

# ***Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten***

***Ergebnisse einer Baugrundnacherkundung an den  
Eisenbahnüberführungen EÜ 2200 (Nord) und EÜ 1740 (Süd)  
Allgemeine Baugrundbeurteilung***

## ***Untersuchungsbericht***

*im Auftrag der*

***Sondervermögen Infrastruktur der Stadtgemeinde Bremen  
Bau und Vermietung von Nahverkehrsanlagen  
28195 Bremen***

*vom 11.03.2015*

*Az.: 11686-103*

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Vorgang
1	1
2	Unterlagen
2	3
3	Baugrund- und Grundwasserverhältnisse
3	4
3.1	Geologischer Überblick
3.1	4
3.2	Erkundungsumfang
3.2	4
3.3	Ergebnisse der Bohrsondierungen
3.3	5
3.4	Ergebnisse der Drucksondierungen
3.4	6
3.5	Daten zum Grundwasser
3.5	9
3.5.1	Archivdaten
3.5.1	9
3.5.2	Eigene Messungen
3.5.2	9
3.5.2.1	Stichtagsmessungen
3.5.2.1	9
3.5.2.2	Zeitreihenmessungen
3.5.2.2	10
4	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
4	11
4.1	Art und Umfang der Untersuchungen
4.1	11
4.2	Auffüllungen
4.2	11
4.3	Auelehm
4.3	11
4.4	Wesersand
4.4	12
5	Chemische Untersuchungen
5	13
5.1	Grundwasserchemische Analysen
5.1	13
5.1.1	Untersuchungsumfang
5.1.1	13
5.1.2	Betonaggressivität
5.1.2	13
5.1.3	Korrosionswahrscheinlichkeit von Eisenwerkstoffen
5.1.3	13
5.1.4	Datenrelevanz für Grundwassereinleitungen
5.1.4	13
5.2	Bodenchemische Analysen
5.2	14
6	Vereinfachter Baugrundaufbau und charakteristische Werte der Bodenparameter (Baugrundmodell)
6	15
7	Bautechnische Klassifikation der angetroffenen Bodenarten
7	18

8	Baugrundbeschreibung	19
8.1	Baugrundaufbau	19
8.2	Grundwassersituation	19
9	Allgemeine Baugrundbeurteilung	20
10	Schlußbemerkungen	20

Sondervermögen Infrastruktur der Stadtgemeinde Bremen  
Bau und Vermietung von Nahverkehrsanlagen  
Herdentorsteinweg 49/50  
28195 Bremen

Ihr Zeichen  
20-2  
Ihre Nachricht vom  
29.01.2015  
Unser Zeichen  
11686-103  
Durchwahl  
2334  
Datum  
11.03.2015

## **Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten**

Ergebnisse einer Baugrundnacherkundung an den  
Eisenbahnüberführungen EÜ 2200 (Nord) und EÜ 1740 (Süd)  
Allgemeine Baugrundbeurteilung

---

### **1 Vorgang**

Das *Sondervermögen Infrastrukturmaßnahmen der Stadtgemeinde Bremen* plant den Neubau einer Straßenbahnverbindung (Querverbindung) von der *Bennigsenstraße* über die *Stresemannstraße* und *Steubenstraße* zur *Julius-Brecht-Allee* im Bremer Osten (Anlage 1.1).

Die Planungsleistungen wurden der *Schüßler Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Düsseldorf*, übertragen, die bodenchemischen Untersuchungen der *B.A.U. Planung Gehrke & Schuderer GbR, Bremen*.

Das *Institut für Geotechnik (IGBre)* der *Hochschule Bremen* wurde vom *Sondervermögen Infrastrukturmaßnahmen der Stadtgemeinde Bremen* beauftragt, für dieses Bauvorhaben eine Baugrunderkundung durchführen zu lassen und ein schriftliches Gutachten zur Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung auszuarbeiten (Unterlage U 2.1).

Die *Steubenstraße* wird von den Eisenbahnstrecken 2200 und 1740 auf Eisenbahnüberführungen<sup>1</sup> überquert (Anlage 1.2). Zur Straßenbahnpassage ist die Durchfahrtshöhe unter den EÜs durch Absenkung der Fahrbahnoberkanten zu vergrößern, wodurch ein Konflikt mit der Anforderung an einen hinreichenden Grundwasserflurabstand für den Straßenunterbau möglich wird.

---

<sup>1</sup> Nachfolgend bezeichnet als EÜ 1740 (Süd) und EÜ 2200 (Nord), rd. 200 m entfernt. Die EÜs bestehen aus mehreren Einzelbrücken unterschiedlicher Generationen.

Zur Beurteilung der Grundwasserverhältnisse wurde das *IGBre* beauftragt, drei Grundwassermessstellen an den EÜs installieren zu lassen, die Messstellen zur Aufnahme von Zeitreihen der Grundwasserspiegeldruckhöhen mit automatischen Meßwertaufnehmern auszurüsten, Zeitreihen der Grundwasserspiegeldruckhöhen aufzunehmen und als Ganglinien darzustellen. Die Ausbaudaten der Messstellen und die Ergebnisse der Meßphase bis Anfang Februar 2015 haben wir in unserem Bericht Az. 11686-102 R01 mitgeteilt (Unterlage U 2.2).

Wegen der relativ hohen Grundwasserspiegeldruckhöhen wird planerische derzeit die Notwendigkeit zum Bau von Straßentrögen unter den EÜs geprüft.

Zur Beurteilung des Baugrunds im unmittelbaren Umfeld der Eisenbahnüberführungen ist die bisherige Baugrunderkundung von der Lage, Art und Erkundungstiefe her nicht hinreichend, es wurde eine Baugrundnacherkundung an den EÜs erforderlich. Die objektspezifische Baugrunderkundung ist nach planerischer Festlegung der Neubauten und der erforderlichen Nachweise für den Bestand unter Einbeziehung der Ergebnisse dieser Erkundung festzulegen.

Dieser Bericht enthält die Ergebnisse dieser Baugrundnacherkundung und der Untersuchungen sowie zunächst eine allgemeine Baugrundbeurteilung.

## **2            Unterlagen**

Zur Erarbeitung dieses Untersuchungsberichts wurden folgende Unterlagen verwendet:

### **U 1      Baugrunderkundung**

- U 1.1    Worpsweder Baugrundgesellschaft für Bodenuntersuchungen mbH, Worpswede  
          Schichtenverzeichnisse von vier Bohrsondierungen, durchgeführt am 28.01.2015 und am  
          31.01.2015
- U 1.2    Fugro Consult, Lilienthal  
          Ergebnisse von 4 Drucksondierungen, durchgeführt am 02.02.2015

### **U 2      Geotechnische Unterlagen**

Institut für Geotechnik (IGBre) der Hochschule Bremen

- U 2.1    Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten  
          Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
          Az.: 11686-101, 04.03.2012
- U 2.2    Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten  
          (Revision 01)  
          Zeitreihen der Grundwasserspiegelhöhen
  - Baugrundaufbau an den Grundwassermeßstellen
  - Ausbauprofile der Grundwassermeßstellen
  - Ergebnisse der Messungen bis Februar 2015          Az.: 11686-102R01, 11.02.2015
- U 2.3    Bebauung des Grundstücks Stresemannstraße / Ecke Steubenstraße in Bremen-Hastedt  
          Generelle Beurteilung des Baugrunds und der Gründungsmöglichkeiten  
          Az.: 11360-102/09, 24.06.2009

### **U 3      Geologische Unterlagen**

Kataster und Vermessungsverwaltung der Freien Hansestadt Bremen

- U 3.1    Baugrundkarte Bremen, Teil E: Grundwasserverhältnisse im  
          oberen Grundwasserleiter,  
          Maßstab 1 : 25.000, herausgegeben im Jahre 1980
- U 3.2    Baugrundkarte Bremen, Teil A: Baugrund-Typen,  
          Maßstab 1 : 10.000, herausgegeben im Jahre 1981
- U 3.3    Baugrundkarte Bremen, Teil C: Oberfläche der Lauenburger Schichten,  
          Maßstab 1 : 25.000, herausgegeben im Jahre 1980

### **U 4      Sonstige Unterlagen**

- U 4.1    Schüßler Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Köln  
          Höhenplan Steubenstraße Gleis 1  
          M 1 : 500/50. Vorabzug vom 26.01.2015
- U 4.2    Wessling GmbH, Bremen  
          Ergebnisse grundwasserchemischer Analysen  
          Prüfbericht CBR15-001014-1, 10.02.2015

### **3 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse**

#### **3.1 Geologischer Überblick**

Die Eisenbahnüberführungen liegen im rechtsseitigen Niederungsgebiet der *Weser*, das hier ursprünglich unter einer anthropogenen Auffüllungssequenz (überwiegend Sande) auf der ehemaligen Uferzone (organische Weichschichten aus Auelehmen und Torfen) über den Terrassensanden des *Weserurstromtals* und den eiszeitlich vorbelasteten *Lauenburger Schichten* bestimmt wird. Die Oberfläche der eiszeitlich vorbelasteten Formation (Pleistozän) ist gemäß der Baugrundkarte ab NN - rd. 25 m in überwiegend sandiger Ausbildung (obere 3 m) zu erwarten.

