BAUGRUND
STRALSUND
Ingenieurgesellschaft mbH
für Geo- und Umwelttechnik

Geotechnik

# Geotechnischer Bericht

**über die Baugrund-
und Gründungsverhältnisse
Fassung 01**

| | |
|---|---|
| **Bauvorhaben:** | **Knoten Bremen, Delmenhorst** |
| **Objekt:** | **Bf Bremen Hbf<br>Neubau Weichen (W) 901/902,<br>W 903/904, W 907/908<br>Erneuerung Doppelkreuzweiche (DKW)<br>DKW 11055** |
| **Bestellung Nr.:** | **0016/D07/10337860** |
| **Vertrag Nr.:** | **1000/EBO/92251939** |
| **Auftraggeber:** | **DB Netz AG<br>Lindemannallee 3<br>30173 Hannover** |
| **Auftragnehmer:** | **BAUGRUND Stralsund IG mbH<br>Carl-Heydemann-Ring 55<br>18437 Stralsund** |
| **Auftrags-Nr.:** | **19/2431** |

**Stralsund, 22. Juli 2021 (Fassung 01)**

## Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis ..... 3

1 Allgemeines ..... 3
1.1 Unterlagen ..... 3
1.2 Veranlassung / Aufgabenstellung ..... 5
1.3 Durchführung von Erkundungsarbeiten und Laborversuchen ..... 6
1.3.1 Erkundungsarbeiten ..... 6
1.3.2 Bodenmechanische Laborversuche ..... 8
1.3.3 Chemische Analytik ..... 9

2 Darstellung der geotechnischen Erkundungsergebnisse ..... 11
2.1 Baugelände und Bestand ..... 11
2.2 Baugrundschichtung ..... 12
2.3 Ergebnisse der dynamischen Plattendruckversuche ..... 14
2.4 Baugrundmodell und Berechnungswerte ..... 15
2.5 Hydrologische Verhältnisse ..... 18

3 Bewertung der Kontaminationsuntersuchung ..... 20

4 Gründungstechnische Schlussfolgerungen ..... 25
4.1 Allgemeines ..... 25
4.2 Herstellung und Bemessung des Tragschichtsystems ..... 25
4.3 Filterstabilität ..... 30
4.4 Vorschläge für Entwässerungsanlagen ..... 31
4.5 Baugruben ..... 31

## Anlagenverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| A 1 | | Lage- und Aufschlusspläne |
| A 1.1 | 1 Blatt | W 901/902 |
| A 1.2 | 1 Blatt | W 903/904 |
| A 1.3 | 1 Blatt | W 907/908 |
| A 1.4 | 1 Blatt | DKW 11055 |
| A 2 | | Bohrprofile und Sondierdiagramme, Schürfe |
| A 2.1 | 1 Blatt | W 901/902 |
| A 2.2 | 1 Blatt | W 903/904 |
| A 2.3 | 1 Blatt | W 907/908 |
| A 2.4 | 1 Blatt | DKW 11055 |
| A 3 | 23 Blatt | Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1 |
| A 4 | 24 Blatt | Prüfberichte 21-2307-001 bis -004, 21-2421-001 und -002 (chemische Analytik Altschotter) |
| A 5 | 24 Blatt | Prüfberichte Nr. 21-2307-005 bis -008, 21-2421-003 und -004 (chemische Analytik Boden) |
| A 6 | 5 Blatt | Prüfbericht Nr. 21B01037 (chemische Analytik Altschotter, Boden) |
| A 7 | | Zusammenstellung chemische Analytik |
| A 7. 1 | | Altschotter |
| A 7.2 | | Boden |
| A 8 | 5 Blatt | Ergebnisse der Versuche mit der Leichten Fallplatte |


## 1 Allgemeines

### 1.1 Unterlagen

Zur Ausarbeitung dieses Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

/U 1/ Leistungsabfrage Nr. 8004 vom 23. März 2021

/U 2/ Bestellung 0016/D07/10337860 vom 01. April 2021 zum Rahmenvertrag 1000/EBO/92251939

/U 3/ Kabellageplan Bf Bremen Hbf Stw.: “Bf“, Maßstab 1:500, Blätter 13 bis 15, DB Netze AG, 01.Oktober 2020

/U 4/ Schichtenverzeichnisse und Bodenproben der Kleinbohrungen (BS) 5/21 bis 9/21, 12/21 bis 16/21, 19/21 bis 23/21, 38/21, 40/21 und 42/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April bis Juni 2021

/U 5/ Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen (DPH) 6/21, 8/21, 9/21, 13/21 und 16/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April 2021

/U 6/ Ergebnisse der Leichten Rammsondierungen (DPL) 19/21 und 22/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, Mai 2021

/U 7/ Ergebnisse der Schürfe (Sch) 5/21, 6/21, 8/21, 9/21, 12/21, 13/21, 15/21, 16/21, 19/21, 20/21, 22/21, 23/21, 38/21, 40/21 und 42/21 und Leichten Fallplatten, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April bis Juni 2021

/U 8/ Vermessungsunterlagen der Höhen- und Lagemessung der Aufschlussansatzpunkte (BS, DPH, DPL und Sch), BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April bis Juni 2021

/U 9/ Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1, erstellt von der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH am 24. Juni 2021

/U 10/ Prüfberichte 21-2307-001 bis -008 zur Untersuchung von Altschotter und Boden, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 02. Juni 2021

/U 11/ Prüfberichte 21-2421-001 und -004 zur Untersuchung von Altschotter und Boden, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 14. Juni 2021

/U 12/ Prüfbericht 21B01037 zur Untersuchung von Boden und Altschotter, erstellt von der DB Engineering & Consulting GmbH, Brandenburg-Kirchmöser am 24. Juni 2021

/U 13/ Richtlinie 836 der Deutschen Bahn AG, „Erdbauwerke planen, bauen und instand halten“, 7. Aktualisierung

/U 14/ Richtlinie 820 der Deutschen Bahn AG, „Grundlagen des Oberbaus“, 11. Aktualisierung

/U 15/ DBS 918 062 der Deutschen Bahn AG, „Technische Lieferbedingungen - Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen“

/U 16/ Projekt Nahverkehrskonzept Knoten Bremen, Angaben zu Geschwindigkeiten und Belastungen der Weichenverbindungen (W) 901/902, 903/904, 907/908 und der Doppelkreuzweiche (DKW) 11055, übersendet von der DB Netz AG per E-Mail am 07. Juli 2021

/U 17/ Erläuterungsbericht zur Vorplanung, Nahverkehrskonzept Bremen, Maßnahmen Bremen Hbf (Strecke 1740 und 2200), Projektnummer: G.016129061, DB Netze, 07. August 2020

/U 18/ Geoportal Bremen, Landesamt Geoinformation Bremen, online Abfrage Grundwasserstand und Überschwemmungsgebiet, Stand 09. Juli 2021

/U 19/ Informations-Portal-Abfallbewertung IPA, online Abfrage Grenzwertlisten Bremen (HB), Stand 09. Juli 2021

## 1.2 Veranlassung / Aufgabenstellung

Im Hauptbahnhof der Hansestadt Bremen ist der Neubau der Weichenverbindungen W 901/902, W 903/904 und W 907/908 sowie die Erneuerung der Doppelkreuzweiche (DKW) 11055.

Gemäß Unterlage /U 16/ betragen die zukünftigen Belastungen für die o. g. Weichen 10.000 bis 30.000 Lasttonen pro Tag.

Die vorgesehenen Geschwindigkeiten (VzG) ist entsprechend v. g. Unterlage wie nachfolgend vorgesehen:

| | |
|---|---|
| W 901/902 | Geschwindigkeit 60 km/h |
| | abzweigende Geschwindigkeit 40 km/h |
| W 903/904 | Geschwindigkeit 60 km/h |
| | abzweigende Geschwindigkeit 50 km/h |
| W 907-908 | Geschwindigkeit 90 km/h |
| | abzweigende Geschwindigkeit 60 km/h |
| DKW 11055 | Geschwindigkeit 60 km/h |
| | abzweigende Geschwindigkeit 40 km/h |

Für die Planung der Baumaßnahme ist eine Baugrunderkundung und -bewertung erforderlich. Die BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH wurde mit der Erkundung der Untergrundverhältnisse und der Erstellung eines Baugrund- und Gründungsgutachtens beauftragt.

