erneuerung der Verkehrsanlage inkl. der Nebenanlagen, der Straßenentwässerung und der Straßenbeleuchtung.

Der Ersatzneubau wird als 1-feldriger Stahlverbundrahmen geplant (integrales Bauwerk). Der 1-feldrige Überbau wird als Stahlverbundplatte mit Walz- bzw. Schweißträger in Betonweise konzipiert. Ihre Spannweite beträgt ebenfalls 22,0 m.

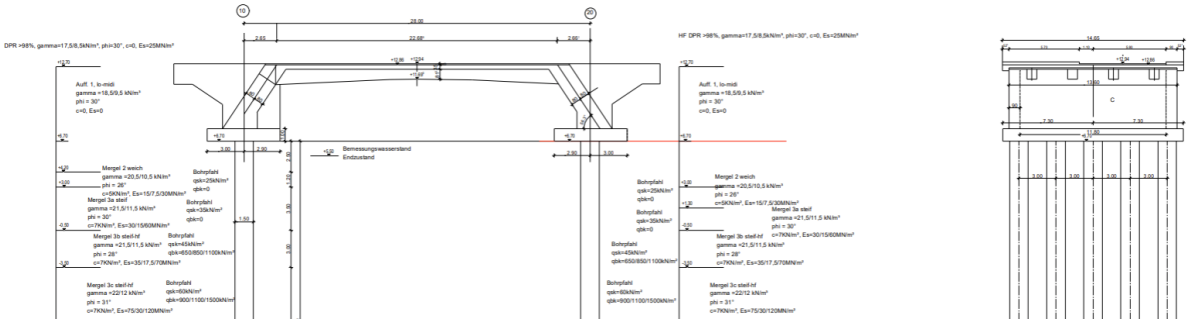


Abbildung: Bauwerksskizze mit einer Bohrpfahlreihe D= 1,50 m /U 21/

4. Baugrunderkundung / Baugrundaufbau

4.1 Baugelände und Bestandsbauwerk

Aktuell befindet sich das Brückenbauwerk in der Baulast des Tiefbauamtes der Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Es verlaufen die Verkehrsanlage Straße einschl. des nördlichen Geh- und Radweges über das 2-feldrige Brückenbauwerk aus Spannbeton. Die Brücke befindet sich in Dammlage im Zuge des Schmarler Dammes und überquert die elektrifizierte, zweigleisige DB-Strecke 6325 von Neustrelitz nach Warnemünde (klassifiziert als TEN-Strecke). Unmittelbar östlich der Brücke befindet sich die LSA-geregelte Straßenkreuzung Schmarler Damm/Hundsburgallee/Marieneher Straße. Westlich der Brücke befindet sich in ca. 25 m Entfernung ein weiteres Brückenbauwerk über die Gleise der RSAG. Diese Brücke dient der Unterführung der zweigleisigen Straßenbahnstrecke aus Richtung Rostock-Zentrum in Richtung-Evershagen.

Bauwerksparameter des Bestandsbauwerkes:

Das bestehende Ingenieurbauwerk ist eine Zweifelbrücke aus Spannbeton als Durchlaufträger. Die Breite zwischen den Geländern beträgt ca. 14,45 m. Die Breite zwischen den Vorderkanten der aufgesetzten Stahlschutzplanken beträgt ca. 7,63 m. Die Gesamtstützweite beträgt 45,5 m (24,50 m +21,00 m). Die lichte Höhe über Schienenoberkante beträgt laut Leistungsbeschreibung zur Planung ca. 5,44 m (12. Juli 2000).

<u>Bw 131 – Brücke Schmarler Damm, ASB-Nummer: 1838:719</u>

- Baujahr: 1970
- oben: Geh- und Radweg Nord, Straße mit 2 Fahrstreifen, Notgehweg Süd
- unten: 2-gleisige elektrifizierte TEN Strecke 6325, Neustrelitz –Warnemünde der DB
- Felder: 2
- Stützweite: 24,50 – 21,00 = 45,50 m
- Breite zw. den Geländern: 14,45 m
- Gesamtbreite: 15,05 m
- Fläche: ca. 658 m²
- Brückenklasse: BKL 30/30 nach DIN 1072 bei Beachtung von Einschränkungen (Nachrechnungen aus 1994 und 01/2021)
- MLC: 30/30 - 60 (Kette und Rad)
- Zustandsnote: 2020S Note 2,3, letzte Hauptprüfung 2018H Note 2,3

- Längstragwerk: 1-zelliger Hohlkasten (nachgerechnet als 2-stegiger Plattenbalken, da die sehr dünne untere Platte nur als Ballast angesetzt wurde) als Durchlaufträger aus Spannbeton mitinterner Längsvorspannung in Ortbetonbauweise. Interne Vorspannung mit nachträglichem Verbund als beschränkte Vorspannung mit ölschlussvergütetem Spannstahl 1400 / 1600 (Hersteller - Henningsdorf). Dieser Spannstahl ist einwasserstoffindizierter, spannungsrissgefährdeter Spannstahl.
- Quertragwerk: Stahlbeton, Fahrbahnplatte
- Lagerung: Topflager
- Unterbauten: Stahlbeton, schlaff bewehrt
- Gründung: Bohrpfahlgründung

4.2 Geologische Situation

Es liegt ein Altgutachten (VEB Baugrund Berlin Zweigstelle Stralsund) vom 16. Juni 1967 vor. Dem Altgutachten können folgende Angaben zu den Baugrundverhältnissen entnommen werden:

- unterer Horizont der Aufschüttung zwischen +2,63 m NN und +3,55 m NN
- darunter folgt Geschiebemergel bis zur Endteufe der Bohrungen
- zum Teil schluffige Feinsandschicht unter der Aufschüttung

- Wasseranschnitt zwischen +3,03 m NN und +3,75 m NN
- Wasseranstieg während der Bohrarbeiten auf +4,15 m NN bis 4,27 m NN
- Aufschüttungen bindig mit sehr weichem bis weichem Zustand
- Geschiebemergel annähernd halbfest
- Betonaggressivität der Wasserproben seinerzeit als mittel betonaggressiv eingestuft

Darüber hinaus sind dem Altgutachten folgende Angaben zur Gründungsempfehlung zu entnehmen:

- tragfähiger Baugrund der Außenstützen ca. bei +3,50 m NN
- tragfähiger Baugrund der Mittelstütze ca. bei +2,65 m NN
- Auskofferung stark setzungserzeugender Schicht bis -1,0 m NN unwirtschaftlich
- Rammpfähle oder Bohrpfähle geeignet
- Geschiebemergel laut damaligen Aufschlüssen sehr steinig

4.3 Erkundung des Baugrundes

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden zwei Bohrungen bis 30 m unter OK Gelände abgeteuft. Des Weiteren wurden zwei Drucksondierungen bis 30 m Tiefe ausgeführt. Weiter wurden Kleinrammbohrungen mit Tiefen zwischen 5 und 10 m sowohl im Damm als auch auf dem Niveau der Gleisanlage angeordnet.