Die Weichschichten (Auelehm und Torf) sind gering wasserdurchlässig. Auf und in diesen Böden bilden sich deshalb Stau- und Schichtenwasserstände, deren Verbreitung und Anstiegshöhe von der saisonal wechselnden Niederschlagsintensität und von den örtlichen Drainage- und Vorflutverhältnissen abhängig sind. Den eigentlichen Grundwasserleiter bilden die Sande darunter, in denen das Grundwasser unter den Weichschichten bei entsprechender Basistiefe gespannt ist.

#### **3.2 Erkundungsumfang**

Zur Baugrunderkundung entlang der Neubaustrecke der Straßenbahnquerverbindung wurden seinerzeit 15 Bohrsondierungen bis rd. 3 m Tiefe unter GOK durchgeführt (Unterlage U 2.1) sowie zur Erkundung der Grundwasserverhältnisse drei Grundwassermeßstellen neben den EÜs installiert (Unterlage U 2.2).

Im Nachgang wurden zur objektspezifischen Erkundung des Baugrunds neben den Eisenbahnüberführungen beidseitig der Dämme jeweils zwei Bohrsondierungen mit Entnahme gestörter Bodenproben gemäß DIN EN ISO 22475-1:2007-01 überwiegend bis rd. 12 m Tiefe unter GOK (Unterlage U 1.1) sowie jeweils zwei Drucksondierungen gemäß DIN EN 22476-1:2013-10 bis maximal rd. 29,1 m Tiefe unter GOK durchgeführt (Unterlage U 1.2).

Die ungefähre Lage der Sondieransatzpunkte ist in dem Lageplan der Anlage 2.1 eingetragen. Die Ansatzpunkte der Sondierungen entsprechen der Geländeoberkante, sie wurden mit NN - Bezug eingemessen. Demnach liegt das Gelände an den Ansatzpunkten neben der EÜ 2200 (Nord) zwischen NN + rd. 3,5 m und NN + rd. 4,7 m, neben der EÜ 1740 (Süd) zwischen NN + rd. 3,8 m und NN + rd. 4,8 m.

Für die Drucksondierungen wurde eine Spitzendrucksonde CPT-15 (150 kN Kapazität) nach DIN EN ISO 22476-1:2013-10 mit einer Sondierspitzenquerschnittsfläche von 15 cm<sup>2</sup> eingesetzt. Mit dieser Sonde werden die Sondierspitzendruckspannungen und die örtliche Mantelreibung am Sondiergestänge separat gemessen.

Als Anhang A sind die vollständigen Ergebnisse der Drucksondierungen als Sondierspitzendruckspannungen und als örtliche Mantelreibung in Abhängigkeit von der Sondiertiefe beigelegt. Zur Beurteilung der Sandlagerungsdichte dienen die Sondierspitzendrücke, der aus dem Verhältnis von Mantelreibung und Spitzendruck gebildete Reibungsindex gibt in Verbindung mit dem Spitzendruckspannungsniveau Hinweise auf die Schichtenfolge und Bodenarten.

Die Ergebnisse der Bohrsondierungen sind als Bohrprofile zusammen mit den Sondierspitzendruckprofilen der Drucksondierungen und den aus Drucksondiererergebnissen abgeleiteten Bodenprofilen höhengerecht im Maßstab 1 : 100 auf den Anlagen 2.2 (EÜ 2200) und 2.3 (EÜ 1740) aufgetragen, teils mit gekürzten Tiefen. Soweit zweckmäßig, sind auf den Anlagen Erkundungsergebnisse aus dem Datenbestand mit aufgenommen (Unterlagen U 2).

Aus der Grundwassermeßstelle GWP-103<sup>2</sup> neben der EÜ 2200 (Nord) wurden Grundwasserproben entnommen und zur chemischen Analyse der *Wessling GmbH* übergeben (Unterlage U 4.2).

### 3.3 Ergebnisse der Bohrsondierungen

Oberflächig wurden neben der **EÜ 2200 (Nord)** rd. 1,2 m bis rd. 1,4 m dicke Auffüllungen aus zunächst mittelsandigen Feinsanden mit Wurzelresten und Bauschuttanteilen, darunter überwiegend aus Mittelsanden mit einer Basistiefe bei NN + rd. 2,9 m und NN + rd. 3,1 m angetroffen (Anlage 2.2). Darunter folgt eine rd. 1,4 m bzw. rd. 1,8 m dicke Wechselschichtung aus Auelehm, Auelehm-Sand-Gemischen und schluffigen Mittelsanden. Die Bodenschichten haben regellos wechselnde Dicken und Tiefenlagen.

Ab Tiefen NN + rd. 1,4 m bzw. NN + rd. 1,5 m folgen bis zu den Sondierendtiefen rd. 12 m unter GOK Wesersande, in der oberen Zone teils mit Auelehmbändern. Örtlich sind in den Sanden Holzkohlereste angetroffen worden. Die Sande haben bis rd. 9,5 m bzw. bis rd. 10 m Tiefe unter GOK schwach kiesige Anteile.

Neben der **EÜ 1740 (Süd)** sind die rd. 2 m bzw. rd. 1,5 m dicken Auffüllungen Fein- und Mittelsande, oberflächig mit Schlacke und Wurzelresten. Darunter folgt entweder eine rd. 1 m dicke Wechselschichtung aus Feinsanden mit Auelehmlinsen und aus einem Auelehm-Sand-Gemisch oder ein rd. 0,2 m dickes Auelehm-Sand-Gemisch mit Basistiefen bei NN + rd. 1,5 m bzw. NN + rd. 3 m.

Dem Niederungsboden folgen bis zur Sondierendtiefe rd. 12 m bzw. rd. 13 m unter GOK Wesersande überwiegend als Mittelsande, in der oberen Zone mit Auelehmbändern. Die Sande haben überwiegend schwach kiesige, teils kiesige Anteile. Mit der Bohrsondierung BS-202 wurden ab rd. 6,5 m Tiefe unter GOK eine rd. 0,2 m dicke Holzkohlelage durchbohrt.

---

<sup>2</sup> Zur Grundwassermeßstelle ausgebaute Bohrsondierung BS-103



### 3.4 Ergebnisse der Drucksondierungen

Mit den beiden Sondierungen neben der **EÜ 1740 (Süd)** wurde oberflächlich eine rd. 2,3 m bzw. rd. 3,7 m dicke Bodenauflage mit Sondierspitzendruckspannungen zunächst entweder in der Bandbreite 5 MN/m<sup>2</sup> bis 10 MN/m<sup>2</sup> oder in der Bandbreite 1 MN/m<sup>2</sup> bis 5 MN/m<sup>2</sup> gemessen<sup>3</sup>, darunter betragen die Sondierspitzendruckspannungen weniger als 1 MN/m<sup>2</sup> oder sie wechseln kleinräumig zwischen 1 MN/m<sup>2</sup> und 8 MN/m<sup>2</sup> (Anlage 2.3). Der Reibungsindex liegt zunächst zwischen 1 % und 3 % bzw. bei 1,5 %, in der Bodenzone mit geringen Sondierspitzendruckspannungen zwischen rd. 2 % und rd. 3 %, örtlich bei maximal 6 %, in der Zone mit den kleinräumig wechselnde Spannungen ebenfalls kleinräumig wechselnd zwischen rd. 1 % und rd. 4 %.

Demnach wurde hier rd. 1,4 m bzw. rd. 1,8 m dicke Auffüllungen überwiegen aus locker gelagerten schluffigen Sanden, örtlich aus Schluffen (Oberboden) über einer rd. 0,9 m dicken Auelehmschicht bzw. einer rd. 1,9 m dicken sandgebänderte Auelehmschicht durchfahren mit einer Basistiefe bei NN + rd. 2,4 m und bei NN + rd. 0,7 m.

Darunter steigen die Sondierspitzendruckspannungen zunächst auf 10 MN/m<sup>2</sup> bis 12 MN/m<sup>2</sup> oder auf 5 MN/m<sup>2</sup> bis 15 MN/m<sup>2</sup> an, mit einem örtlichen Maximalwert von 20 MN/m<sup>2</sup>, der Reibungsindex liegt bei 1 %. Im Anschluß, in rd. 5,3 m bzw. rd. 6 m Tiefe unter GOK, liegt eine rd. 0,5 m bzw. rd. 0,6 m dicke Bodenzone mit Sondierspitzendruckspannungen bei entweder rd. 2 MN/m<sup>2</sup> oder bei 3 MN/m<sup>2</sup>, der Reibungsindex liegt hier zwischen 3 % und 6 %.