## 1.3 Durchführung von Erkundungsarbeiten und Laborversuchen

### 1.3.1 Erkundungsarbeiten

Die Erkundungsarbeiten wurden von der BAUGRUND Stralsund im April bis Juni 2021 durchgeführt. Zur Erkundung des Baugrundes wurden je Weiche zwei bzw. drei Schürfe im direkten Gleisbereich angelegt. Mittels Leichter Fallplatte wurde auf der OK Planum (UK Schotter) je Schurfansatzpunkt der dynamische Verformungsmodul ($E_{vd}$) bestimmt.

In den Schürfen wurden Bohrsondierungen bis in Tiefen von ca. 3,0 m unter Schienenoberkante (SO) ergänzt. Ferner wurden in den Zwischenbereichen der W 901/902, W 903/904 und W 907/908 zusätzlich jeweils eine Bohrsondierung bis in Tiefen von ca. 3,0 m unter SO ausgeführt.

Ergänzend zu den Bohrsondierungen wurden an den W 901/902, W 903/904 und W 907/908 Schwere und Leichte Rammsondierungen (DPH und DPL) bis in Tiefen von ca. 3,0 m unter SO ausgeführt.

Eine Übersicht über die Anordnung der Aufschlüsse zeigen die Lage- und Aufschlusspläne in den Anlagen 1.1 bis 1.4. Eine Zusammenstellung ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tabelle 1: Übersicht der Aufschlüsse**

| Aufschluss | | Lage zum Gleis | Höhe Ansatzpunkt [m SO] | Aufschlusstiefe [m u. SchwOK] | Endtiefe [m SO] |
|---|---|---|---|---|---|
| W 901 | BS+Sch 5/21 | Schwellenfach | -0,21 | 3,0 | -3,21 |
| | BS+Sch 6/21 | Schwellenfach | -0,84 | 3,0 | -3,84 |
| | DPH 6/21 | Schwellenfach | -0,84 | 3,0 | -3,84 |
| W 901 / 902 | BS 7/21 | Schwellenfach | -0,15 | 3,0 | -3,15 |
| W 902 | BS+Sch 8/21 | Schwellenfach | -0,21 | 3,0 | -3,21 |
| | DPH 8/21 | Schwellenfach | -0,21 | 3,0 | -3,21 |
| | BS+Sch 9/21 | Schwellenfach | -0,21 | 3,0 | -3,21 |
| | DPH 9/21 | Schwellenfach | -0,21 | 3,0 | -3,21 |
| W 903 | BS+Sch 12/21 | Schwellenfach | +0,21 | 3,0 | -2,79 |
| | BS+Sch 13/21 | Schwellenfach | +0,18 | 3,0 | -2,82 |
| | DPL 13/21 | Schwellenfach | +0,18 | 3,0 | -2,82 |
| W 903 / 904 | BS 14/21 | 2,5 m a. GA | -0,13 | 3,0 | -3,13 |
| W 904 | BS+Sch 15/21 | Schwellenfach | +0,18 | 3,0 | -2,82 |
| | BS+Sch 16/21 | Schwellenfach | +0,19 | 3,0 | -2,81 |
| | DPH 16/21 | Schwellenfach | +0,19 | 3,0 | -2,81 |
| W 907 | BS+Sch 19/21 | Schwellenfach | +0,19 | 3,0 | -2,81 |
| | DPL 19/21 | Schwellenfach | +0,19 | 3,0 | -2,81 |
| | BS+Sch 20/21 | Schwellenfach | +0,19 | 3,0 | -2,81 |
| W 907 / 908 | BS 21/21 | Schwellenfach | +0,11 | 3,0 | -2,89 |
| W 908 | BS+Sch 22/21 | Schwellenfach | +0,20 | 3,0 | -2,80 |
| | DPL 22/21 | Schwellenfach | +0,20 | 3,0 | -2,80 |
| | BS+Sch 23/21 | Schwellenfach | +0,20 | 3,0 | -2,80 |
| DKW 11055 | BS+Sch 38/21 | Schwellenfach | +0,17 | 3,0 | -2,83 |
| | BS+Sch 40/21 | Schwellenfach | +0,18 | 3,0 | -2,82 |
| | BS+Sch 42/21 | Schwellenfach | +0,22 | 3,0 | -2,78 |

Bodenproben wurden je laufenden Meter und bei Schichtwechsel aus jeder Erkundung entnommen. Alle Bodenproben wurden durch die Bearbeiter spezifiziert. Ausgewählte Proben sind im Labor der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen worden.

Die Aufschlüsse (vgl. Tabelle 1) wurden lage- und höhenmäßig (bezogen SO) eingemessen. In den Aufschlussansatzpunkten wurde jeweils hinsichtlich der Leitungsfreiheit händisch vorgeschachtet.

### 1.3.2 Bodenmechanische Laborversuche

Die aus den Kleinbohrungen gestört entnommenen Bodenproben wurden im bodenmechanischen Labor der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH zeitnah spezifiziert. Zur genaueren Klassifizierung in Bodengruppen nach DIN 18196 und Bodenklassen nach DIN 18300 wurden an ausgewählten Bodenproben folgende bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt:

Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind im Einzelnen dem Laborprüfbericht (/U 9/) der Anlage 3 zu entnehmen.

### 1.3.3 Chemische Analytik

Aus den angelegten Schotterschürfen im Bereich der neu geplanten W 901/902, W 903/904 und W 907/908 sowie im Bereich der Erneuerung der DKW 11055 wurde aus dem b-Horizont des Schotters der Feinanteil (0 - 31,5 mm) abgesiebt und sieben fachgerecht zusammengestellte Mischproben (MP-FA 1 bis MP-FA 7) an das Chemielabor DB Engineering & Consulting GmbH, Umweltservice Brandenburg Kirchmöser sowie an das Industrie- und Umweltlaboratorium Vorpommern GmbH (IUL, Greifswald) übergeben. Die Proben wurden gemäß Altschotterrichtlinie 880.4010 sowie auf Herbizide (lt. Niedersächsischem Erlass) untersucht. Die Ergebnisse der chemischen Analytik sind in Anlage 7.1 zusammengefasst und den relevanten Grenzwerten der geltenden Richtlinien gegenübergestellt. Die Prüfberichte (/U 10/ bis /U 12/) sind in den Anlagen 4 und 6 dem vorliegenden Gutachten beigelegt. Unter Abschnitt 3 des vorliegenden Gutachtens erfolgt eine Bewertung der Ergebnisse der chemischen Analytik.

Zur abfalltechnischen Deklaration der Böden im c-Horizont wurden die aus den angelegten Schotterschürfen im Bereich der neu geplanten W 901/902, W 903/904 und W 907/908 sowie im Bereich der Erneuerung der DKW 11055 entnommenen Bodenproben unterhalb des Schotters zu sieben Mischprobe MP-H1 bis MP-H7 fachgerecht zusammengestellt und ebenfalls dem o.g. chemischen Laboren zur Analytik nach TR-LAGA Boden sowie auf Herbizide (lt. Niedersächsischem Erlass) übergeben. Die Ergebnisse der chemischen Analytik sind in Anlage 7.2 zusammengefasst und den relevanten Grenzwerten der geltenden Richtlinien gegenübergestellt. Die Prüfberichte (/U 10/ bis /U 12/) sind als Anlage 5 und 6 dem vorliegenden Gutachten beigelegt. Unter Abschnitt 3 des vorliegenden Gutachtens erfolgt eine Bewertung der Ergebnisse der chemischen Analytik.

Für chemische Untersuchungen des b- und c- Horizontes wurden die in der Tabelle 2 angegebenen Mischproben zusammengestellt.