Weiter wurden die Altaufschlüsse aus der Unterlage /U 12/ verwendet.

Die vorliegenden Baugrundaufschlüsse reichen für die Begutachtung der Baugrundverhältnisse im Bereich des Brückenbauwerkes aus.

Die Lage der Aufschlüsse kann der Anlage 1 entnommen werden.

Es wurden die folgenden Geländehöhen eingemessen (Ansatzhöhen Aufschlüsse):

Straßenniveau:	rd. +12,4 bis +12,7 m NHN
Niveau der DB-Anlagen:	rd. +5,0 bis +5,5 m NHN

Auffüllungen wurden als Dammschüttung bzw. Bauwerkshinterfüllung mit einer Mächtigkeit von bis zu rd. 9 m angetroffen. Die Unterkante der Auffüllung liegt zwischen +2,9 m NHN (B 2/24) und +4,5 m NHN (BS 4/24). Das deckt sich mit den Altaufschlüssen, wo die Unterkante Auffüllung zwischen rd. +2,6m NHN und +3,5 m NHN erkundet wurde.

Unterhalb der Auffüllung folgt ein mächtiger Geschiebemergelkomplex bis zur Endtiefe der Bohrungen. Im Geschiebemergel sind wasserführende Sandschichten eingelagert (BS 6/24). Decksande wurden nur in BS 10/24 als vermutlich ehemalige Geländedeckschicht angetroffen.

Die Schichtenfolge ist der Anlage 2 zu entnehmen.

4.4 Baugrundeigenschaften

Die Eigenschaften der einzelnen Baugrundschichten werden auf der Grundlage der visuellen Ansprache während der Aufschlussarbeiten sowie ausgeführter Laborprüfungen an ausgewählten Bodenproben beurteilt. Die Einzelergebnisse der Laborprüfungen gehen aus dem Laborprüfbericht (Anlage 3) hervor. Auf die einzelnen Schichten wird nachfolgend gesondert eingegangen.

Die Dammschüttung besteht überwiegend aus schluffigen Feinsanden. Die Lagerungsdichte der Auffüllung ist im Ergebnis der Drucksondierungen locker bis mitteldicht (q_c = 5- 10 MN/m²).

Der **Geschiebemergel** wurde entsprechend seiner Kornzusammensetzung als schluffiger Sand mit schwach kiesigen Anteilen spezifiziert. Es handelt sich um einen stark sandigen und leichtplastischen Boden. Zum Teil kann man ihm keine Plastizität nachweisen. Daher sind die Ergebnisse der Ermittlung der Konsistenzgrenzen nicht uneingeschränkt aussagekräftig.

An der Schichtobergrenze des Geschiebemergels lagert eine sehr geringmächtige Schicht mit weicher Konsistenz (q_c = 1 MN/m²). Es folgt ein oberer Geschiebemergel, mit einer steifen Zustandsform (q_c =7- 9 MN/m²) und einer undränierten Scherfestigkeit von c_u = 89 kN/m². Danach ist ein Rückgang der Spitzendruckwerte in der Drucksonde auf q_c = 2,5 bis 7 im Mittel 4 - 6 MN/m² zu verzeichnen. Die Konsistenz des unteren Geschiebemergels ist steif bis halbfest und halbfest.

Die Geschiebeböden sind durch eingelagerte Steine und Blöcke sowie Sandschichten gekennzeichnet.

4.5 Wasserverhältnisse / Wassereigenschaften

Während der Bohrarbeiten wurde Wasser in den folgenden Tiefen festgestellt.

B 1/24	13,6 u GOK	-0,85 m NHN
B 2/24	8,0 m u GOK	+4,4 m NHN
BS 3/24	2,2 m u GOK	+2,8 m NHN
BS 4/24	2,2 m u GOK	+4,3 m NHN
BS 5/24	2,3 m u GOK	+4,5 m NHN

In den Altaufschlüssen erfolgte der Grundwasseranschnitt zwischen +3,0 m und +3,75 m NHN. Nach Bohrende war ein leichter Grundwasseranstieg auf Werte zwischen +4,15 m und +4,25 m NHN zu verzeichnen.

Im Geoportal M/V wird der Grundwasserflurabstand mit > 10 m angegeben. Nachfolgend die Grundwasserhöhengleichenkarte im Untersuchungsraum.

Die aus der Bohrung B 1/24 und B 2/24 entnommenen und chemisch untersuchten Wasserproben wurde auf betonaggressive Eigenschaften und auf Stahlkorrosion untersucht. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefasst. Einzelheiten zu den Ergebnissen können den Laborprüfberichten in Anlage 4 entnommen werden.

Tabelle 1: Ergebnisse der Grundwasseranalysen nach DIN 4030 (Betonaggressivität)

	pH-Wert [--]	kalklösende Kohlensäure [mg/l]	Ammonium [mg/l]	Magnesium [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Angriffsgrad
Grenzwerte nach DIN 4030	6,5 - 5,5	15 - 40	15 - 30	300 - 1000	200 - 600	schwach angreifend
	<5,5 - 4,5	>40 - 100	>30 - 60	>1000 - 3000	>600 - 3000	stark angreifend
	<4,5	>100	>60	> 3000	>3000	sehr stark angreifend
B 1	7,8	n.v.	2,4	12,3	4,1	nicht angreifend
B 2	8,0	n.v.	2,7	24,8	87	nicht angreifend

Tabelle 2: Ergebnisse der Grundwasseranalysen nach DIN 50929-3 (Stahlaggressivität)

	Korrosionswahrscheinlichkeit für unlegierte und niedriglegierte Stähle				Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen	
	Mulden- und Lochkorrosion		Flächenkorrosion			
	Unterwasserbereich	Wasser-Luft-Bereich	Unterwasserbereich	Wasser-Luft-Bereich	Unterwasserbereich	Wasser-Luft-Bereich
B 1	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gut	befriedigend
B 2	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gut	befriedigend

Berichtsabschnitt 2: Bewertung der Ergebnisse des Untersuchungsberichtes

5. Bodenbeurteilung und -klassifizierung

5.1 Beurteilung der Baugrundverhältnisse

Die Dammschüttung sowie weicher Geschiebemergel sind zur Aufnahme der Bauwerkslasten aus dem Brückenbauwerk nicht geeignet. Unterhalb der v. g. Böden folgt ein Geschiebemergel mit einer mindestens steifen sowie steifen bis halbfesten Zustandsform, der zur Aufnahme der Bauwerkslasten ausreichend tragfähig und aufgrund der hohen Steifigkeit als Gründungsschicht für die Widerlager in Frage kommt.