In Tiefen bei NN - rd. 1,1 m bzw. bei NN - rd. 2,2 m steigen die Sondierspitzendruckspannungen entweder schlagartig oder nach einer Sondierstrecke von rd. 1,5 m auf mindestens 15 MN/m<sup>2</sup> an. Im weiteren Sondierverlauf wurden nördlich der EÜ (CPT-202a) überwiegend Sondierspitzendruckspannungen zunächst in der Bandbreite 15 MN/m<sup>2</sup> bis 20 MN/m<sup>2</sup>, ab rd. 18,4 m Tiefe unter GOK in der Bandbreite 20 MN/m<sup>2</sup> bis 25 MN/m<sup>2</sup> mit örtlichen Minimalwerten bei 10 MN/m<sup>2</sup> (CPT-202a) gemessen, südlich der EÜ (CPT-201) betragen die Sondierspitzendruckspannungen 25 MN/m<sup>2</sup> bis 30 MN/m<sup>2</sup>, örtlich bis 46 MN/m<sup>2</sup> ansteigend bzw. bis 20 MN/m<sup>2</sup> abfallend. Der Reibungsindex liegt bis rd. 18 m (NN - rd. 13,6 m) bzw. bis rd. 18,4 m (NN - 13,7 m) Tiefe unter GOK bei 1 %, darunter in der rd. 5,9 m bzw. rd. 7,6 m dicken Bodenzone mit den höheren Sondierspitzendruckspannungen etwas höher, im Mittel bei 1,5 %.

Darunter, in Tiefen bei NN - rd. 19,5 m bzw. bei NN - 21,3 m, fällt der Reibungsindex bis zum Sondierende rd. 1,6 m bzw. 3,7 m tiefer wieder auf rd. 1 % ab und die Sondierspitzendruckspannungen liegen in der Größenordnung bei 25 MN/m<sup>2</sup> oder fallen zunächst entlang einer Sondierstrecke von rd. 0,8 m auf rd. 7 MN/m<sup>2</sup> ab, im Anschluß steigen sie schlagartig wieder auf mindestens 30 MN/m<sup>2</sup> an.

Die Sondierungen wurden bei NN - rd. 22,9 m und NN - rd. 23,2 m wegen Auslastung der Geräteeinheit beendet.

---

<sup>3</sup> Die Sondierung CPT-202 wurde in rd. 0,9 m Tiefe unter GOK wegen Auslastung der Sondiereinheit beendet und unmittelbar daneben als CPT-202a erfolgreich durchgeführt

Demnach wurden unter dem Auelehm überwiegend mitteldicht, örtlich locker bis mitteldicht gelagerte Sande durchfahren, unterlagert entweder von einer rd. 0,5 m dicken Lockerzone oder von einer 0,6 m dicken Schluffschicht (CPT-201), die in der unmittelbar benachbarten Bohrsondierung BS-201 fehlt, im Ergebnis der Drucksondierung CPT-12 auf dem Nachbargrundstück (Baumarkt) in vergleichbarer Tiefe (ab NN - rd. 1,8 m) und Dicke (rd. 0,9 m) angetroffen wurde (Unterlage U 2.3). Darunter folgen dicht, teils sehr dicht gelagerte Sande, örtlich in rd. 23 m Tiefe unter GOK mit einer rd. 0,9 m dicken Störzone, wahrscheinlich aus Sanden mit erhöhten Schluffanteilen.

Der Übergang zu den Lauenburger Schichten sandiger Ausprägung wird erfahrungsgemäß von gegenüber im Wesersand leicht erhöhten Reibungsindices und Mantelreibungswerten bei gleichzeitig hohem Sondierspitzendruckspannungsniveau angezeigt. Diese Merkmale sind hier zwar unscharf ausgebildet, nach den Erkundungsergebnissen in ihrer Gesamtheit ist der Übergang zu den Lauenburger Schichten bei NN - rd. 13,6 m und NN - rd. 13,7 m zu erwarten. Zur zuverlässigen Bestimmung wäre eine direkte Erkundung erforderlich (Bohrung mit Entnahme von Sonderproben), wegen der Tiefenlage hier aber aus geotechnischer Sicht für das Bauprojekt zunächst nicht erforderlich.

Wegen unklarer Leitungssituation wurde am Sondierpunkt der Sondierung CPT-203 neben der **EÜ 2200 (Nord)** bis rd. 2 m Tiefe unter GOK vorgeschachtet (Anlage 2.2). Mit der Sondierung CPT-204 von der GOK aus wurden in den Auffüllungen bis rd. 1,2 m Tiefe unter GOK bis  $5 \text{ MN/m}^2$  ansteigende Sondierspitzendruckspannungen gemessen, der Reibungsindex fällt von rd. 2 % auf rd. 1 % ab. Darunter fallen die Sondierspitzendruckspannungen auf unter  $1 \text{ MN/m}^2$  ab, der Reibungsindex steigt auf mindestens 3 %, örtlich bis auf 6,5 % an. In rd. 2,2 m Tiefe unter GOK steigen die Sondierspitzendruckspannungen in einer rd. 0,8 m dicken Bodenzone auf bis zu  $16 \text{ MN/m}^2$  an, der Reibungsindex liegt bei 1 %.

Ab NN + rd. 1,3 m bzw. ab der Vorschachttiefe bei NN + rd. 1,8 m fallen die Sondierspitzendruckspannungen wieder auf rd.  $1 \text{ MN/m}^2$  ab, der Reibungsindex steigt an, örtlich bis auf rd. 6,5 %.

Demnach wurde hier eine rd. 1,2 m dicke Oberbodenschicht aus überwiegend locker gelagerten, schluffigen Sanden auf einer rd. 1 m dicken Auelehmschicht über einer 0,8 m dicken, mitteldicht gelagerten Sandzone angetroffen. Tiefer folgt eine rd. 1,4 m bzw. unter der Vorschachtsohle rd. 1,1 m dicke Auelehmschicht mit einer Basistiefe bei NN - rd. 0,1 m bzw. bei NN + rd. 0,7 m.

Unter dem Auelehm steigen die Sondierspitzendruckspannungen zunächst bis im Mittel auf  $10 \text{ MN/m}^2$  an, ab Tiefen bei NN - rd. 2,3 m bzw. bei NN - rd. 3 m betragen sie mindestens  $15 \text{ MN/m}^2$ .

Im weiteren Sondierverlauf unterscheiden sich die beiden Sondierergebnisse beidseitig des Eisenbahndamms nennenswert. Mit der Sondierung CPT-204 nördlich der EÜ 2200 wurden bis rd. 16 m Tiefe unter GOK durchgehend Sondierspitzendruckspannungen in der Bandbreite rd. 15 MN/m<sup>2</sup> bis rd. 20 MN/m<sup>2</sup> gemessen, örtlich kleinräumig wechselnd zwischen 15 MN/m<sup>2</sup> und 30 MN/m<sup>2</sup>, der Reibungsindex liegt in dieser rd. 9,4 m dicken Bodenzone bei 1 %. Im Anschluß betragen die Sondierspitzendruckspannungen bis zum Sondierende in rd. 29,1 m Tiefe unter GOK überwiegend mindestens 30 MN/m<sup>2</sup>, maximal 45 MN/m<sup>2</sup>, der Reibungsindex steigt auf im Mittel 2 % an. Ab NN - rd. 16,7 m wurde eine rd. 0,6 m dicke Bodenzone mit kleinräumig wechselnden Sondierspitzendruckspannungen von 10 MN/m<sup>2</sup> bis 20 MN/m<sup>2</sup> und einem ebenfalls kleinräumig wechselnden Reibungsindex von 2,5 % bis 5,5 % durchfahren.

Südlich der EÜ 2200 betragen die Sondierspitzendruckspannungen ab NN - rd. 3 m in einer rd. 4,7 m dicken Bodenzone mindestens 15 MN/m<sup>2</sup> mit einem Maximalwert von 45 MN/m<sup>2</sup>. Ab rd. 11,5 m Tiefe unter GOK (NN - rd. 7,7 m) folgt eine rd. 3,1 m dicke Bodenzone mit Sondierspitzendruckspannungen unterhalb 15 MN/m<sup>2</sup>, davon rd. 1,1 m unterhalb von 7 MN/m<sup>2</sup> (minimal rd. 3 MN/m<sup>2</sup>). Im weiteren Verlauf wurden (ab NN - rd. 10,8 m) Sondierspitzendruckspannungen von mindestens 15 MN/m<sup>2</sup> gemessen, im Anschluß bis zur Sondierendtiefe rd. 21,2 m unter GOK von überwiegend mindestens 25 MN/m<sup>2</sup> mit örtlichen Maximalwerten von 35 MN/m<sup>2</sup> bis rd. 50 MN/m<sup>2</sup>.