**Tabelle 2: Zusammenstellung der Proben Schotter b- Horizont und Boden c-Horizont**

| Proben-bezeichnung | Schurf | Entnahmetiefe [rd. m u. GOK] | Probenart | Entnahmebereich |
|---|---|---|---|---|
| MP-FA 1 | Sch 5/21 | 0,15- 0,50 | Schotterfeinanteil b-Horizont | W 901 |
| | Sch 6/21 | 0,15 - 0,47 | | |
| MP-FA 2 | Sch 8/21 | 0,10 - 0,40 | Schotterfeinanteil b-Horizont | W 902 |
| | Sch 9/21 | 0,10 - 0,50 | | |
| MP-FA3 | Sch 12/21 | 0,20 - 0,48 | Schotterfeinanteil b-Horizont | W 903 |
| | Sch 13/21 | 0,24 - 0,54 | | |
| MP-FA 4 | Sch 15/21 | 0,24 - 0,67 | Schotterfeinanteil b-Horizont | W 904 |
| | Sch 16/21 | 0,18 - 0,65 | | |
| MP-FA 5 | Sch 19/21 | 0,27 - 0,62 | Schotterfeinanteil b-Horizont | W 907 |
| | Sch 20/21 | 0,24 - 0,60 | | |
| MP-FA 6 | Sch 22/21 | 0,25 - 0,65 | Schotterfeinanteil b-Horizont | W 908 |
| | Sch 23/21 | 0,25 - 0,60 | | |
| MP-FA 7 | Sch 38/21 | 0,24 - 0,57 | Schotterfeinanteil b-Horizont | DKW 11055 |
| | Sch 40/21 | 0,16 - 0,57 | | |
| | Sch 42/21 | 0,20 - 0,53 | | |
| MP-H1 | Sch 5/21 | 0,50 - 0,60 | c-Horizont (Auffüllung, sandig und kiesig) | W 901 |
| | Sch 6/21 | 0,47 -0,60 | | |
| MP-H2 | Sch 8/21 | 0,40 - 0,55 | c-Horizont (Auffüllung, sandig) | W 902 |
| | Sch 9/21 | 0,50 - 0,65 | | |
| MP-H3 | Sch 12/21 | 0,48 - 0,70 | c-Horizont (Auffüllung, sandig) | W 903 |
| | Sch 13/21 | 0,54 - 1,20 | | |
| MP-H4 | Sch 15/21 | 0,67 - 1,20 | c-Horizont (Auffüllung, sandig) | W 904 |
| | Sch 16/21 | 0,65 - 1,20 | | |
| MP-H5 | Sch 19/21 | 0,62 - 0,85 | c-Horizont (Auffüllung, sandig und kiesig) | W 907 |
| | Sch 20/21 | 0,60 - 1,00 | | |
| MP-H6 | Sch 22/21 | 0,65 - 1,20 | c-Horizont (Auffüllung, sandig) | W 908 |
| | Sch 23/21 | 0,60 - 1,20 | | |
| MP-H7 | Sch 38/21 | 0,57 - 1,00 | c-Horizont (Auffüllung, sandig) | DKW 11055 |
| | Sch 40/21 | 0,57 -0,90 | | |
| | Sch 42/21 | 0,53 - 1,00 | | |

# 2 Darstellung der geotechnischen Erkundungsergebnisse

## 2.1 Baugelände und Bestand

Die Lage der neu geplanten Weichenverbindungen W 901/902, W 903/904, W 907/908 und der Erneuerung der DKW 11055 im Hauptbahnhof Bremen geht aus den Lage- und Aufschlussplänen der Anlagen 1.1 bis 1.4 hervor.

Gemäß Unterlage /U 17/ sind für die o. g. Weichen nachfolgende Angaben aufgeführt:

- Die Weichenverbindung W 901/902 soll in den Gleisen 6 und 7 im unmittelbaren Anschluss an die Weiche 11055 errichtet werden. Das Gleis 6 ist der Strecke 1740 und das Gleis 7 der Strecke 2200 zugeordnet. Im vorgesehenen Einbaubereich der Weichen ist den Gleisen jeweils ein Übergangsbogen ohne Überhöhungsrampe vorhanden. Die Gleise besitzen Betonschwellen und liegen jeweils in einer Schotterbettung.

- Die Weichenverbindung W 903/904 soll in den Gleisen 8 und 9 am Ende des Bahnsteiges D errichtet werden. Bei dem Gleis 8 handelt es sich um ein Bahnhofsgleis, während das Gleis 9 der Strecke Nr. 2200 zugeordnet ist. Beide Gleise liegen in einer Schotterbettung und besitzen Betonschwellen. Im vorgesehenen Einbaubereich der W 903 befindet sich das Gleis 9 in der Geraden, während das Gleis 8 im vorgesehenen Einbaubereich der W 904 einen Bogen mit einem Radius von R = 760 m besitzt. Eine Überhöhung ist im Gleisbogen nicht vorhanden.

- Die Weichenverbindung W 907/908 soll in den Gleisen 5 und 6 in Höhe des km 123,035 neu errichtet werden. Beide Gleise sind der Strecke Nr. 1740 zugeordnet. Im vorgesehenen Einbaubereich der W 907 befindet sich das Gleis 6 in der Geraden. Das Gleis 5 befindet sich im vorgesehenen Einbaubereich der W 908 sowohl in der Geraden als auch im Übergangsbogen. Beide Gleise besitzen Betonschwellen und liegen in einer Schotterbettung.

- Die Weiche 11055 befindet sich im Gleis 6 in Höhe des km 121,965, das der Strecke 1740 zugeordnet ist. Bei der Weiche handelt es sich um eine Kreuzungsweiche auf einem Holzschwellensatz. Die Weiche besitzt das Baujahr 1996, so dass die normative Nutzungsdauer der Weiche von 20 Jahren bereits überschritten ist.

Neben der vorhandenen Bahnstrecke und den damit verbundenen baulichen Anlagen ist von vorhandenen erdverlegten Ver- und Entsorgungsleitungen und entsprechenden Schächten auszugehen, zu denen jedoch keine detaillierten Angaben vorliegen.

## 2.2 Baugrundschichtung

Der Baugrundaufbau ist nach den Ergebnissen der Bodenprobenbeurteilung und unter Berücksichtigung der in den Schichtenverzeichnissen (/U 4/) angegebenen Schichtgrenzen auf den Anlagen 2.1 bis 2.4 in Form von höhengerecht (bezogenen auf SO) aufgetragenen Bohrprofilen dargestellt. Die ebenfalls höhengerecht (bezogen auf SO) dargestellten Rammsondierdiagramme (/U 5 und 6/) zeigen die über die Sondiertiefe aufgetragenen Schlagzahlen $N_{10}$ (Schläge je 10 cm Eindringtiefe der Sonde), die kennzeichnend für die Lagerungsdichte angetroffener nichtbindiger Böden sind.

Der Streckenabschnitt ist in Schotterbauweise ausgeführt. Folgende Bettungsstärken wurden ermittelt:

| | | |
|---|---|---|
| W 901 | 47 bis 50 cm | Schotter mit Feinanteilen |
| W 902 | 40 bis 50 cm | Schotter mit Feinanteilen |
| zw. W 901/902 | 0,15 cm | Schotter |
| W 903 | 48 bis 54 cm | Schotter und Schotter mit Feinanteilen |
| W 904 | 65 bis 67 cm | Schotter und Schotter mit Feinanteilen |
| zw. W 903/904 | außerhalb GA | |
| W 907 | 60 bis 62 cm | Schotter und Schotter mit Feinanteilen |
| W 908 | 60 bis 65 cm | Schotter und Schotter mit Feinanteilen |
| zw. W 907/908 | 70 cm | Schotter und Schotter mit Feinanteilen |
| DKW 11055 | 53 bis 57 cm | Schotter und Schotter mit Feinanteilen |

Die detaillierten Schotterstärken an den einzelnen Aufschlusspunkten sind in den Anlagen 2.1 bis 2.4 dargestellt.

In den Untersuchungsabschnitten der W 907, DKW 11055 sowie lokal (BS+Sch 6/21) im Bereich der W 901 lagert unterhalb des Schotters eine schutzschichtähnliche Tragschicht (Schicht Nr. 1) aus stark sandigem Kies bzw. Kies-Sand sowie stark kiesigem Sand, die vom Korngemisch einem KG 1- bzw. KG 2-Material gleicht, jedoch geringe Abweichungen aufzeigt.

Die vorhandene Tragschicht weist folgende Schichtmächtigkeiten auf:

| | |
|---|---|
| W 901 | lokal 37 cm |
| W 907 | 23 bis 40 cm |
| DKW 11055 | 33 bis 47 cm |

Die detaillierten Schutzschichtstärken an den einzelnen Aufschlusspunkten sind den Anlagen 2.1 bis 2.4 zu entnehmen.

Unterhalb der Bettungsschichten aus Schotter bzw. schutzschichtähnlichem Material bzw. lokal (BS 14/21, W 903/904) ab vorhandener GOK wurden Auffüllungen erkundet. Hierbei handelt es sich vorwiegend um umgelagerte Sande (Schicht Nr. 2). Die Auffüllungen wurden bis zur Endaufschlusstiefe nicht durchteuft.