5.2 Geotechnische Kategorie

Das Bauvorhaben ist als integrales Bauwerk gemäß RE-ING in die geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Der Baugrund ist in Verbindung mit der gewählten Gründung für ein integrales Bauwerk geeignet.

5.3 Homogenbereiche

Für die Planung, Ausschreibung und Ausführung der geplanten Arbeiten werden die erkundeten Erdstoffe nachfolgend in Homogenbereiche eingeteilt, die für folgende DIN gelten:

- DIN 18300 Erdarbeiten
- DIN 18301 Bohrarbeiten
- DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

Des Weiteren ist die Klassifikation hinsichtlich der Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB angegeben.

Tabelle 3: Homogenbereiche A - C

Homogenbereich	A	B	C
Bodenschichten Nr.	1	2	3a / 3b / 3c
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung	Geschiebemergel	Geschiebemergel
Bodengruppe DIN 18196	OH, SU- SU*	SU*/ ST*	SU*/ ST*
Frostempfindlichkeit ZTV E-StB	F2 – F3	F3	
Feinkornanteil / d <0,002 mm	< 5 %	5…10 %	5…10 %
Feinkornanteil / d <0,063 mm	15…30 %	25…40 %	25…40 %
Sandanteil / d = 0,063…2,0 mm	65…80%	55…85 %	55…85 %
Kiesanteil / d = 2,0…63 mm	< 15 %	5…10 % (lokal bis 30 % möglich)	5…10 % (lokal bis 30 % möglich)
Steine / d = 63…200 mm	< 5 %	lokal bis jeweils 30 % möglich (Geschiebe)	
Blöcke / d = 200…630 mm	nicht enthalten		
große Blöcke / d > 630 mm			
Durchlässigkeit	$1*10^{-5}$…$1*10^{-4}$ m/s	$5*10^{-8}$ bis $5*10^{-7}$ m/s	$5*10^{-8}$ bis $5*10^{-7}$ m/s
Abrasivität	schwach bis normal abrasiv	Grundmatrix: kaum abrasiv Geschiebe: extrem abrasiv	
organischer Anteil	2…5 %	< 2 %	
Feuchtdichte	1,6…1,8 g/cm³	2,0…2,2 g/cm³	
Undränierte Scherfestigkeit	--	40…60 kN/m²	80…120 kN/m²
Wassergehalt	--	12,3…16,4 %	9,7…11,5 %
Plastizität	--	5,0… 5,6 %	5,0…5,6 %
Konsistenz	--	weich	steif und steif bis halbfest
Lagerungsdichte	locker- mitteldicht	--	--

5.4 Wiederverwendung des Bodenaushubs

Die beim Aushub gewonnenen Sande der Dammschüttung können nicht zur Hinterfüllung genutzt werden. Der Geschiebemergel kann als Schüttmaterial für Erdbaumaßnahmen verwendet werden. Beim Wiedereinbau von Geschiebemergel ist jedoch zu beachten, dass dieser empfindlich gegenüber benetzendem Wasser ist. Der optimale Einbauwassergehalt wird mit w_{Pr} ~ 10 % angegeben. Im Rahmen der Gutachtenerstellung wurden Aushubböden und Ausbaumaterialien auf eventuelle Kontamination untersucht. Die detaillierten Ergebnisse der umweltchemischen Untersuchungen können den Prüfberichten in Anlage 5 sowie der Zusammenstellung in Anlage 6 entnommen werden. Unter Abschnitt 9 erfolgt eine kurze Bewertung der vorliegenden Analysenergebnisse.

Berichtsabschnitt 3: Folgerungen, Empfehlungen, Hinweise

6. Bemessungsgrundlagen

6.1 Charakteristische Bodenkennwerte

Für die Bemessung der Gründung und andere notwendige erdstatische Berechnungen werden nachfolgend charakteristische Berechnungswerte angegeben. Diese wurden für jedes Widerlager mit den dazugehörigen Schichtgrenzen aufgestellt. Entsprechend /U 7/ werden zur Bemessung des integralen Bauwerkes die oberen und unteren Steifigkeitskennwerte angegeben.

Tabelle 4: Charakteristische Bodenkennwerte, gültig für das westliche Widerlager, Achse 10 (B 1/24, CPT 1/24, BS 4/24, BS 5/24)

Schicht von / bis	Bodenart nach	Bodeneigenschaften	γ_k	γ_k'	φ_k'	c_k'	$E_{S,k}$ [1]	Grenzwerte E_S nach RE-ING – Teil 2, Abschnitt 5 lt. /U 7/	
								unterer Grenzwert [2]	oberer Grenzwert [3]
m NHN	DIN 4022/4023	I_D / I_C	kN/m³	kN/m³	°	kN/m²	MN/m²		
+12,7 / +4,2	Auffüllung 1	locker bis mitteldicht	18,5	9,5	30	-	15	-	-
+4,2 / +3,0	Geschiebemergel 2	weich	20,5	10,5	26	5	15	7,5	30
+3,0 / -0,5	Geschiebemergel 3a	steif	21,5	11,5	30	7	30	15	60
-0,5/ -3,5	Geschiebemergel 3b	steif-halbfest	21,5	11,5	28	7	35	17,5	70
-3,5 / -17,5	Geschiebemergel 3c	steif-halbfest	22,0	12,0	31	7	75	30	120

[1] maßgebender Mittelwert
[2] 0,5facher Mittelwert (weiche Bettung)
[3] 2,0facher Mittelwert (steife Bettung)

Tabelle 5: Charakteristische Bodenkennwerte, gültig für das östliche Widerlager, Achse 20 (B 2/24, CPT 2/24, BS 6/24, BS 7/24)