Der Reibungsindex liegt in der oberen Bodenzone bei rd. 1,5 %, im Bereich der niedrigen Sondierspitzendruckspannungen bei 1 %, darunter bei 2 %.

Demnach wurden unter dem Auelehm zunächst mitteldicht, ab NN - rd. 2,3 m bzw. ab NN - rd. 3 m dicht gelagerte Sande angetroffen, nördlich der EÜ durchgehend bis NN - rd. 12,7 m, südlich der EÜ bis 11,5 m Tiefe unter GOK, im Anschluß folgt dort bis NN - rd. 12,2 m eine rd. 3,1 m dicke Bodenzone aus mitteldicht gelagerten Sanden auf einer rd. 1,1 m dicken Bodenzone aus entweder locker gelagerten Sanden oder Sanden mit erhöhten Schluffanteilen.

In der Bodenzone darunter bis zu den Sondierendtiefen liegen die Mantelreibung und der Reibungsindex auf einem höheren Niveau als in der Bodenzone darüber. Erfahrungsgemäß beschreiben diese Meßwertänderungen zusammen mit den hohen Sondierspitzendruckspannungen den Übergang zu sehr dicht gelagert Sanden der Lauenburger Schichten, erfahrungsgemäß schluffig. In dieser Bodenzone liegt örtlich ab NN - rd. 16,7 m eine rd. 0,6 m dicke, bindige Störzone, wahrscheinlich sandgebänderte Ton.

Die örtlich hohen Sondierspitzendruckspannungen im Übergangsbereich zu den Lauenburger Sanden geben Hinweise auf steinige und kiesige Anteile in den Sanden, wie sie dort erfahrungsgemäß zu erwarten sind.

Die Sondierungen wurden in Tiefen bei 21,2 m bzw. bei 29,1 m unter GOK wegen Auslastung der Sondiereinheit beendet.

### 3.5 Daten zum Grundwasser

#### 3.5.1 Archivdaten

Gemäß den Angaben in der Baugrundkarte *Bremen* ist die entspannte Grundwasserspiegeldruckfläche in der Untersuchungsfläche zwischen NN + rd. 2,75 m und NN + rd. 3 m mit einer Grundwasserhauptfließrichtung in nördlicher Richtung zu erwarten. Im Umfeld des Untersuchungsgebiets betreibt der *Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen*, zwei Grundwassermeßstellen, rd. 0,8 km nördlich die Meßstelle GMS-109<sup>4</sup> bzw. rd. 1 km westlich die Meßstelle GMS-213<sup>5</sup>.

Die Extremwerte der in den Meßstellen gemessenen Grundwasserspiegeldruckhöhe betragen:

Niedrigstwerte	GMS-109	NN + 1 m	August 1974
	GMS-213	NN + 0,99 m	Dezember 1979
Höchstwerte	GMS-109	NN + 2,43 m	Januar 1994
	GMS-213	NN + 2,75 m	Februar 1994.

#### 3.5.2 Eigene Messungen

##### 3.5.2.1 Stichtagsmessungen

In der Tabelle 3.1 sind die während der Bohrsondierarbeiten im Januar 2013, im September 2014 und im Januar 2015 in den EÜ-nahen, unverrohrten Bohrsondierlöchern gemessenen Grundwasserspiegeldruckhöhen zusammengestellt.

**Tabelle 3.1 Ergebnisse der Stichtagsmessungen**

Standort	Januar 2013 (Unterlage U 2.1)			September 2014 (Unterlage U 2.2)			Januar 2015 (Unterlage U 1.1)		
	Meßstelle	m unter GOK	NN m	Meßstelle	m unter GOK	NN m	Meßstelle	m unter GOK	NN m
EÜ 1740 (Süd)	BS-10	1,0	+ 2,2	BS-101	2,6	+ 1,9	BS-201	1,9	+ 2,6
				GWP-101	2,7	+ 2	BS-202	2,4	+ 2,4
EÜ 2200 (Nord)	BS-12	1,6	+ 2,4	BS-102	2,2	+ 1,9	BS-203 BS-204	0,9 1,2	+ 3,2 + 3,3
				BS-103	2,7	+ 2,2			
				GWP-102	2,8	+ 1,9			
				GWP-103	2,4	+ 1,9			

Eine Unterscheidung von Stauwasservorkommen und entspanntem Grundwasseranstieg ist in den unverrohrten Bohrsondierlöchern nicht möglich.

<sup>4</sup> Beobachtungszeitraum: 1974 bis 2002

<sup>5</sup> Beobachtungszeitraum: 1979 bis 1994

### 3.5.2.2 Zeitreihenmessungen

Gemäß den Ergebnissen von Zeitreihenmessungen in drei Grundwasserpegel (Pegel-Ganglinien) neben den Eisenbahnüberführungen wurden im Beobachtungszeitraum vom 03.09.2014 bis zum 09.02.2015 (159 Tage) folgende Extremwerte gemessen (Unterlage U 2.2):

Pegel GWP-101	(EÜ 1740)	max	NN + rd. 2,40 m	(29.01.2015)
		min	NN + rd. 1,77 m	(09.12.2014)
Pegel GWP-102	(EÜ 2200)	max	NN + rd. 2,39 m	(29.01.2015)
		min	NN + rd. 1,78 m	(09.12.2014)
Pegel GWP-103	(EÜ 2200)	max	NN + rd. 2,42 m	(29.01.2015)
		min	NN + rd. 1,78 m	(17.10.2014)

Die drei Ganglinien haben untereinander einen affinen Verlauf mit nahezu identischen Extremwerten.

Die Messungen werden fortgesetzt.

## **4 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche**

### **4.1 Art und Umfang der Untersuchungen**

Aus den beim Bohrsondieren angetroffenen Bodenschichten wurden gestörte Bodenproben entnommen, die uns zur Beurteilung und Untersuchungen zur Verfügung standen.

Die Proben wurden zunächst nach den manuellen und visuellen Methoden entsprechend DIN EN ISO 14688-1:2013-12 bodenmechanisch angesprochen. An ausgewählten Proben wurden im Labor klassifizierende Laborversuche (Wassergehalt, Dichte und der Anteil an organischen Beimengungen als Glühverlust) entsprechend den derzeitig eingeführten Normen und technischen Richtlinien durchgeführt.

Zur Kennzeichnung und Beschreibung von Böden dient ihre Korngrößenverteilung, sie wurde von charakteristischen Proben durch Naßsiebungen ermittelt.

Die Versuchsergebnisse der Laboruntersuchungen sind tabellarisch auf den Anlagen 3.1 zusammengestellt, die Korngrößenverteilungen sind als Körnungslinien auf den Anlagen 3.2 dargestellt.

Entsprechend den Erkundungsergebnissen (Ziffer 3) werden die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche für die einzelnen Bodenarten getrennt beschrieben.

### **4.2 Auffüllungen**

Gemäß dem Ergebnis der Ansprachen im Labor sind die Proben aus den Auffüllungen überwiegend mittelsandige bis stark mittelsandige Feinsande, teils feinsandige Mittelsande. Örtlich haben die Proben schluffige und Fremdstoffanteile (Schlacke, Bauschutt).

Mangels bautechnischer Eignung wurden über die Handansprache hinaus keine Laborversuche durchgeführt.

### **4.3 Auelehm**

Gemäß dem Ergebnis der Ansprachen im Labor sind die Auelehmproben überwiegend Schluff-Sand-Gemische, teils stark schluffige, feinsandige Tone, teils stark sandige, schwach tonige Schluffe. Die Proben sind überwiegend schwach humos bis humos.

Die klassifizierenden Parameter der organischen Proben wurden in folgenden Bandbreiten gemessen:

Wassergehalt	$w =$	0,169 bis 0,496
Dichte	$\rho =$	2,04 t/m <sup>3</sup> bis 1,66 t/m <sup>3</sup>
Glühverlust	$V_{Gl} =$	1,7 M.-% bis 9,2 M.-%.

Gemäß den Körnungslinien sind die Auelehmproben rein kornanalytisch überwiegend schwach tonige, stark sandige Schluffe mit einem Feinstkornanteil (Korndurchmesser  $d < 0,002 \text{ mm}$ ) von rd. 8 M.-% bis rd. 13 M.-% und einem Sandanteil (Korndurchmesser  $d > 0,063 \text{ mm}$ ) von rd. 32 M.-% bis rd. 60 M.-% (Schluff-Sand-Gemisch). Eine Körnungslinie weist die Probe als sandigen, stark schluffigen Ton mit einem Feinstkornanteil von rd. 36 M.-% und einem Sandanteil von rd. 28 M.-% aus.