## 2.3 Ergebnisse der dynamischen Plattendruckversuche

Die dynamischen Plattendruckversuche wurden im Messhorizont UK Schotter ausgeführt. Folgende Messwerte wurden ermittelt:

| | | |
|---|---|---|
| W 901 | Schurf 5/21 | $E_{vd}$ = 42,8 MN/m² |
| | Schurf 6/21 | $E_{vd}$ = 52,6 MN/m² |
| W 902 | Schurf 8/21 | $E_{vd}$ = 56,2 MN/m² |
| | Schurf 9/21 | $E_{vd}$ = 91,8 MN/m² |
| W 903 | Schurf 12/21 | $E_{vd}$ = 55,7 MN/m² |
| | Schurf 13/21 | $E_{vd}$ = 23,1 MN/m² |
| W 904 | Schurf 15/21 | $E_{vd}$ = 38,8 MN/m² |
| | Schurf 16/21 | $E_{vd}$ = 50,3 MN/m² |
| W 907 | Schurf 19/21 | $E_{vd}$ = 63,7 MN/m² |
| | Schurf 20/21 | $E_{vd}$ = 46,1 MN/m² |
| W 908 | Schurf 22/21 | $E_{vd}$ = 46,3 MN/m² |
| | Schurf 23/21 | $E_{vd}$ = 36,1 MN/m² |
| DKW 11055 | Schurf 38/21 | $E_{vd}$ = 32,3 MN/m² |
| | Schurf 40/21 | $E_{vd}$ = 50,7 MN/m² |
| | Schurf 42/21 | $E_{vd}$ = 46,3 MN/m² |

Die Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen im Einzelnen sind der Anlage 8 zu entnehmen.

## 2.4 Baugrundmodell und Berechnungswerte

Aus den erkundeten Baugrundschichten wird ein Baugrundmodell erstellt. Dabei werden Böden mit annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften in Schichten zusammengefasst.

**Schicht Nr. 1** **schutzschichtähnliches Material** **[SI], [GI], [OH], [A]**

Kies, stark sandig
Kies-Sand
Mittelsand, stark kiesig, schwach grobsandig bis grobsandig, schwach feinsandig
lokal (W 901) organische Bestandteile
lokal (W 901) Schotterreste
mitteldichte bis dichte Lagerung

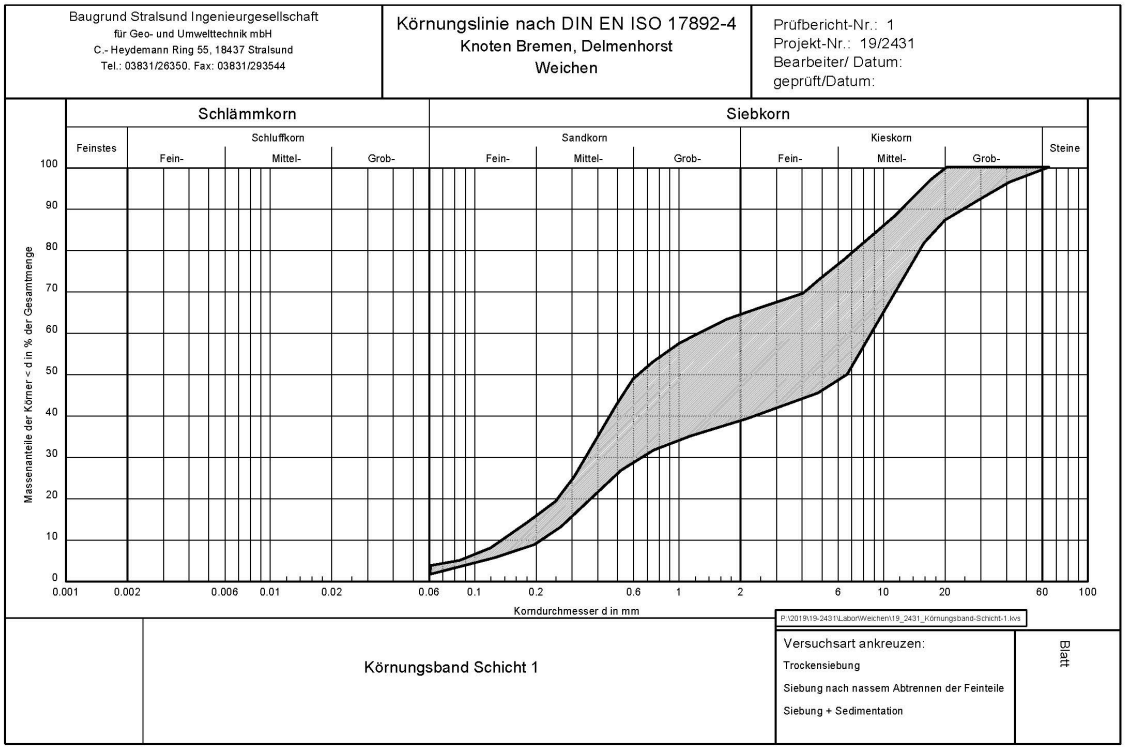



Abbildung 1: Kornverteilungsband schutzschichtähnliches Material (6 Einzelkurven)

**Schicht Nr. 2** **Auffüllung, sandig** **[SE], [SU], [OH], [A]**

überwiegend Mittelsand, schwach feinsandig bis stark feinsandig, schwach grobsandig bis grobsandig und z. T. schwach schluffig sowie schwach kiesig bis kiesig

teils Feinsand, mittelsandig, schwach grobsandig und z. T. schwach kiesig

teils organisch verunreinigt bzw. schwach organische Bestandteile

teils Ziegel-, Beton-, Kalk-, Kohle-, Schlacke-, Glas- und Schotterreste

teils Schluffreste

lockere bis z. T. sehr lockere Lagerung (Schicht Nr. 2a)

mitteldichte (z. T. dichte) Lagerung (Schicht Nr. 2b)

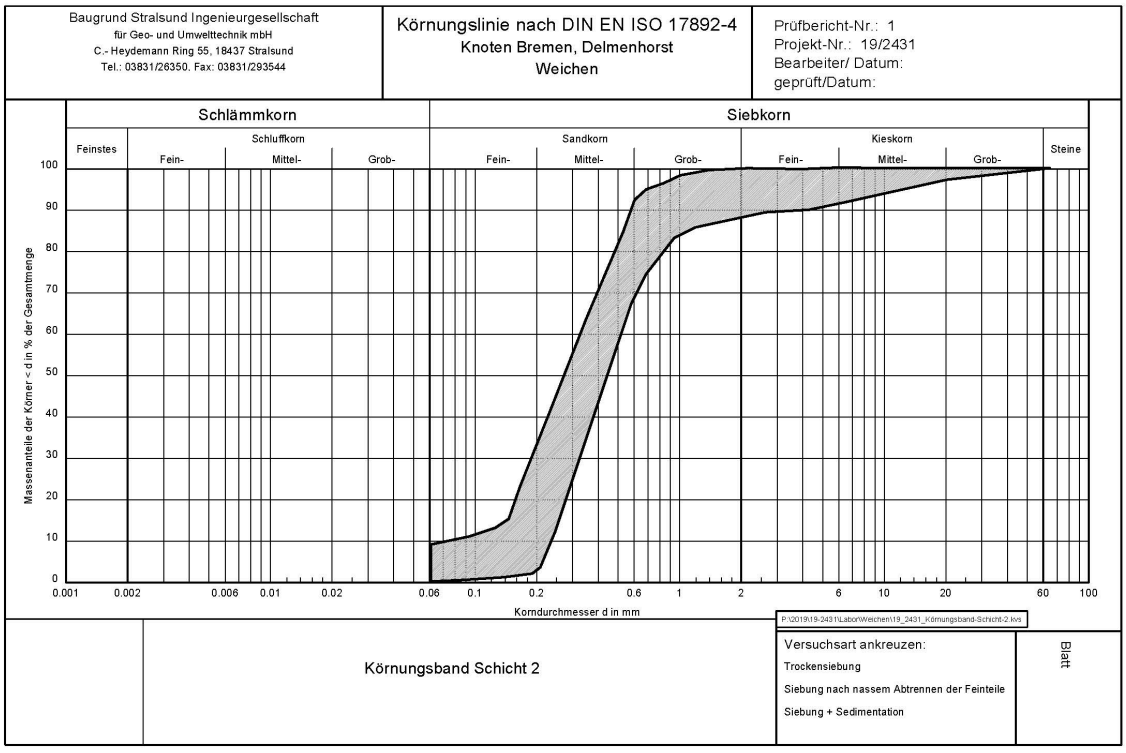



Abbildung 2: Kornverteilungsband Auffüllung, sandig (14 Einzelkurven)

Für die Planung, Ausschreibung und Ausführung der geplanten Arbeiten werden die erkundeten Erdstoffe nachfolgend in Homogenbereiche nach DIN 18300 Erdarbeiten eingeteilt.