Schicht von / bis	Bodenart nach	Boden-eigen-schaften	γ_k	γ_k'	φ_k'	c_k'	$E_{S,k}$ [1]	Grenzwerte E_S nach RE-ING – Teil 2, Abschnitt 5 lt. /U 7/	
								unterer Grenz-wert [2]	oberer Grenz-wert [3]
m NHN	DIN 4022/4023	I_D / I_C	kN/m³	kN/m³	°	kN/m²	MN/m²		
+12,7 / +3,0	Auffüllung 1	locker bis mittel-dicht	18,5	9,5	30	-	15	-	-
+3,0 / +1,3	Geschiebemergel 2	weich	20,5	10,5	26	5	15	7,5	30
+1,3 / -0,5	Geschiebemergel 3a	steif	21,5	11,5	30	7	30	15	60
-0,5/ -3,5	Geschiebemergel 3b	steif-halbfest	21,5	11,5	28	7	35	17,5	70
-3,5 / -17,5	Geschiebemergel 3c	steif-halbfest	22,0	12,0	31	7	75	30	120

[1] maßgebender Mittelwert
[2] 0,5facher Mittelwert (weiche Bettung)
[3] 2,0facher Mittelwert (steife Bettung)

6.2 Ersatzböden

Im Hinterfüll- bzw. Überschüttbereich der Widerlager ist gemäß ZTVE-StB 17, Abschnitt 10.2.4 (1) und (2) grobkörniger Boden SW, SI, SE, GW, GI, GE bzw. gemischtkörniger Boden SU, ST, GU, GT zu verwenden. Vorzugsweise sollten grobkörnige Schüttstoffe verwendet werden. Das Material ist entsprechend der v.g. Vorschrift, Abschnitt 10.3 lagenweise einzubauen und auf $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten.

Zur Verfüllung der Baugrube ist ein grobkörniger Boden gemäß ZTVE-StB 17 zu verwenden und auf $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten.

Für grobkörnige Erdstoffe können in Abhängigkeit des Verdichtungsrades für eine Vorbemessung die in Tabelle 6 genannten charakteristischen Bodenkennwerte in Ansatz gebracht werden.

Tabelle 6: Charakteristische Kennwerte für Ersatzerdstoffe

Bodengruppe DIN 18196	Verdichtung	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k' [°]	c_k' [kN/m²]	$E_{s,k}$ [MN/m²]
grobkörnige Erdstoffe: GE, GI, GW, SE, SI, SW	$D_{PR} \geq 98$ %	17,5	8,5	30	0	25
grobkörnige Erdstoffe: GE, GI, GW, SE, SI, SW	$D_{PR} \geq 100$ %	18,0	9,0	32	0	40

Im Rahmen der Ausführung ist für die verwendeten Erdstoffe nachzuweisen, dass diese den o. g. Kennwerten entsprechen. Ein ausreichender Verdichtungsgrad ist durch Verdichtungsprüfungen nach DIN 18125 nachzuweisen.

6.3 Bemessungswasserstände

Für die weiteren Planungsarbeiten wird ausgehend von den gemessenen Wasserständen und einem Zuschlag für natürliche Wasserspiegelschwankungen von 1,0 m empfohlen. Für das Bauwerk sollten folgende Bemessungswasserstände in Ansatz gebracht werden:

Bemessungswasserstand Bauzustand (BS-T)	+4,5 m NHN
Bemessungswasserstand Endzustand (BS-P)	+5,5 m NHN

Unabhängig der v. g. Bemessungswasserstände muss im Zuge der Bauausführung mit dem Auftreten temporärer Stauwasserbildungen oberhalb der gering durchlässigen Geschiebeböden gerechnet werden.

7. Gründungsempfehlung

Für das geplante Brückenbauwerk ist gemäß /U 15/ eine Tiefgründung geplant. Der Bestand ist ebenfalls tief gegründet. Die neuen Widerlager des Ersatzneubaus werden dichter an die DB-Anlagen herangerückt und eine 1-feldrige Brücke geplant. Eine Stütze entfällt. Der Baugrund im Gründungsbereich ist daher nicht vorbelastet. Nach /U 15/ wird eine Bohrpfahlgründung D 1,5 m geplant. Die Pfahlkopfplatte wird auf +6,70 m NHN angeordnet. Die Widerlager erhalten Anschlussdämme bis zum Bestand. Die Pfahlgründung mit den hochliegenden Pfahlkopfplatten ist zweckmäßig.

7.1 Baugrube, Wasserhaltung, Baubehelfe

Gräben und Baugruben mit Tiefen > 1,25 m sind sachgemäß abzuböschen bzw. auszusteifen. Für geböschte Gräben und Baugruben kann der Böschungswinkel mit ≤ 45° angesetzt werden. Dies gilt für kurzzeitige und unbelastete Böschungen mit H ≤ 3 m oberhalb des Wasserstandes. Bei Böschungshöhen >3 m ist ein rechnerischer Nachweis erforderlich. Alternativ ist die Anordnung von Bermen möglich.

Zur Trockenhaltung der Baugruben im Bereich der Widerlager ist eine offene Wasserhaltung erforderlich.

Baubehelfe werden in Form von Traggerüsten zum Einsatz kommen. Nachweise für Baubehelfe wurden nicht geführt.

8 Pfahlgründung

8.1 Bemessungskennwerte Pfähle

Die Ausführung von Großbohrpfählen ist grundsätzlich möglich. Hinsichtlich der Herstellbarkeit einer Pfahlgründung und ihrer äußeren Tragfähigkeit ist zu beachten, dass die Geschiebemergelschicht Sonderklassen der Bohrbarkeit und Rammbarkeit darstellen. Mehraufwendungen bei der Herstellung, wie suspensionsgestütztes Bohren und Hindernisberäumung, sind grundsätzlich einzuplanen.

Die Herstellung von Bohrpfählen nach DIN 1054 erfordert eine hohe Qualität und eine streng gehandhabte Qualitätssicherung bei der Pfahlherstellung.