Die Proben sind nach DIN 14688 überwiegend als „schwach organische“, teils als „mittel organische“ mineralische Böden und nach bisheriger Norm 4022 überwiegend als „schwach humos“ bis „humos“ einzustufen.

Unter Berücksichtigung der organischen Anteile (Glühverlust) ist den untersuchten Proben überwiegend eine steife, örtliche eine weiche bis steife Konsistenz zuzuordnen.

Die Auelehmproben mit hohem Schluffanteil sind sehr empfindlich gegenüber relativ kleinen Änderungen des Wassergehalts. Wassergesättigter Auelehm wechselt infolge mechanischer Einwirkungen (Erdbau) schnell zu einem breiigen bis flüssigen Zustand.

Die Proben sind in Abhängigkeit vom organischen Anteil überwiegend den Bodengruppen OU und OT, teils den Gruppen UL und TL zuzuordnen.

#### **4.4        Wesersand**

Die Proben aus den Sanden unter dem Auelehm sind gemäß dem Ergebnis der Handansprache im Labor überwiegend feinsandige Mittelsande, teils mit schwach kiesigen Anteilen.

Die Körnungslinien der Wesersandproben zeigen überwiegend einen feinsandigen, teils schwach grobsandigen Mittelsand, teils einen schwach feinsandigen, grobsandigen, schwach kiesigen Mittelsand mit einem Schlämmkornanteil (Korndurchmesser  $d \leq 0,063 \text{ mm}$ ) von rd. 1 M.-% bis rd. 3 M.-% und einem Kieskornanteil (Korndurchmesser  $d \geq 2 \text{ mm}$ ) bis zu maximal 12 M.-%.

Die zugehörigen Ungleichförmigkeitszahlen der Proben wurden in der Bandbreite  $C_u = 2,28$  bis  $C_u = 3,28$  ermittelt, die Krümmungszahlen in der Bandbreite  $C_c = 0,85$  bis  $C_c = 1,08$ .

Kornanalytisch handelt es sich bei den untersuchten Proben demnach überwiegend um enggestufte Sande der Bodengruppe „SE“.

## **5 Chemische Untersuchungen**

### **5.1 Grundwasserchemische Analysen**

#### **5.1.1 Untersuchungsumfang**

Die Wasserproben aus der temporären Grundwassermeßstelle GWP-103 neben der EÜ 2200 (Nord) wurden zur Untersuchung entsprechend DIN EN206-1 (Betonangriffsgrad) und DIN 50929 (Korrosionswahrscheinlichkeit von Eisenwerkstoffen) der chemische Analyse zugeführt.

Für wasserrechtliche Genehmigungsbelange wurde außerdem der Eisengehalt der Wasserproben bestimmt.

Die Ergebnisse sind auf der Anlage 2.4 zusammengestellt (Unterlage U 4.2).

#### **5.1.2 Betonaggressivität**

Gemäß dem Ergebnis der Grundwasseranalytik der im Januar 2015 aus den Wesersanden entnommenen Grundwasserprobe ist der Anteil an kalklösender Kohlensäure mit 28 mg/l erhöht, sie ist der Expositionsklasse XA 1 zuzuordnen (chemisch schwach angreifende Umgebung).

#### **5.1.3 Korrosionswahrscheinlichkeit von Eisenwerkstoffen**

Die Korrosionswahrscheinlichkeit für unlegiertes Eisen und für verzinkten Stahl kann in Abhängigkeit von der Wasserqualität gemäß DIN 50 929 mit Hilfe von Bewertungszahlen der Tabelle 6 (DIN 50 929, Teil 3) abgeschätzt werden. Da in den Bewertungszahlen neben den Ergebnissen der chemischen Wasseranalyse (Anlage 2.4) auch Informationen über örtliche Gegebenheiten des jeweiligen Bauteils einfließen, ist eine abschließende Einschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit erst zusammen mit den entsprechenden Daten möglich und im Einzelfall vorzunehmen.

#### **5.1.4 Datenrelevanz für Grundwassereinleitungen**

Die Möglichkeit zur Direkteinleitung geförderten Grundwassers in offene Gewässer wird häufig von zu hohen Eisengehalten eingeschränkt<sup>6</sup>. Bei Eisengehalten von größer 5 mg/l ist in Verbindung mit dem Luftkontakt mit einer „Ausflockung“ (Eisenausfällung) des Förderwassers zu rechnen.

An der Grundwasserprobe wurde der Eisengehalt zu 18 mg/l bestimmt.

Ob die Entsorgung geförderten Grundwassers in den offenen Vorfluter oder in einen Regenwasserkanal eine Vorbehandlung erfordert, ist planerisch zu prüfen.

---

<sup>6</sup> Die vollständige Parameterliste ist im Einzelfall mit den zuständigen Stellen abzustimmen.



## **5.2 Bodenchemische Analysen**

Bodenchemische Analysen wurden auftraggeberseits der *B.A.U. Planung Gehrke & Schuderer GbR, Bremen*, übertragen. Untersuchungsergebnisse liegen uns hierzu nicht vor.

## **6 Vereinfachter Baugrundaufbau und charakteristische Werte der Bodenparameter (Baugrundmodell)**

Auf der Grundlage der vorliegenden Baugrunderkundungs- und -untersuchungsergebnisse in Verbindung mit unseren und allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden werden für die neben den Eisenbahnüberführungen anstehenden Bodenschichten in der Tabellen 6.1 (EÜ 2200, Nord) und Tabelle 6.2 (EÜ 1740, Süd) charakteristische Werte der Bodenparameter für einen vereinfachten Baugrundaufbau zur Verwendung in erdstatischen Nachweisen nach dem Sicherheitskonzept mit Partialsicherheiten entsprechend DIN 1054:2010-12 angegeben (Baugrundmodell).

Die angegebenen Werte in den Tabellen 6 beruhen auf Korrelationen größerer Datenbestände vergleichbarer Bodenvorkommen. Die angegebene Bandbreite der Steifemoduln berücksichtigt ihre Abhängigkeit vom Spannungsniveau und die Inhomogenität der Böden.

Wegen des oberflächlich überwiegend stark wechselhaften, teils kleinräumig heterogenen Baugrundaufbaus ist die verfeinerte Angabe eines vereinfachten Baugrundaufbaus für diese Bodenzone (Auffüllungen und Wechselschichten) nicht mehr zweckmäßig. Die örtliche Zuordnung der charakteristischen Werte der Bodenparameter ist anhand der Bohr-, Sondier- und Bodenprofile durchzuführen (Anlagen 2).

**Tabelle 6.1 Vereinfachter Baugrundaufbau und charakteristische Werte der Bodenparameter an der EÜ 2200, Nord (Baugrundmodell)**

Bodenart	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Schichtunterkante bei	Wichte $\gamma / \gamma'$	Steifemodul $E_{s,k}$	Reibungswinkel $\varphi'_k$	Kohäsion $c'_k$	Anfangsscherfestigkeit $c_{u,k}$
		NN m	kN/m <sup>3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	°	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Auffüllungen</b>	---	+2,9 bis 3,1					
aus Fein- und Mittelsand (Bauschutt)	mitteldicht		18/10	20 bis 40	32,5	0	---
<b>Wechselschichten</b>		-0,1 bis +1,5				0	---
(Mittelsand)	mitteldicht		18,5/10,5	30 bis 60	32,5	0	---
Auelehm (sandgebändert)	steif		17/7	bis 2	25	10	20 bis 40
<b>Wesersand</b>							
Mittelsand	mitteldicht	-2,3 bis -3	18,5/10,5	40 bis 80	32,5	0	---
Mittelsand	(dicht) <sup>5)</sup>	-7,7	19/11	100 bis 200	35	0	---
Sand <sup>4)</sup>	(mitteldicht) <sup>5)</sup>	unterhalb -8 <sup>1)</sup> -9,4	18,5/10,5	20 bis 40	32,5	0	---
Sand <sup>4)</sup>	(locker) <sup>5)</sup>	-10,5	18/10	30 bis 60	30	0	---
Sand <sup>4)</sup> (steinig, kiesig)	Dicht	unterhalb -7,5 <sup>1)</sup> -11,7 bis -12,2	20/11	100 bis 200	35	0	---
<b>Lauenburger Schichten<sup>4)</sup></b>							
Sand, schluffig	dicht	-16,7 unterhalb -17,4 <sup>2)</sup>	19/11	80 bis 160	35	0	---
(Ton, sandgebändert)	steif bis halbfest	-17,3	20/10	10 bis 20	25	20 bis 40	60 bis 120
Sand, schluffig	dicht	unterhalb -24,8 <sup>3)</sup>	19/11	80 bis 160	35	0	---