**Tabelle 3: Homogenbereiche A bis C**

| Homogenbereich | A [3] | B [3] | C [3] |
|---|---|---|---|
| Bodenschicht Nr. | 1 | 2a | 2b |
| Bezeichnung | schutzschichtähnliches Material | Auffüllung, sandig | |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | [SI], [GI], [OH], [A] | [SE], [SU], [OH], [A] | |
| Frostempfindlichkeit | F1, F2 | F1, F2 | |
| Feinstes / d < 0,002 mm [%] | -- | -- | |
| Schluffkornanteil / d = 0,002…0,063 mm [%] | 2,5…4,3 | 0,1…9,5 | |
| Sandkornanteil / d = 0,063…2,0 mm [%] | 36,5…60,4 | 84,0…99,7 | |
| Kieskornanteil / d = 2,0…63 mm [%] | 35,4…61,0 | 0,2…11,4 | |
| Steine / d = 63…200 mm [%] | < 10 | < 10 % | |
| Blöcke / d = 200…630 mm [%] | nicht enthalten [1] | nicht enthalten [1] | |
| große Blöcke / d > 630 mm [%] | nicht enthalten [1] | nicht enthalten [1] | |
| Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] | $1{,}3*10^{-4}$…$2{,}7*10^{-4}$ | $4{,}0*10^{-5}$…$5{,}5*10^{-4}$ | |
| Abrasivität | stark bis extrem abrasiv | schwach bis stark abrasiv | |
| organischer Anteil [%] | < 2…6,3 [2] | <2…6 | |
| Feuchtdichte [g/cm³] | 1,8…2,0 g/cm³ | 1,6…1,9 g/cm³ | |
| undränierte Scherfestigkeit [kN/m²] | -- | -- | |
| Wassergehalt [%] | -- | -- | |
| Plastizität [%] | -- | -- | |
| Konsistenz | -- | -- | |
| Lagerungsdichte D | mitteldicht - dicht 0,5 … 0,8 | locker (z. T. sehr locker) <0,15…0,3 | mitteldicht (z. T. dicht) 0,3…0,6 |

[1] Natürliche Blöcke und große Blöcke sind nicht enthalten, innerhalb der Schicht sind jedoch Fremdstoffeinlagerungen unterschiedlicher Größe und Anteile möglich.
[2] Einzelwerte
[3] Hindernisse aufgrund enthaltener größerer Bauschuttreste möglich

Für das Baugrundmodell werden nachfolgend charakteristische Berechnungswerte angegeben:

**Tabelle 4: Charakteristische Berechnungskennwerte**

| Schicht Nr. | 1 | 2a | 2b |
|---|---|---|---|
| geologische Bezeichnung | schutzschichtähnliches Material | Auffüllung, sandig | |
| Kurzzeichen nach DIN 18196 | [SI], [GI], [OH], [A] | [SE], [SU], [OH], [A] | |
| Lagerung / Konsistenz/ Verwitterungsgrad | mitteldicht - dicht | locker (z. T. sehr locker) | mind. mitteldicht |
| Wichte des feuchten Bodens $\gamma_k$ [kN/m$^3$] | 19,0 | 17,5 | 18,0 |
| Wichte Boden unter Auftrieb $\gamma'_k$ [kN/m$^3$] | 11,0 | 9,5 | 10,0 |
| wirksamer Reibungswinkel $\phi'_k$ [$^0$] | 33 | 30,0 | 32,5 |
| wirksame Kohäsion $c'_k$ [kN/m$^2$] | 0 | 0 | 0 |
| Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m$^2$] | 25-30 | 5-10 | 15-20 |

## 2.5 Hydrologische Verhältnisse

Die während der Aufschlussarbeiten in den Kleinbohrungen angetroffenen Wasserstände (GWA) bzw. nach Bohrende im offenen Bohrloch gemessenen Wasserstände (GWE) sind nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen (U 4) auf den Anlagen 2.1 bis 2.4 links neben den Bohrprofilen eingetragen und in der Tabelle 5 zusammengefasst angegeben.

**Tabelle 5: Wasserstände GWA und GWE**

| Kleinbohrung / Weiche | Ansatzhöhe [rd. m SO] | GWA [rd. m u. GOK] | GWA [rd. m SO] | GWE [rd. m u. GOK] | GWE [rd. m SO] |
|---|---|---|---|---|---|
| BS 5/21 / W 901 | -0,21 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 6/21 / W 902 | -0,84 | 2,7 | -3,5 | 2,7 | -3,5 |
| BS 7/21/ W 901/902 | -0,15 | 2,9 | -3,1 | 2,9 | -3,1 |
| BS 8/21 / W 902 | -0,21 | 2,7 | -2,9 | 2,7 | -2,9 |
| BS 9/21 / W 902 | -0,21 | 2,9 | -3,1 | 2,9 | -3,1 |
| BS 12/21 / W 903 | +0,21 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 13/21 / W 903 | +0,18 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 14/21 / W 903/904 | -0,13 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 15/21 / W 904 | +0,18 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 16/21 / W 904 | +0,19 | kein Wasserstand angetroffen *) | | | |
| BS 19/21 / W 907 | +0,19 | kein Wasserstand angetroffen *) | | | |
| BS 20/21 / W 907 | +0,19 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 21/21 / W 907/908 | +0,11 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 22/21 / W 908 | +0,20 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 23/21 / W 908 | +0,20 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 38/21 / DKW 11055 | +0,17 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 40/21 / DKW 11055 | +0,18 | kein Wasserstand angetroffen | | | |
| BS 42/21 / DKW 11055 | +0,22 | kein Wasserstand angetroffen | | | |

*) geringes Wasser auf der Schicht Nr. 1

Gemäß der digitalen Grundwasserkarte des Geoportals Bremen (/U 18/) ist für den Projektstandort ein Grundwasserstand von ca. 0,75 m NN ausgewiesen.

Im Südwesten ca. 900 m vom Hauptbahnhof Bremen entfernt befindet sich das Oberflächengewässer Weser. Gemäß einer digitalen Abfrage beim o. g. Geoportal liegt das Projektareal nicht in einem Überschwemmungsgebiet.

## 3 Bewertung der Kontaminationsuntersuchung

Zur Ermittlung der Einbauklassen gemäß Altschotterrichtlinie wurden die Ergebnisse der chemischen Analytik der Schotterfeinanteile < 31,5 mm auf die Gesamtfraktion hochgerechnet. Es wurde gemäß der v.g. Richtlinie von einem Feinkornanteil von ca. 33 % ausgegangen.

Der Vergleich der Analysenergebnisse der Mischproben aus dem Schotterfeinanteil (b-Horizont) und dem Unterbau (c-Horizont) mit den jeweiligen Zuordnungswerten (Z 0, Z 1, Z 2) gemäß der LAGA-TR Boden bzw. hinsichtlich enthaltener Herbizide gemäß dem Schreiben vom 26.08.2014, „Umsetzung der Deponieverordnung: Ablagerung von herbizidhaltigem Gleisschotter (Altschotter) und von Bodenaushub mit Gehalten an bahntypischen Herbiziden auf Deponien der Klassen I und II“, durch das niedersächsische Ministerium für Umwelt, geht aus den Anlagen 7.1 (Zusammenstellung chemische Analytik Altschotter) und 7.2 (Zusammenstellung chemische Analytik Boden, c-Horizont) hervor. Der daraus abgeleitete AVV-Abfallschlüssel für den Schotterfeinanteil, die Schottergesamtfraktion und für den Unterbau (c-Horizont) ist ebenfalls in den Anlagen 7.1 und 7.2 angegeben.