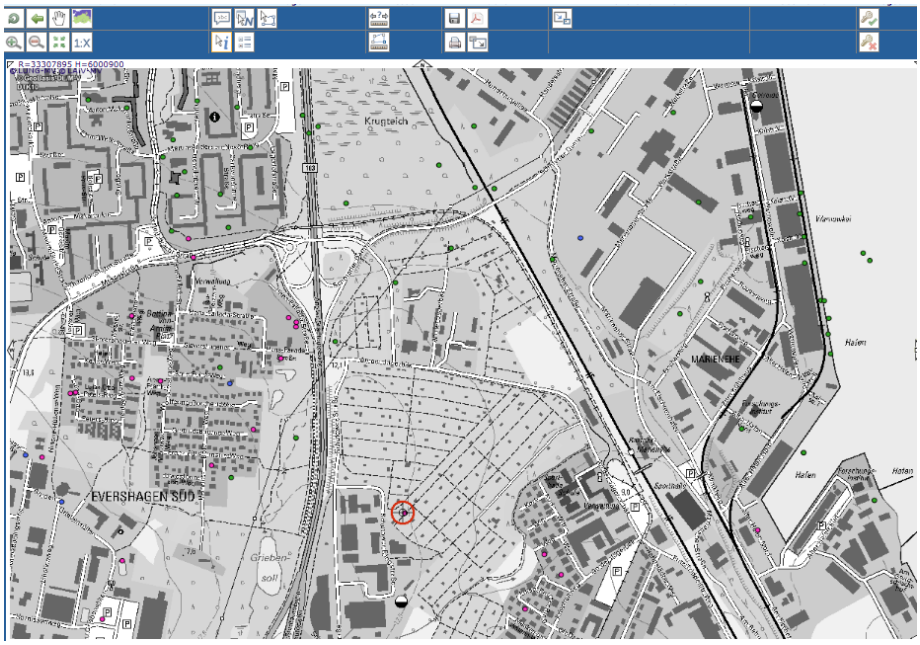
Auf der Grundlage der vorliegenden Feld- und Laborergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen die charakteristischen Bodenkennwerte und Richtwerte für die Ermittlung der Tragfähigkeit von Bohr- und Rammpfählen angegeben.

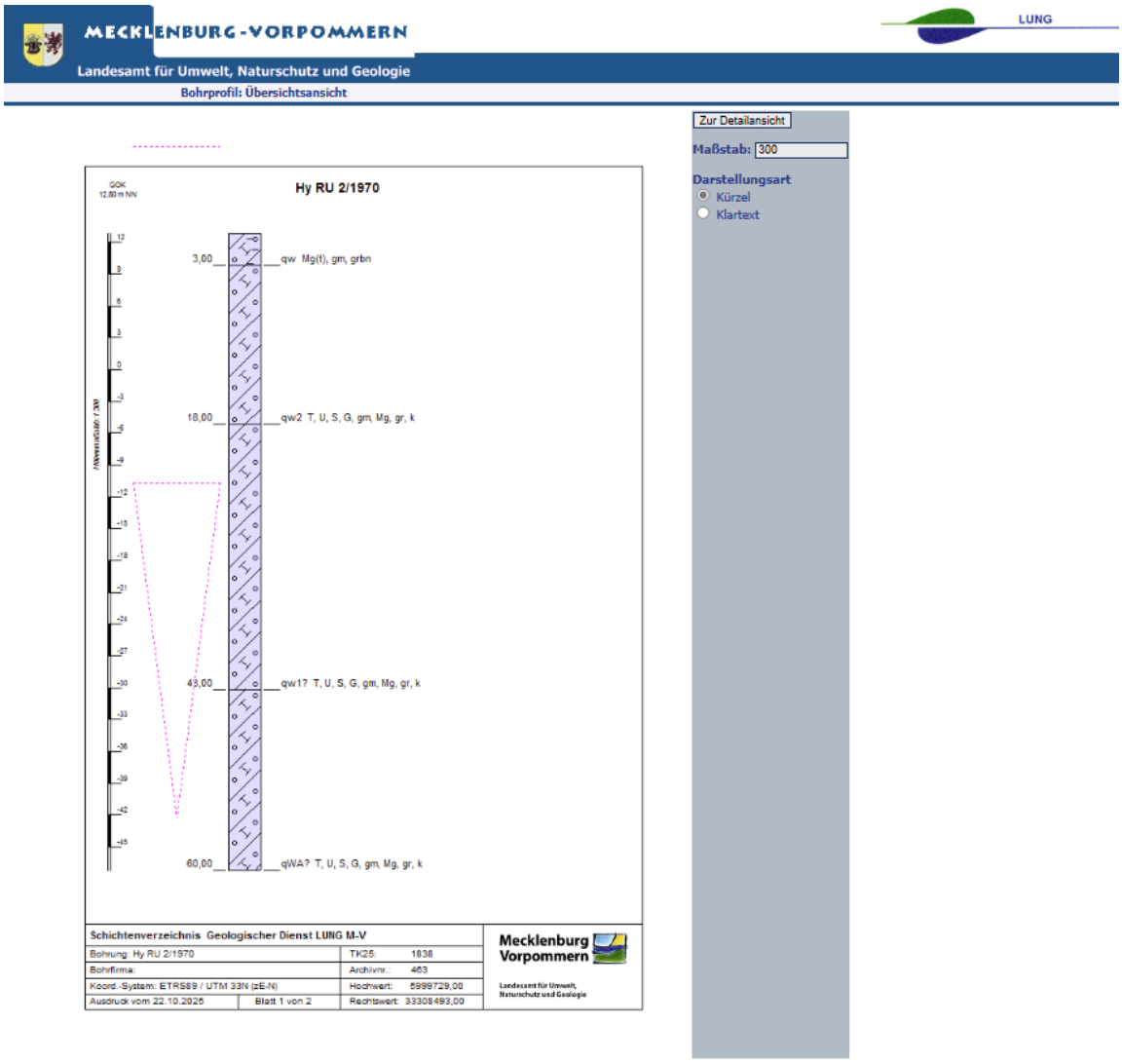
Tabelle 7: Charakteristische Werte für Mantelreibung und Spitzendruck für Bohrpfähle und gerammte Verdrängungspfähle nach EA-Pfähle

Schicht Nr.	Bodenart nach DIN 18196	I_C / I_D	Bohrpfahl		Verdrängungspfahl	
			q_{sk} [kN/m²]	q_{bk} [kN/m²]	q_{s1k} [kN/m²]	q_{b1k} [kN/m²]
1	Aufschüttung	locker- md	-	-	-	-
2	Geschiebemergel, SU*-ST*	weich	25	-	30	-
3a	Geschiebemergel, SU*-ST*	steif	35	-	40	-
3b	Geschiebemergel, SU*-ST*	steif bis halbfest	50	650[1)] 800[2)] 1.100[3]	55	2.500
3c	Geschiebemergel, SU*-ST*	steif bis halbfest	65	900[1)] 1.100[2)] 1.500[3]	65	4.500

Die vorgenannten Werte gelten für Bohrpfähle ohne Mantelverpressung. Gemäß EA-Pfähle dürfen die Werte für die Mantelreibung bei einer vollständigen Mantelverpressung um bis zu 50 % erhöht werden.

Ergeben sich bei der Pfahlbemessung der einreihigen Bohrpfähle D= 1,50 m große Pfahllängen, kann für den Entwurf davon ausgegangen werden, dass sich die Schicht 3c weiter fortsetzt bzw. Böden folgen mit mindestens gleichen Bodenkennwerten /Quelle Geoportal MV/.