(...) örtlich --- nicht bestimmt bzw. keine Angaben

<sup>1)</sup> Endtiefen der Bohrsondierungen

<sup>2)</sup> Endtiefe der Sondierung südlich der EÜ

<sup>3)</sup> Endtiefe der Sondierung nördlich der EÜ

<sup>4)</sup> nicht erbohrt, aus den Ergebnissen der Drucksondierungen abgeleitet

<sup>5)</sup> nur südlich des Eisenbahndamms

**Tabelle 6.2 Vereinfachter Baugrundaufbau und charakteristische Werte der Bodenparameter an der EÜ 1740 Süd (Baugrundmodell)**

Bodenart	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Schicht- unterkante bei	Wichte $\gamma / \gamma'$	Steife- modul $E_{s,k}$	Reibungs- winkel $\varphi'_k$	Kohäsion $c'_k$	Anfangsscher- festigkeit $c_{u,k}$
		NN m	kN/m <sup>3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	°	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Auffüllungen</b>	---	+2 bis +3,3					
aus Feinsand, schluffig (Schlacke, Bauschutt)	locker mitteldicht		17/10 18/10	10 bis 20 20 bis 40	30 32,5	0 0	--- ---
<b>Wechselschichten</b>		+0,7 bis +3,1					
Mittelsand	mitteldicht		18,5/10,5	30 bis 60	32,5	0	---
Auelehm (sandgebändert)	steif		17/7	1 bis 2	25	10	20 bis 40
<b>Wesersand</b>							
(Mittelsand Holzkohle)	mitteldicht	-1,6 bis -2	18,5/10,5 ---	40 bis 80 ---	32,5 ---	0 ---	--- ---
(Schluff)	steif	-2,2	18/8	4 bis 8	27,5	5	10 bis 20
Sand	dicht	unterhalb -7,6 <sup>1)</sup> bis -8,2 <sup>1)</sup>	20/11	100 bis 200	35	0	---
Sand <sup>3)</sup> (steinig, kiesig)	dicht	-13,6	20/11	100 bis 200	35	0	---
<b>Lauenburger Schichten<sup>3)</sup></b>							
Sand, schluffig	dicht	unterhalb -22,3 <sup>2)</sup> bis -23,2 <sup>2)</sup>	19/11	80 bis 120	35	0	---

(...) örtlich --- nicht bestimmt bzw. keine Angaben

<sup>1)</sup> Endtiefen der Bohrsondierungen

<sup>2)</sup> Endtiefen der Sondierungen

<sup>3)</sup> nicht erbohrt, aus den Ergebnissen der Drucksondierungen abgeleitet

## 7 Bautechnische Klassifikation der angetroffenen Bodenarten

Die geotechnischen Klassifikationen der angetroffenen Bodenarten nach den Kriterien der jeweiligen Regelwerke sind in Tabelle 7.1 zusammengestellt.

**Tabelle 7.1 Bodengruppen, Bodenklassen und Frostepfindlichkeitsklassen**

Bodenart	Bodengruppe gemäß DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Frostepfindlichkeitsklasse gemäß ZTVE-StB 09
<b>Auffüllungen</b>			
aus Fein- und Mittelsand, (schluffig, Schlacke, Bauschutt)	A [SE, SU]	3	---
<b>Wechselschichten</b>			
Mittelsand	SU (SE, SU*)	3 3, 4 oder 2 <sup>1)</sup>	F1 F1, F3
Auelehm (sandgebändert)	OT, TL (OU, UL)	4 oder 2 <sup>1)</sup>	F3
<b>Wesersand</b>			
Mittelsand (Holzkohle)	SE	3	F1
(Schluff) <sup>2)</sup>	SU*, UL	4 oder 2 <sup>1)</sup>	F3
Sand <sup>2)</sup> (kiesig, steinig)	SE bis SI (GE)	3	F1
<b>Lauenburger Schichten<sup>2)</sup></b>			
Sand, schluffig	SU	3	F1
(Ton, sandgebändert)	TL	4 oder 2 <sup>1)</sup>	F3

[...] aufgefüllt      (...) örtlich      --- keine Angaben

<sup>1)</sup> bei Wasserzutritt und mechanischer Belastung

<sup>2)</sup> nicht erbohrt, aus den Ergebnissen der Drucksondierungen abgeleitet

Die bautechnische Klassifikation erfolgte anhand der untersuchten Proben und erfahrungsbasiert indirekt anhand der Drucksondiererergebnisse, deshalb und wegen der heterogenen Zusammensetzung der angetroffenen Bodenarten sind andere Bodenklassen und Bodengruppen möglich, insbesondere bei den aufgefüllten Böden.

## **8 Baugrundbeschreibung**

### **8.1 Baugrundaufbau**

Neben den beiden Eisenbahnüberführungen stehen oberflächlich rd. 1,2 m bis rd. 2 m dicke, heterogene Auffüllungen überwiegend aus locker gelagerten Fein- und Mittelsanden an, teils mit Wurzeln- und Bauschutt- oder Schlackeanteilen. Diese Auffüllungen liegen auf Niederungsböden, überwiegend als rd. 1 m bis rd. 1,8 m dicke Wechsellagerung aus Auelehm, Auelehm-Sand-Gemischen und schluffigen Mittelsanden oder auelehmgebänderte Feinsanden mit regellos wechselnden Schichtdicken und Tiefenlagen. Die Sande der Wechschichten mit Basistiefen zwischen NN - rd. 0,1 m und NN + rd. 1,5 m, örtlich bei NN + rd. 3,1 m (EÜ 1740), sind überwiegend mitteldicht gelagert.

Darunter folgen die Wesersande, bis zum Bohrsondierende in maximal 13 m Tiefe unter GOK als Mittelsande, teils kiesig, in der oberen Zone teils mit Schluffbändern (Auelehmbänderung), südlich der EÜ 1740 ab NN - rd. 1,6 m mit einem rd. 0,6 m dicken Schluffband steifer Konsistenz. Die Lagerungsdichte der Wesersande ist an den beiden EÜ-Standorten uneinheitlich, teils stark wechselhaft. Neben der EÜ 1740 (Süd) sind die Sande zunächst überwiegend mitteldicht, örtlich locker bis mitteldicht gelagert, ab NN - rd. 2 m bzw. ab NN - rd. 2,2 m bis zur Sondierentiefe rd. 27,6 m unter GOK sind die Sande mindestens dicht gelagert, ab NN - rd. 18,6 m mit einer rd. 0,9 m dicken, sandgebänderten Tonlage (südlich der EÜ).

Neben der EÜ 2200 (Nord) sind die Wesersande unter den Wechschichten zunächst mitteldicht gelagert, ab NN - rd. 2,3 m bzw. ab NN - rd. 3 m mindestens dicht gelagert, entweder durchgehend (nördlich der EÜ) oder ab NN - rd. 7,7 m mit einer rd. 3,1 m dicken Zone mit mitteldichter (rd. 1,7 m dick) und lockerer (rd. 1,4 m dick) Lagerungsdichte.

Den Wesersanden folgen ab Tiefen zwischen NN - 13,6 m (EÜ 1740, Süd) bzw. zwischen NN - rd. 11,7 m und NN - rd. 12,2 m (EÜ 2200, Nord) bis zum Sondierende sehr dicht gelagerte Sande der Lauenburger Schichten, erfahrungsgemäß schluffig. Erfahrungsgemäß haben die Wesersande unmittelbar auf den Lauenburger Schichten kiesige und steinige Anteile.

### **8.2 Grundwassersituation**

Nach den vorliegenden Daten zu den Grundwasserverhältnissen sollte an den beiden Eisenbahnüberführungen EÜ 1700 (Süd) und EÜ 2200 (Nord) zunächst von einem Anstiegspotential der Grundwasserspiegeldruckhöhe bis NN + rd. 2,8 m ausgegangen werden.

Die Messungen in den drei Grundwassermeßpegeln neben den beiden Eisenbahnüberführungen werden fortgesetzt.

Darüber hinaus sind über dem Auelehm und den Schluffbändern in Abhängigkeit von den örtlichen Drainage- und Vorflutverhältnissen Stauwasserbildungen bis zur GOK möglich.

## **9            Allgemeine Baugrundbeurteilung**

Die oberflächigen Auffüllungen sind unter Berücksichtigung der Setzungseinflüsse der Auffüllungen selbst (Lagerungsdichte) und insbesondere der Auelehme und der Wechsellagen (wechselhafte Schichtdicke und Tiefenlage) ohne ergänzende Maßnahmen zur Baugrundverbesserung nur zur Flachgründung einfacher Bauwerken mit sehr geringen Lasten oder für Bauwerke ohne besondere Ansprüche an die Setzungsbegrenzung geeignet.