<u>W 901 - MP-FA 1</u>

In der Mischprobe der Feinfraktion (<31,5 mm) wurden erhöhte TOC- (3,2 %), PAK- (11,886 mg/kg), Arsen-(19 mg/kg), Chrom- (120 mg/kg), Kupfer- (320 mg/kg), Nickel- (140 mg/kg) und Zinkgehalte (140 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Im Eluat wurden erhöhte Kupfergehalte (58 µg/l) ermittelt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an Glyphosat und AMPA festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration sowie aufgrund der erhöhten Kupfer-, PAK- und TOC-Gehalte im Feststoff bei der Probe MP-FA 1 erfolgt die Zuordnung Z 2.
Bezogen auf den Gesamtschotter erfolgt für die Probe MP-FA 1 aufgrund der PAK-Gehalte und Herbizidkonzentration ebenfalls die Zuordnung zur Einbauklasse Z 2.

W 901 - MP-H1

In der Bodenmischprobe wurden erhöhte TOC- (2,8 %), PAK- (3,163 mg/kg), Blei-(42 mg/kg), Kupfer- (53 mg/kg), Nickel- (19 mg/kg), Quecksilber-(0,27 mg/kg) und Zinkgehalte (68 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an Glyphosat und AMPA festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration sowie aufgrund der erhöhten PAK- und TOC-Gehalte im Feststoff bei der Probe MP-H1 erfolgt die Zuordnung Z 2.

W 902 - MP-FA 2

In der Mischprobe der Feinfraktion (<31,5 mm) wurden erhöhte TOC- (1,9 %), PAK-(11,43 mg/kg), Benzo(a)pyren-(0,81 mg/kg), Chrom- (60 mg/kg), Kupfer- (89 mg/kg), Nickel-(46 mg/kg) und Zinkgehalte (85 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Im Eluat wurden erhöhte Kupfergehalte (22 µg/l) und ein pH-Wert von 9,3 ermittelt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an Glyphosat und AMPA festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration sowie aufgrund der erhöhten PAK- und TOC-Gehalte im Feststoff bei der Probe MP-FA 2 erfolgt die Zuordnung Z 2.
Bezogen auf den Gesamtschotter erfolgt für die Probe MP-FA 2 aufgrund der PAK-Gehalte und Herbizidkonzentration ebenfalls die Zuordnung zur Einbauklasse Z 2.

W 902 - MP-H2

In der Bodenmischprobe wurden erhöhte TOC- (1,4 %), Blei-(85 mg/kg), Kupfer- (30 mg/kg) und Nickelgehalte (24 mg/kg) festgestellt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an Glyphosat festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration bei der Probe MP-H2 erfolgt die Zuordnung Z 2.

W 903 - MP-FA 3

In der Mischprobe der Feinfraktion (<31,5 mm) wurden erhöhte TOC- (1,8 %), Arsen- (83 mg/kg), Chrom- (44 mg/kg), Kupfer- (39 mg/kg), Nickel- (19 mg/kg) und Zinkgehalte (74 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Im Eluat wurden keine erhöhten Parameter ermittelt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration sowie aufgrund der erhöhten Arsen- und TOC-Gehalte im Feststoff bei der Probe MP-FA 3 erfolgt die Zuordnung Z 2.
Bezogen auf den Gesamtschotter erfolgt für die Probe MP-FA 3 aufgrund der TOC- und Arsen-Gehalte die Zuordnung zur Einbauklasse Z 1.

W 903 - MP-H3

In der Bodenmischprobe wurden erhöhte TOC- (5,0 %), PAK- (18,993 mg/kg), Benzo(a)pyren- (2,1 mg/kg), Arsen- (13 mg/kg), Blei- (390 mg/kg), Kupfer- (660 mg/kg), Nickel- (20 mg/kg), Quecksilber- (0,38 mg/kg) und Zinkgehalte (170 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an AMPA festgestellt.
Aufgrund der erhöhten Kupfer-Gehalte im Feststoff bei der Probe MP-H3 erfolgt die Zuordnung > Z 2.
Die Probe MP-H3 wird als gefährlicher Abfall (AVV-Abfallschlüssel 17 05 03* – Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten) eingestuft.

W 904 - MP-FA 4

In der Mischprobe der Feinfraktion (<31,5 mm) wurden erhöhte TOC- (4,1 %), PAK- (7,265 mg/kg), Benzo(a)pyren- (0,75 mg/kg), Arsen- (21 mg/kg), Chrom- (71 mg/kg), Kupfer- (88 mg/kg), Nickel- (85 mg/kg) und Zinkgehalte (110 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Im Eluat wurden keine erhöhten Gehalte ermittelt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an Glyphosat und AMPA festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration sowie aufgrund der erhöhten PAK- und TOC-Gehalte im Feststoff bei der Probe MP-FA 4 erfolgt die Zuordnung Z 2.
Bezogen auf den Gesamtschotter erfolgt für die Probe MP-FA 4 aufgrund der Herbizidkonzentration ebenfalls die Zuordnung zur Einbauklasse Z 2.

W 904 - MP-H4

In der Bodenmischprobe wurden keine erhöhten Gehalte im Feststoff festgestellt. Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration bei der Probe MP-H4 erfolgt die Zuordnung Z 2.

W 907 - MP-FA 5

In der Mischprobe der Feinfraktion (<31,5 mm) wurden erhöhte TOC- (1,3 %), Chrom- (32 mg/kg), Kupfer- (33 mg/kg) und Nickelgehalte (31 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Im Eluat wurden ein erhöhter pH-Wert von 10,2 ermittelt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Gehalte an Glyphosat und AMPA festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration bei der Probe MP-FA 5 erfolgt die Zuordnung Z 2.
Bezogen auf den Gesamtschotter erfolgt für die Probe MP-FA 5 aufgrund der Herbizidkonzentration ebenfalls die Zuordnung zur Einbauklasse Z 2.

W 907 - MP-H5

In der Bodenmischprobe wurden keine erhöhten Gehalte im Feststoff sowie bei den untersuchten Herbiziden festgestellt, dementsprechend erfolgt die Zuordnung Z 0 der Probe MP-H5.

W 908 - MP-FA 6

In der Mischprobe der Feinfraktion (<31,5 mm) wurden erhöhte TOC- (2,4 %), PAK- (7,637 mg/kg), Benzo(a)pyren- (0,39 mg/kg), Chrom- (99 mg/kg), Kupfer- (62 mg/kg), Nickel- (120 mg/kg) und Zinkgehalte (93 mg/kg) im Feststoff festgestellt.
Im Eluat wurden ein erhöhter pH-Wert von 9,2 ermittelt.
Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an Glyphosat und AMPA festgestellt.
Aufgrund der Herbizidkonzentration sowie aufgrund der erhöhten PAK- und TOC-Gehalte im Feststoff bei der Probe MP-FA 6 erfolgt die Zuordnung Z 2.
Bezogen auf den Gesamtschotter erfolgt für die Probe MP-FA 6 aufgrund der Herbizidkonzentration ebenfalls die Zuordnung zur Einbauklasse Z 2

W 908 - MP-H6

In der Bodenmischprobe wurden keine erhöhten Gehalte im Feststoff sowie bei den untersuchten Herbiziden festgestellt, dementsprechend erfolgt die Zuordnung Z 0 der Probe MP-H6.

DKW 11055 - MP-FA 7

In der Mischprobe der Feinfraktion (<31,5 mm) wurden erhöhte PAK- (8,6 mg/kg), Benzo(a)pyren- (0,49 mg/kg), Arsen- (58,3 mg/kg), Chrom- (44,9 mg/kg), Kupfer- (97,2 mg/kg), Nickel- (59,2 mg/kg), Quecksilber- (0,21 mg/kg) und Zinkgehalte (92,2 mg/kg) im Feststoff festgestellt.

Im Eluat wurden eine erhöhte Arsenkonzentration von 80 µg/l ermittelt.

Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an Glyphosat und AMPA festgestellt.