Für eine Sensitivitätsanalyse nach RE- ING Teil 2 Brücken sind für die vertikale Steifigkeit:

der Untere Grenzwert = 1,0 facher Grundwert
der Obere Grenzwert = 4,0 facher Grundwert

Laut /U 21/ beträgt die maximale Designeinwirkung (Druck) auf den Einzelpfahl 4.929 kN. Abbildung 2 zeigt, dass zur Abtragung dieser Last eine Pfahllänge von etwa 21- 22 m erforderlich wäre. Die dazugehörigen Setzungen des Einzelpfahles liegen bei etwa 1,5 cm. Da die Baugrund- und Gründungsverhältnisse sowie die Einwirkungen in den Achsen 10 und 20 relativ einheitlich sind, werden die Setzungsdifferenzen zwischen den Achsen mit <10 mm erwartet.

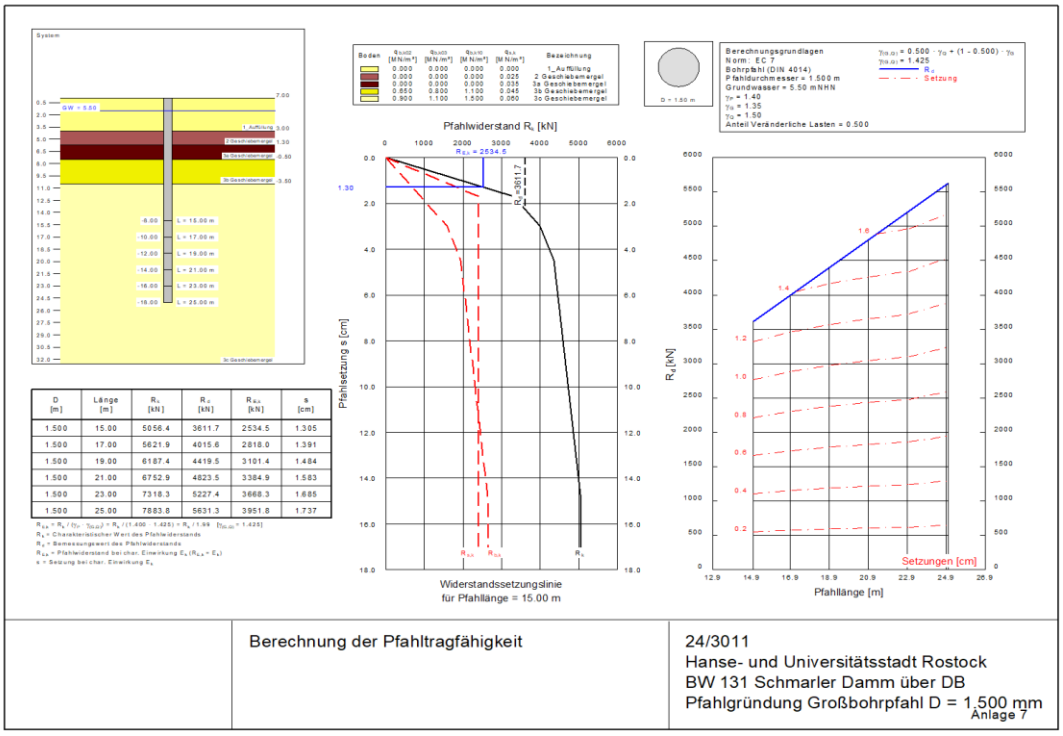


Abbildung 2: Pfahlwiderstände/ Verformungen Grundwert

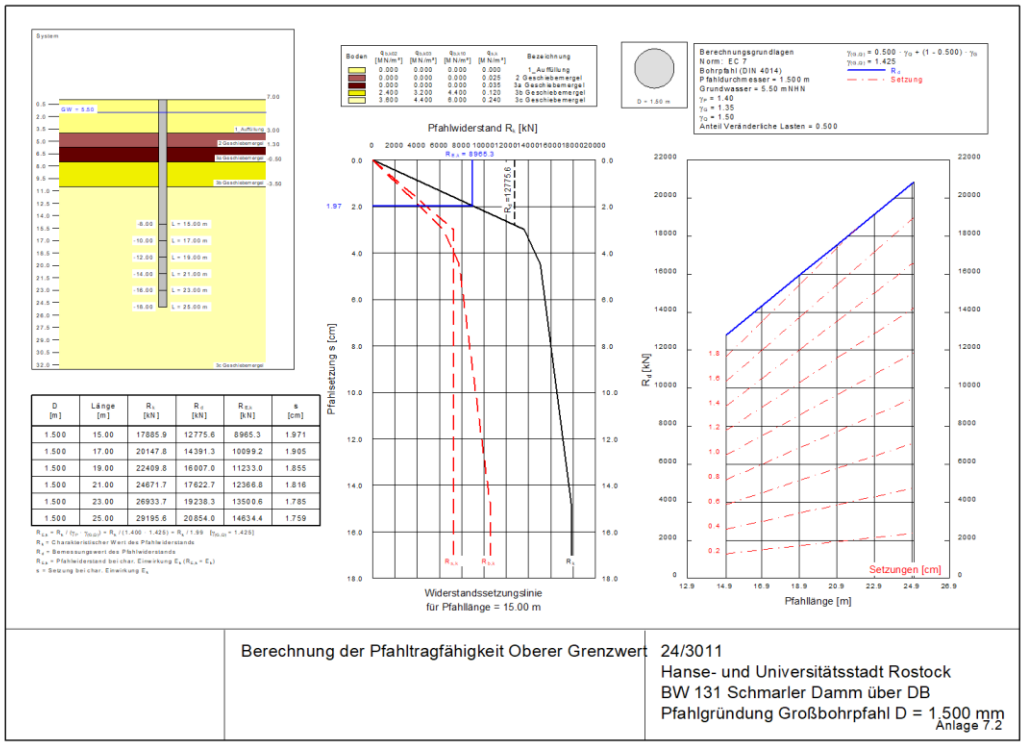


Abbildung 3: Pfahlwiderstände/ Verformungen Oberer Grenzwert

8.2 Pfahlgruppen

Bei axial belasteten Druckpfahlgruppen ist zu prüfen, ob die Pfahlkopfplatte ausreichend bemessen ist, um ein unterschiedliches Widerstandsetzungsverhalten der Einzelpfähle innerhalb der Gruppe auszugleichen und die Lasten dementsprechend umzulagern. Bei Druckpfahlgruppen mit ausreichend steifer Pfahlkopfplatte darf das Auftreten eines Grundbruches unterhalb der Pfahlgruppe ausgeschlossen werden. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Pfahlfußfedersteifigkeit) kann bei Bohrpfählen ein Gruppenfaktor von λ_1 = 0,35 bis 0,6 angenommen werden (gem. EA-Pfähle). Dieses gilt für die geplanten Bohrpfahlgruppen mit einem Achsabstand der Pfähle von a = 3*D und einem Pfahlabstand / Einbindetiefeverhältnis von a/d $\leq$ 0,3. Ein Gruppenfaktor für die Gruppengröße λ_2 gem. EA-Pfähle gilt für Gruppengrößen bis 4*4. Für Gruppengrößen 5*5 soll der Faktor 1,0 verwendet werden.

Von Bedeutung ist die Vergrößerung der Setzung unter einer Pfahlgruppe gegenüber der Setzung eines Einzelpfahles. Es ist der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit für die sich einstellenden größeren Setzungen der Gruppe gegenüber dem Einzelpfahl zu führen.
Die DIN 1054 empfiehlt zur Berücksichtigung der Pfahlgruppenwirkung im Gebrauchszustand die Setzungsberechnung einer Flächengründung in der Pfahlfußebene. Die so berechnete Setzung zuzüglich der Setzung des Einzelpfahles muss für das Bauwerk unschädlich sein. Auf der Grundlage der Pfahlplattengeometrie, Pfahlanordnung und Pfahllasten sind für die verschiedenen Pfahlgruppen Setzungsberechnungen auszuführen. Die Berechnungen ergeben allgemein oftmals zu hohe Setzungen der Pfahlgruppen. Die charakteristischen Einwirkungen auf die Pfahlgruppen wären insofern abzumindern, um ein tolerierbares Setzungsmaß zu erreichen. Bei der Bewertung dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass nicht zwangsläufig die maximalen Einwirkungen auf den Einzelpfahl auf alle Pfähle der Pfahlgruppe angesetzt werden. Eine Differenzierung der einzelnen Pfahllasten in der Gruppe sowie die Berücksichtigung nur setzungsrelevanter Einwirkungen können hier zu wesentlich geringeren Abminderungen führen. Gleichzeitig sollen in der weiteren Planung zulässige Setzungen und Setzungsdifferenzen zwischen den Stützungen frühzeitig diskutiert werden.

Für Bohrpfähle kann der Nachweis der Gruppenwirkung nach EA-Pfähle geführt werden. Die Anforderungen nach RE-ING Tabelle 2.5.6 sind einzuhalten. U. a. ist schon im Entwurf eine Sensitivitätsanalyse der vertikalen und horizontalen Steifigkeit erforderlich.

8.3 Horizontale Einwirkungen auf Einzelpfähle und Pfahlgruppen

Für quer zur Pfahlachse beanspruchte Einzelpfähle und Pfahlgruppen ist nachzuweisen, dass die einwirkende Querbelastung mit für den Gebrauchszustand verträglichen Verschiebungen, Verdrehungen bzw. Verkantungen der Pfahlgruppe aufgenommen werden kann. Hierbei ist zu beachten, dass sich die Querbelastung in Höhe der Pfahlköpfe bei erzwungener gleicher Kopfverschiebung aller beteiligten Pfähle nicht gleichmäßig auf sie verteilt. Abminderungsfaktoren für die horizontale Bettung innerhalb einer Gruppe können nach EAP Kap. 8.2.3 ermittelt werden.

Die Bettung des Einzelpfahles kann auf der Grundlage der angegebenen Steifezahlen in Abhängigkeit vom Pfahldurchmesser ermittelt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass insbesondere am Pfahlkopf die Größenordnung des mobilisierbaren Erdwiderstandes mit dem Bettungswert nicht überschritten wird.

8.4 Herstellung von Bohrpfählen, Qualitätssicherung

Für Bohrpfähle sind die Hinweise und Empfehlungen der DIN EN 1536 zu beachten. Das Bohren hat mit geeignetem Werkzeug für die anstehenden, beschriebenen Untergrundverhältnisse zu erfolgen. Es sind verrohrte und suspensionsgestützte Bohrungen auszuführen. Es sind Bohrwerkzeuge mit vorauseilender Verrohrung einzusetzen.

Darüber hinaus ist mit einer ausreichenden Wasserauflast (mind. 1,0 m über Außen- und Druckwasserstand) im Bohrrohr zu bohren. Es ist hierbei zu beachten, dass die anstehenden Böden zur Verschlammung in der Bohrsohle neigen. Vor dem Betonieren ist genügend Zeit zur Sedimentation von Schwebstoffen einzuplanen und die Sohle nochmals zu räumen. Alternativ kann das Auflastwasser ausgetauscht werden.

8.5 Seitendruck auf Pfähle

Gem. EA Pfähle ist an Geländesprüngen der Seitendruck aus der Hinterfüllung bei der Pfahlbemessung zu berücksichtigen oder der Nachweis am “entkleideten” System ergibt, dass kein Seitendruck auf die Pfähle anzusetzen ist.

8.6 Tragfähigkeit von Verdrängungspfählen für z.B. Hilfsbrückengründung/ Traggerüste

In der Tabelle 7 sind auch die charakteristischen Werte der Pfahlmantelreibung ($q_{s1,b}$) und des Spitzenwiderstandes ($q_{b1,k}$) für Verdrängungspfähle angegeben. Die Hinweise der EA-Pfähle hinsichtlich des Ansatzes der Mantel- und Spitzenfläche bei Stahlprofilen sowie die jeweiligen Abminderungsfaktoren sind zu berücksichtigen.

Bei Verwendung von Rammpfählen wird an dieser Stelle ausdrücklich auf die zu erwartenden Rammerschwernisse hingewiesen. Bei Einsatz von Rammhilfen (Vorbohren, Spülhilfen) sind die in der Tabelle 7 angegebenen Werte je nach Ausführung der Rammhilfe abzumindern.

9. Chemische Analytik

Boden

Die untersuchten Proben aus der Auffüllung sind in die Klassen BM-0 sowie BM-F1 einzustufen (vergleiche Anlage 6).

Bauschutt

Die Ergebnisse der untersuchten Betonkerne ergeben aufgrund des Parameters elektrische Leitfähigkeit erwartungsgemäß eine Einstufung in RC-3.