Aufgrund der erhöhten Arsenkonzentration im Eluat bei der Probe MP-FA 7 erfolgt die Zuordnung > Z 2 bzw. aufgrund der Herbizidkonzentration von Glyphosat und AMPA von 10,8 µg/l erfolgt eine Zuordnung zur Deponieklasse DK I. Die Schotterfeinfraktion (< 31,5 mm) der Probe MP-FA 7 wird als gefährlicher Abfall (AVV-Abfallschlüssel 17 05 03* – Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten) eingestuft. Bezogen auf den Gesamtschotter erfolgt für die Probe MP-FA 7 aufgrund der Herbizidkonzentration und Arsenkonzentration die Zuordnung zur Einbauklasse Z 2

DKW 11055 - MP-H7

In der Bodenmischprobe wurden erhöhte TOC- (4,3 %), PAK- (10,0 mg/kg), Benzo(a)pyren- (1,1 mg/kg), Arsen- (10,7 mg/kg), Blei- (103 mg/kg), Kupfer- (61,1 mg/kg), Quecksilber- (0,42 mg/kg), Zink- (141 mg/kg), und Cyanid(gesamt)-gehalte (2,1 mg/kg) im Feststoff festgestellt.

Im Eluat wurden eine erhöhte Cyanid(gesamt)-konzentration von 50 µg/l ermittelt.

Bei der Untersuchung auf Herbizide wurden erhöhte Einzelparameter bzw. erhöhte Gehalte an AMPA festgestellt.

Aufgrund der erhöhten Cyanid(gesamt)-konzentration im Eluat bei der Probe MP-H7 erfolgt die Zuordnung > Z 2.

Gemäß dem online Portal Information-Portal-Abfallbewertung - IPA (/U 19/) wird nach den Grenzwertlisten für die Freie Hansestadt Bremen (HB) der Parameter Cyanide (gesamt) im Eluat erst ab einer Konzentration von 0,1 mg/l (entsprechend 100 µg/l) als gefährlicher Abfall eingestuft. Dies Angabe ist planerischerseits zu verifizieren.

Aufgrund der Summe der Herbizide (ohne Glyphosat und AMPA) von 3,1 µg/l erfolgt eine Einordnung in die Deponieklasse DK I.

# 4 Gründungstechnische Schlussfolgerungen

## 4.1 Allgemeines

Unterbau und Untergrund von Eisenbahnverkehrswegen sollen so beschaffen sein, dass sie sowohl unter statischen als auch unter dynamischen Beanspruchungen eine innere und äußere Stabilität, ein ausreichendes elastisches und verformungsarmes Verhalten sowie eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen. Sie sollen so aufeinander abgestimmt sein, dass kein Vermischen der Konstruktionsschichten auftritt, ein schadloses Versickern oder seitliches Ableiten von Niederschlagswasser möglich ist und ein möglichst starker Abbau der auftretenden Schwingungsenergie gewährleistet wird. Diese Eigenschaften sollen durch die Festlegung von erforderlichen mineralischen Konstruktionsschichten mit definierten Dicken und Qualitätsparametern gewährleistet werden.

## 4.2 Herstellung und Bemessung des Tragschichtsystems

Die neu geplanten Weichenverbindungen W 901/902, W 903/904 und W 907/908 werden in die Kategorie Neubau mit Schotteroberbau und die DKW 11055 in die Kategorie Verbesserung/Erneuerung mit Schotteroberbau eingruppiert.

Mit der Streckengeschwindigkeit (geplant, vgl. Abschnitt 1.2) von VzG = 60 km/h der Weichenverbindungen W 901/902 und W 903/904 sowie der DKW 11055 sind die v. g. Weichenbereiche hinsichtlich der geplanten Entwurfsgeschwindigkeit als v ≤ 80 km/h einzustufen

Die Weichenbereiche der Weichenverbindung W 907/908 sind mit einer Streckengeschwindigkeit (geplant, vgl. Abschnitt 1.2) von 90 km/h hinsichtlich der geplanten Entwurfsgeschwindigkeit als v > 80 - 160 km/h einzustufen

Die Belastung der Weichenverbindungen W 901/902, W 903/904 und W 907/908 sowie der DKW 11055 beträgt gemäß Unterlage /U 16/ 10.000 bis 30.000 Lt/Tag (vgl. Abschnitt 1.2).

Gemäß Ril 836.4101A04 ist der Trassenbereich/Baubereich dem Frosteinwirkungsgebiet I zuzuordnen.

Unter Berücksichtigung der v. g. Randbedingungen ergibt sich nachfolgend genannter Regelaufbau:

- Neubau Weichenverbindungen W 901/902, W 903/4004 und W 907/908
    - Tragschichtsystem nach Ril 836.4101A02, Tabelle 1, 1.1.1
    - Schutzschichtausbildung nach Ril 8364101A03

- Erneuerung Doppelkreuzweiche DKW 11055
    - Tragschichtsystem nach Ril 836.4101A02, Tabelle 3, 3.1.1
    - Schutzschichtausbildung nach Ril 8364101A03

Die Dicke der erkundeten Schotterschicht im Bereich der Weichen beträgt 0,17 m bis 0,70 m (siehe Abschnitt 2.2). Eine Planumsschutzschicht PSS bzw. schutzschichtähnliches Material, die einer Korngrößenverteilung nach Korngemisch 1 oder 2 gemäß DBS 918 062 entspricht, wurde lediglich im Bereich der W 907, der DKW 11055 sowie bereichsweise bei der W 901 erkundet. Unterhalb des Schotters bzw. unter dem schutzschichtähnlichen Material besteht der vorhandene Untergrund aus nicht frostempfindlichen (F 1) sowie gering bis mittel frostempfindlichen (F 2) Böden.

Für die Bemessung der Tragschicht ist danach, ausgehend von den ungünstigsten Untergrundverhältnissen, für die Weichenverbindungen W 901/902, W 903/904 und W 907/908 sowie für die DKW 11055 von einer Frostempfindlichkeitsklasse F2 auszugehen.

<u>W 901/902</u>
(lt. Tabelle 1, 1.1.1, VzG ≤ 80 km/h, F2, versickerungsfähiger Untergrund)

- Gleisschotter 30 cm unter UK Schwelle
- Schutzschicht (PSS) 25 cm
- Korngemisch KG 2

W 903/904
(lt. Tabelle 1, 1.1.1, VzG ≤ 80 km/h, F2, versickerungsfähiger Untergrund)

- Gleisschotter 30 cm unter UK Schwelle
- Schutzschicht (PSS) 25 cm
- Korngemisch KG 2

W 907/908
(lt. Tabelle 1, 1.1.1, VzG > 80 bis 160 km/h, F2, versickerungsfähiger Untergrund)

- Gleisschotter 30 cm unter UK Schwelle
- Schutzschicht (PSS) 35 cm
- Korngemisch KG 2

DKW 11055
(lt. Tabelle 3, 3.1.1, VzG ≤ 80 km/h, F2, versickerungsfähiger Untergrund)

- Gleisschotter 30 cm unter UK Schwelle
- Schutzschicht (PSS) 20 cm
- Korngemisch KG 2

Die durchlässigen Böden der Schichten Nr. 1 und 2 im Untergrund sind nach Ril 836.4101A05 dem hydrologischen Fall 1 zuzuordnen, d. h. für die Planumsschutzschicht (PSS) kann gemäß Ril 836.4101A03 ein Korngemisch 2 (KG 2) nach DBS 918 062 angewandt werden.

Bei Einhaltung des Regelaufbaus wird gleichzeitig die Forderung der Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus von ≥ 40 cm erfüllt.

Für den Neubau der Weichenverbindungen W 901/902 entspricht der vorhandene Untergrund, bis in Tiefe des abzusichernden Tragbereichs (1,5 m u. SO), überwiegend den Anforderungen an die Verdichtung (Lagerungsdichte D > 0,2) lt. Ril 836.4101A01, Tabelle 1. Lokal konnte auch eine Lagerungsdichte von D < 0,2 festgestellt werden (bei Schlagzahlen < 3 in DPH).

Für den Neubau der Weichenverbindungen W 903/904 entspricht der vorhandene Untergrund, bis in Tiefe des abzusichernden Tragbereichs (1,5 m u. SO), den Anforderungen an die Verdichtung (Lagerungsdichte D > 0,2) lt. Ril 836.4101 A01, Tabelle 1.

Für den Neubau der Weichenverbindungen W 907/908 entspricht der vorhandene Untergrund, bis in Tiefe des abzusichernden Tragbereichs (2,0 m u. SO), den Anforderungen an die Verdichtung (Lagerungsdichte D ≥ 0,3 bei U < 3 bzw. D ≥ 0,45 bei U ≥ 3) lt. Ril 836.4101A01, Tabelle 1.