Asphalt (RuVA-StB)

Der Prüfbericht der chemischen Untersuchung der Asphaltproben ist als Anlage 5 beigefügt. Der im Feststoffgehalt untersuchte PAK-Gehalt und der im Eluat untersuchte Phenolindex der Asphaltproben ist in der nachfolgenden Tabelle 8 zusammengestellt und den Verwertungsklassen nach den Richtlinien für umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau der RuVA-StB 01 zugeordnet.

Tabelle 8: Untersuchungsergebnisse chemische Analytik nach RuVA-StB – Asphalt

Probe		Gesamtgehalt im Feststoff PAK nach EPA	Phenolindex im Eluat	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01
		[mg/kg]	[mg/l]	
Asphaltprobe KB 1		0,15	<0,020	**A**
Asphaltprobe KB 2		0,83	<0,020	**A**
Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01	A	≤ 25	≤ 0,1	
	B	> 25	≤ 0,1	
	C	Wert ist anzugeben	> 0,1	

Der PAK-Gehalt der untersuchten Asphaltproben liegt bei < 25 mg/kg und der Phenolindex bei < 0,1 mg/l. Damit ist der Asphalt entsprechend RuVA-StB 01 als nichtpechhaltig zu bewerten und der Verwertungsklasse A zuzuordnen.

Für den Fall einer Entsorgung des anfallenden Ausbauasphaltes ist die abfallrechtliche Einstufung von Ausbauasphalt in gefährlichen / nichtgefährlichen Abfall in der Bundesrepublik Deutschland abhängig von den länderspezifischen Regelungen. Im Fall einer Entsorgung in Mecklenburg-Vorpommern, wäre nach den derzeitigen „Vollzugshinweisen zur Entsorgung von Bitumen, Teer und bitumen- bzw. teerhaltigen Abfällen, 27.07.2016“, im vorliegenden Fall liegen die Grenzwerte bei PAK-Gehalten bei 10,0 mg/kg TS, von einem nichtgefährlichen Abfall (170301) auszugehen.

10. Anschlussdämme

Ausgehend von den vorliegenden Erkundungsergebnissen werden die Anschlussdämme bis zum Bestand auf unvorbelasteten Aufschüttungen und weichen Geschiebemergel zu gründen sein. Im Bereich der Bestandsdämme liegt eine Vorbelastung vor und es sind keine Maßnahmen erforderlich. Im Lückenschluss wird in der Dammaufstandsfläche ein Teilbodenaustausch bis rd. +5,0 m NHN empfohlen. Somit bleibt man oberhalb des Wasserstandes.

Es ergeben sich aus nachfolgender Setzungsberechnung (GZG) Verformungen in der Dammaufstandsfläche von 6,8 cm.

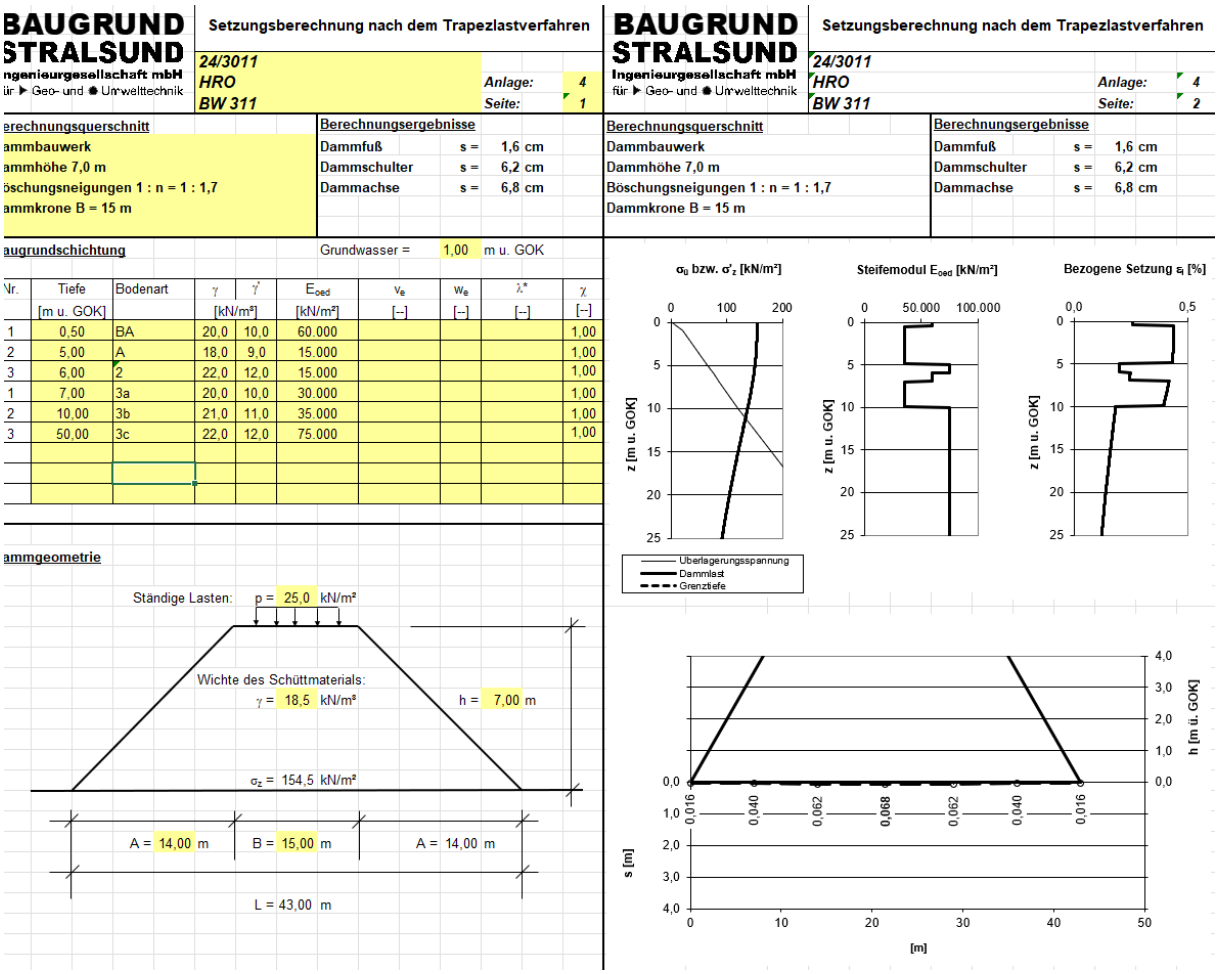


Abbildung 4

BAUGRUND STRALSUND

Dipl.-Ing. Holger Chamier

Dipl.-Ing. Kerstin Gallasch