Für die Verbesserung der DKW 11055 entspricht der vorhandene Untergrund, bis in Tiefe des abzusichernden Tragbereichs (1,5 m u. SO), den Anforderungen an die Verdichtung (Lagerungsdichte D > 0,2) lt. Ril 836.4101 A01, Tabelle 1.

Bei Anwendung des v. g. Regelaufbaus liegt das Planum innerhalb der in der nachfolgendenden Tabelle aufgeführten Baugrundverhältnisse:

**Tabelle 6: Übersicht Baugrundverhältnisse im Planum**

| Aufschluss | | Baugrundverhältnisse im Planum |
|---|---|---|
| W 901 | BS+Sch 5/21 | Auffüllung, sandig (Schicht Nr. 2) |
| | BS+Sch 6/21 | schutzschichtähnliches Material (Schicht Nr. 1) |
| W901 / 902 | BS 7/21 | Auffüllung, sandig (Schicht Nr. 2) |
| W 902 | BS+Sch 8/21 | |
| | BS+Sch 9/21 | |
| W 903 | BS+Sch 12/21 | |
| | BS+Sch 13/21 | |
| W 903 / 904 | BS 14/21 | |
| W 904 | BS+Sch 15/21 | Schotter mit Feinanteilen |
| | BS+Sch 16/21 | |
| W 907 | BS+Sch 19/21 | schutzschichtähnliches Material (Schicht Nr. 1) |
| | BS+Sch 20/21 | |
| W 907 / 908 | BS 21/21 | Schotter mit Feinanteilen |
| W 908 | BS+Sch 22/21 | Auffüllung, sandig (Schicht Nr. 2) |
| | BS+Sch 23/21 | |
| DKW 11055 | BS+Sch 38/21 | Schotter mit Feinanteilen |
| | BS+Sch 40/21 | |
| | BS+Sch 42/21 | |

Der Schotter sollte bis auf die vorhandene Tragschicht ausgehoben werden. Die darunter anstehenden Böden der Schichten 1 und 2 sind nach einer ordnungsgemäßen Nachverdichtung als tragfähig zu bewerten und können im Untergrund verbleiben.

Die Verdichtungsanforderungen für das Tragschichtsystem ergeben sich wie in der nachfolgenden Tabelle 7 angegeben. Die Einhaltung der Verdichtungsanforderungen sowie die Qualitätsanforderungen für Trag- und Schutzschichten gemäß DBS 918 062 sind während der Bauausführung zu überprüfen.

**Tabelle 7: Verdichtungsanforderungen an das Tragschichtsystem**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **W 901/902 und W 903/904 (**nach Ril 836.4101 A02, Tabelle 1, 1.1.1, VzG ≤ 80 km/h) | | | |
| OK Tragschicht (PSS) | $E_{V2}$ | ≥ | 80 MN/m² |
| | $E_{vd}$ | ≥ | 40 MN/m² |
| Planum | $E_{V2}$ | ≥ | 45 MN/m² |
| | $E_{vd}$ | ≥ | 25 MN/m² |
| **W 907/908 (**nach Ril 836.4101 A02, Tabelle 1, 1.1.1, VzG 80 bis 160 km/h) | | | |
| OK Tragschicht (PSS) | $E_{V2}$ | ≥ | 100 MN/m² |
| | $E_{vd}$ | ≥ | 45 MN/m² |
| Planum | $E_{V2}$ | ≥ | 45 MN/m² |
| | $E_{vd}$ | ≥ | 30 MN/m² |
| **DKW 11055 (**nach Ril 836.4101 A02, Tabelle 3, 3.1.1, VzG ≤ 80 km/h) | | | |
| OK Tragschicht (PSS) | $E_{V2}$ | ≥ | 40 MN/m² |
| | $E_{vd}$ | ≥ | 30 MN/m² |
| Planum | $E_{V2}$ | ≥ | 20 MN/m² |
| | $E_{vd}$ | ≥ | 20 MN/m² |

Die Ergebnisse der durchgeführten dynamischen Fallplatte haben im Messhorizont UK Schotter folgende Werte (vgl. Abschnitt 2.3) ergeben:

- W 901 $E_{vd}$ > 40 bis ca. 53 MN/m²
- W 902 $E_{vd}$ > 56 bis ca. 92 MN/m²
- W 903 $E_{vd}$ > 20 bis ca. 56 MN/m²
- W 904 $E_{vd}$ > 38 bis ca. 50 MN/m²
- W 907 $E_{vd}$ > 46 bis ca. 64 MN/m²
- W 908 $E_{vd}$ > 36 bis ca. 46 MN/m²
- DKW 11055 $E_{vd}$ > 46 bis ca. 51 MN/m²

Es ist somit davon auszugehen, dass der nach Ril 836.4101 A02 benötigte dynamische Verformungsmodul von 20 MN/m² bis 30 MN/m² in Höhe des Planums (vgl. Tabelle 7) der W 901/902, W 904, W 907/908 und der DKW 11055 zu erreichen ist. Eine zusätzliche Erhöhung der PSS / Tragschichtdicke um ca. 0,15 m bzw. der Einbau eines Geotextils ist danach, lediglich lokal im Bereich der W 903 erforderlich.

Im Bereich der W 907 und DKW 11055 kann ggf. geprüft werden, ob das anstehende schutzschichtähnliche Material (Schicht Nr.1) im Untergrund verbleiben und als Tragschicht genutzt werden kann, wenn kein erhöhter Instandsetzungsaufwand notwendig war bzw. keine Höhen- und Richtungsfehler in den Gleismessstreifen zu verzeichnen sind. Angaben zu den v. g. Bedingungen liegen uns derzeit jedoch nicht vor. Die lokal im Bereich der W 901 angetroffene Schicht Nr. 1 sollte aufgrund des organischen Anteils nicht verbleiben.

## 4.3 Filterstabilität

Beim geplanten Einbau einer gesonderten Trag-/Schutzschicht ist die Filterstabilität gegenüber dem Schotter durch die gemäß DBS 918 062 geregelte zulässige Bandbreite der Kornverteilung gewährleistet. Die Filterstabilität des Korngemisches gegenüber dem Planum, entsprechend gegenüber dem für den neu herzustellenden Unterbau zu verwendenden Materials, ist nachzuweisen.

## 4.4 Vorschläge für Entwässerungsanlagen

Die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden hat auf der Grundlage der Vorschrift ATV-DVWK-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagwasser“ zu erfolgen. Für Versickerungsanlagen kommen Lockergesteine in Frage, deren Durchlässigkeit im entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereich $k \sim 1*10^{-3}$ bis $1*10^{-6}$ m/s liegt. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen. Dies ist notwendig, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Wie unter Abschnitt 2.5, Tabelle 5, aufgeführt, wurde lediglich im Bereich der Weichenverbindung W 901/902 Grundwasser angetroffen Der höchste gemessene Wasserstand betrug während der Aufschlussarbeiten im v. g. Bereich 2,7 m unter GOK, entsprechend -2,5 m unter SO.

Die im Bereich der Weichen 901 und 907 sowie 11055 vorhandene schutzschichtähnliche Tragschicht (Schicht Nr. 1) sowie die darunter anstehenden Sande (Schicht Nr. 2) sind als entwässerungsfähig einzustufen, so dass eine natürliche Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser erfolgen kann. Zusätzliche bauliche Maßnahmen zur Entwässerung sind somit nicht erforderlich, da im Bereich bis 1,5 m unter SO kein Wasser (Stau-, Niederschlags- und Schichtenwasser) zu erwarten ist.

## 4.5 Baugruben

Gräben und Baugruben mit Tiefen > 1,25 m sind sachgemäß abzuböschen bzw. auszusteifen. Für geböschte Gräben und Baugruben ergibt sich ein Böschungswinkel nach DIN 4124 zu $\beta = 45$. Dies gilt für kurzzeitige und unbelastete Böschungen mit $H < 3$ m oberhalb des Wasserstandes. Die in DIN 4124 enthaltenen Abstände von Lasten zum Baugrubenrand sind einzuhalten.

Im Bereich von Gleisen und Bauwerken ist eine ausreichende Standsicherheit der freigelegten Baugrubenwände gemäß DIN 4123 sicherzustellen und nachzuweisen. Im Stützbereich von Gleisen nach DB-Richtlinie 836.2001 gilt die DB-Richtlinie 836.4305.

BAUGRUND Stralsund

i.A.

Dipl.-Ing. Kerstin Gallasch

Dipl.-Geol. Madeleine Starck