Die Wechsellagen unter den Auffüllungen sind zur Flachgründung von Bauwerken ohne Maßnahmen zur Baugrundverbesserung nicht geeignet.

Die Wesersande sind für Flachgründungen von Bauwerken und für den Lastabtrag von Tiefgründungen mit Pfählen geeignet, wenn die Sande mindestens mitteldicht gelagert sind ( $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$ ). Andernfalls, wie hier örtlich an der EÜ 1740 angetroffen, sind Maßnahmen zur Erhöhung der Sandlagerungsdichte erforderlich (Tiefenverdichtung).

## **10            Schlußbemerkungen**

Baugrunderkundungen von den Eisenbahndämmen aus wurden bislang nicht durchgeführt.

Für die weitere geotechnische Beratung stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

Prof. Dr.-Ing. H. Harder

Dr.-Ing. J. Rogner

## **Anlagenverzeichnis**

### **1    Lagepläne**

- 1.1    Ortsplan
- 1.2    Lageplan

### **2    Baugrund**

- 2.1    Lageplan der Erkundungspunkte
- 2.2    Ergebnisse der Baugrunderkundung an der EÜ 2200 (Nord)
- 2.3    Ergebnisse der Baugrunderkundung an der EÜ 1740 (Süd)
- 2.4    Ergebnisse grundwasserchemischer Analysen

### **3    Bodenmechanische Laboruntersuchung**

- 3.1    Zusammenstellung der Versuchsergebnisse
- 3.2    Körnungslinien

### **Anhang**

---

- A      Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen



## Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

Ergebnisse der Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen  
EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)

Ortsplan





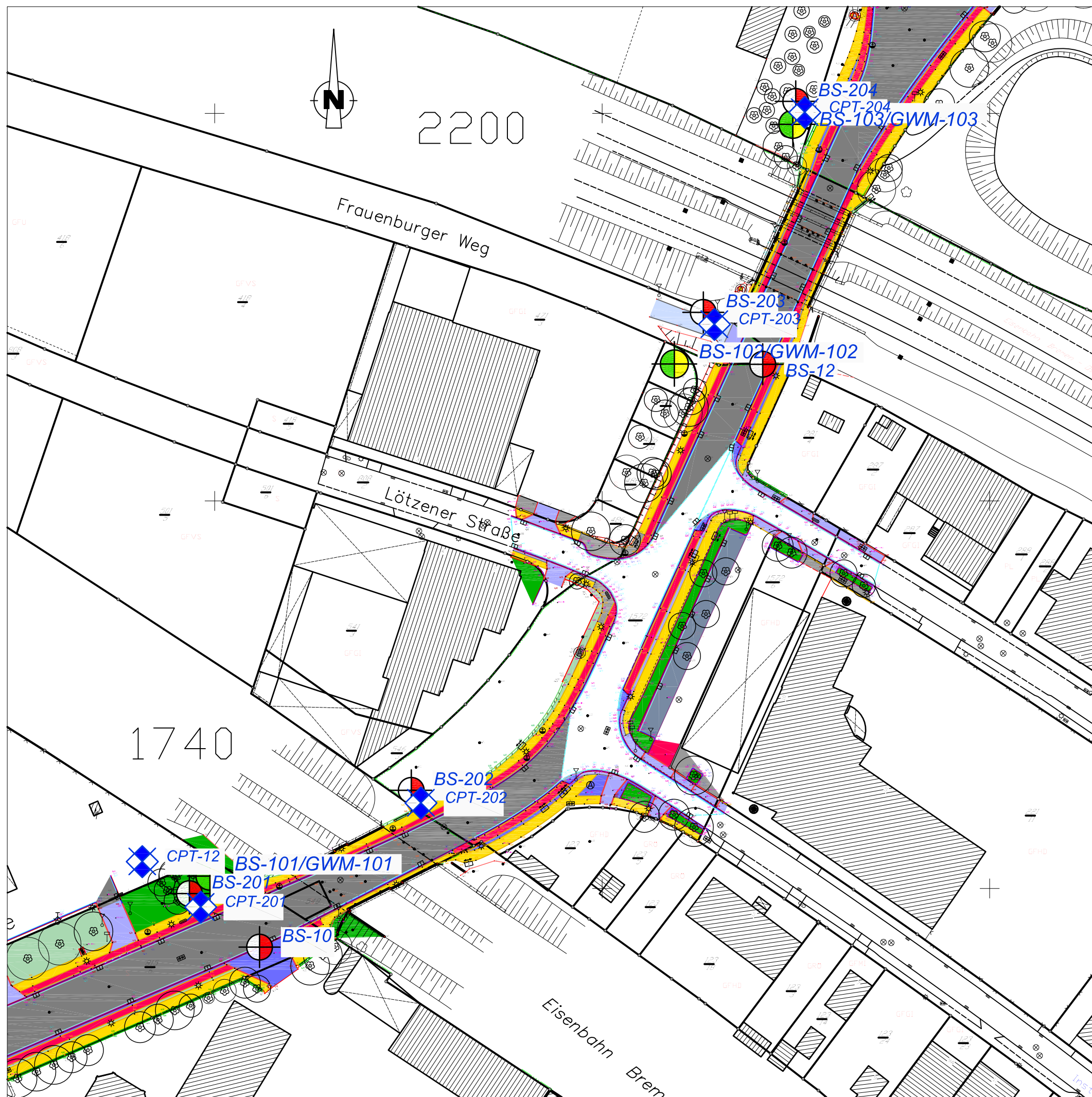
**Straßenbahnquerverbindung  
Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Ergebnisse der Baugrundnacherkundung  
an den Eisenbahnüberführungen  
EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)  
Lageplan






übernommen aus Unterlagen  
mit Ergänzungen  
- ohne Maßstab -



**Straßenbahnquerverbindung  
Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Ergebnisse der Baugrundnacherkundung  
an den Eisenbahnüberführungen  
EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)  
Lageplan der Erkundungspunkte

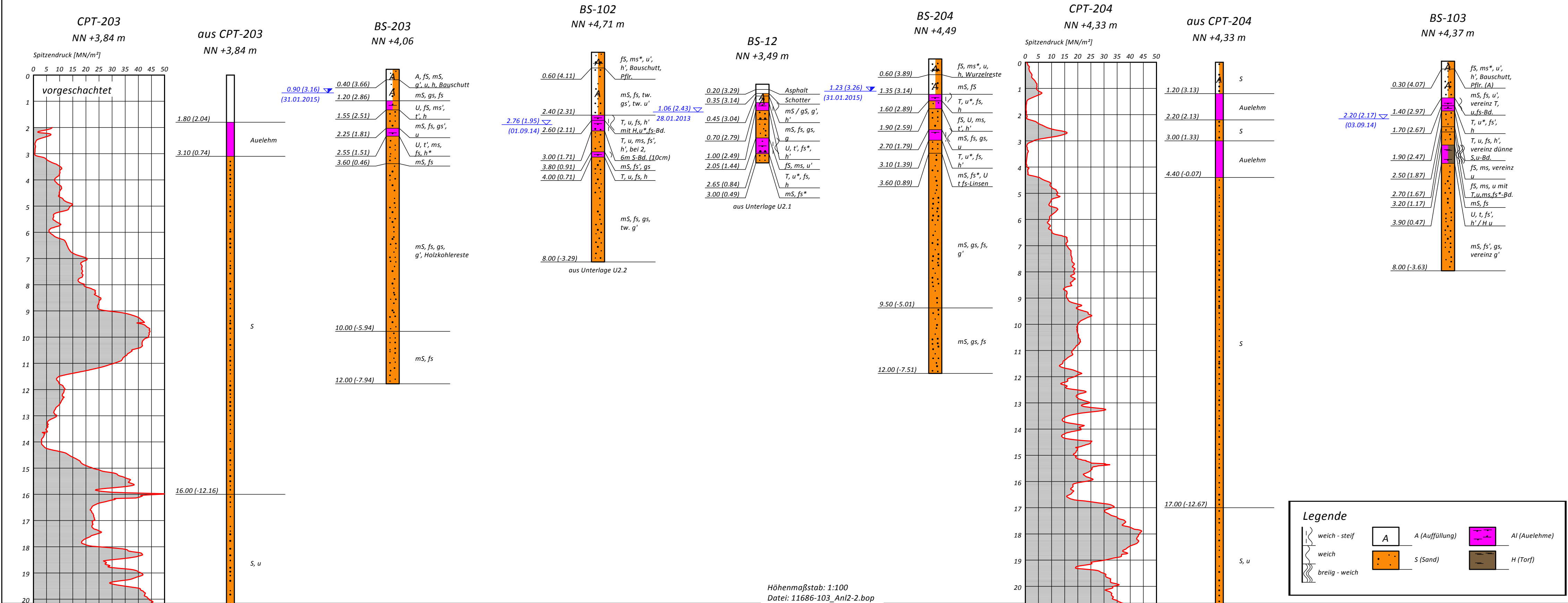


-  Bohrsondierung BS
-  Grundwassermessstelle GWM  
Bohrsondierung BS
-  Drucksondierung CPT

Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße  
im Bremer Osten

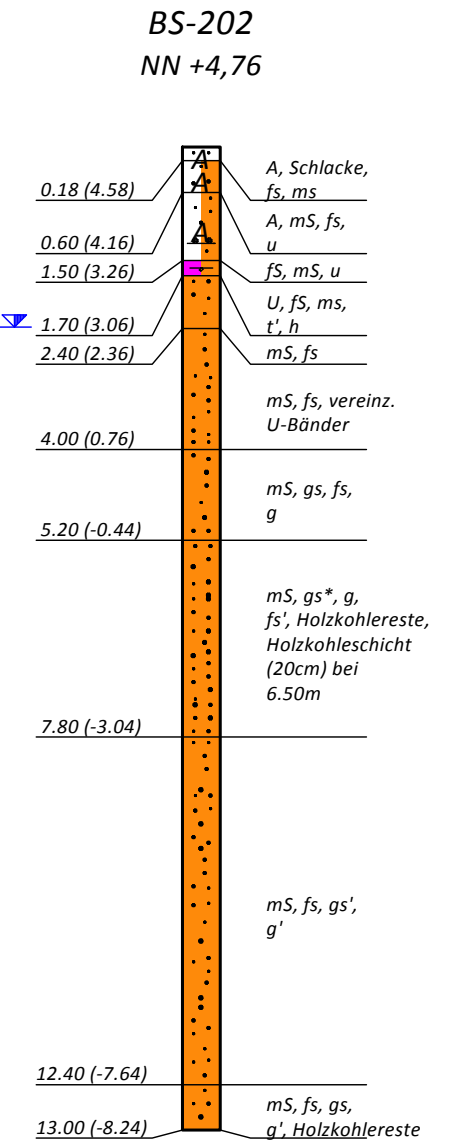
Ergebnisse der Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen  
EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)







Ergebnisse der Baugrunderkundung an der EÜ 2200 (Nord)





### Ergebnisse der Baugrunderkundung an der EÜ 1740 (Süd)



	steif		A (Auffüllung)		AI (Auelehme)
	weich		S (Sand)		U (Schluff)

Höhenmaßstab: 1:100  
Datei: 11686-103\_An12-3.bop

# Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

## Ergebnisse einer Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)

### Ergebnisse grundwasserchemischer Analysen

Chemischer Angriff (Expositionsklasse) auf Beton gemäß EN 206-1.2000,  
Stahlkorrosionswahrscheinlichkeit nach DIN 50929 sowie Eisengehalt

<b>Projekt</b>	11686	Analyse durch	Wessling GmbH
Entnahmedatum	31. Jan 15	Proben Nr.	15-015744-01
Entnahme durch	Worpsweder BG	Entnahmestelle	GWM-103

Wasseranalyse					
Chemischer Angriff auf Beton			Expositionsklasse		
(erweiterter Analyseumfang)			XA 1 schwach angreifend	XA 2 mäßig angreifend	XA 3 stark angreifend
Parameter	Prüfergebnis	Einheit	Grenzwerte (sofern vorgegeben)		
Aussehen	gelblich	-			
Geruch der unveränderten Probe	geruchlos	-			
Geruch der angesäuerten Probe	geruchlos	-			
Kaliumpermanganatverbrauch	95	mg/l			
Härte	151	mg/l			
Härtehydrocarbonat	140	mg/l			
Nichtcarbonathärte	11	mg/l			
Chlorid	52	mg/l			
Sulfid	< 0,04	mg/l			
pH-Wert	6,9	-	6,5-5,5	<5,5-4,5	<4,5
Magnesium	12,0	mg/l	300-1000	>1000-3000	>3000
Ammonium	1,60	mg/l	15-30	>30-60	>60
Sulfat	33,0	mg/l	200-600	>600-3000	>3000
CO <sub>2</sub> (kalklösend)	28,0	mg/l	15-40	>40-100	>100
Stahlkorrosionswahrscheinlichkeit (Chlorid, Sulfat und pH-Wert siehe oben)					
Calcium	88	mg/l			
Säurekapazität, pH 4,3	5	mmol/l			
Eisengehalt	18,0	mg/l			

<b>Beurteilung</b>	
<b>Chemischer Angriff auf Beton (Expositionsklasse gemäß EN 206-1.2000) <sup>1)</sup></b>	
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	alle Parameter unterhalb der Grenzwerte für XA 1 (nicht betonangreifend) XA 1 - chemisch schwach angreifende Umgebung XA 2 - chemisch mäßig angreifende Umgebung XA 3 - chemisch stark angreifende Umgebung
<b>Stahlkorrosionswahrscheinlichkeit</b> Die Stahlkorrosionswahrscheinlichkeit ist anhand der Untersuchungsergebnisse auf der Grundlage der beurteilungsrelevanten Bauwerksdaten im Einzelfall nach DIN 50929 zu prüfen.	

<sup>1)</sup> Der höchste Wert bestimmt die Expositionsklasse. Führen zwei oder mehrere Parameter zu derselben Klasse, muß die Umgebung der nächsthöheren Klasse zugeordnet werden, sofern nicht ein besonderer Nachweis erbracht wird, daß dies nicht erforderlich ist.

## Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

Ergebnisse der Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen

EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r t/ m <sup>3</sup>	Trockendichte r <sub>d</sub> t/ m <sup>3</sup>	Glühverlust V <sub>gl</sub> M.-%	Körnungslinien			Verdichtungsgrad D <sub>pr</sub>	Fließgrenze w <sub>L</sub>	Ausrollgrenze w <sub>p</sub>	Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeitsbeiwert k <sub>10</sub> m/s
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination							
											s. Anlage Nr. 3.2 /.Blatt									
1	BS 201	1	0	0,2	0,2	A (fs ms* u h) Wurzelreste														
2	BS 201	2	0,2	0,4	0,3	A (fs ms* u' h')														
3	BS 201	3	0,4	0,75	0,7	fs ms* u														
4	BS 201	4	0,75	1,95	1,5	mS fs gs'														
5	BS 201	5	1,95	2,45	2,2	fs ms vereinz. T u' fs-Linse														
6	BS 201	6	2,45	2,75	2,6	mS fs														
7	BS 201	7	2,75	2,95	2,9	U fs ms t h' (b-w)	0,282	1,89	1,48	2,9		.1								
8	BS 201	8	2,95	3,7	3,5	mS fs* U t fs'-Linse														
9	BS 201	9	3,7	7,2	5	mS fs* gs'					.1									
10	BS 201	10	3,7	7,2	6,5	mS gs* gs g'														
11	BS 201	11	7,2	9,8	7,5	mS fs														
12	BS 201	12	7,2	9,8	9	mS fs					.1									
13	BS 201	13	9,8	12	11,9	mS fs' gs														
14	BS 202	1	0	0,18	0,1	Schlacke fs ms														
15	BS 202	2	0,18	0,6	0,5	A (mS fs u)														
16	BS 202	3	0,6	1,5	1	fs mS u														
17	BS 202	4	1,5	1,7	1,7	U fs ms t' h (w)	0,244	1,94	1,56	3,7										

## Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

Ergebnisse der Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen

EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r	Trockendichte $r_d$	Glühverlust $V_{gl}$	Körnungslinien			Verdichtungsgrad $D_{pr}$	Fließgrenze $w_L$	Ausrollgrenze $w_P$	Plastizitätszahl $I_P$	Konsistenzzahl $I_C$	Kalkgehalt $V_{Ca}$	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert $k_{10}$
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination							
											s. Anlage Nr. 3.2 /Blatt									m/s
18	BS 202	5	1,7	2,4	2,2	mS fs														
19	BS 202	6	2,4	4	2,8	mS fs* U-Bd.														
20	BS 202	7	2,4	4	3,8	mS fs														
21	BS 202	8	4	5,2	5	mS gs fs g														
22	BS 202	9	5,2	7,8	6	mS gs* g fs' Holzreste					.1									
23	BS 202	10	5,2	7,8	6,6	Holzkohle mS gs g fs'														
24	BS 202	11	7,8	12,4	8	mS fs gs' g'														
25	BS 202	12	7,8	12,4	9,5	mS fs gs' g'														
26	BS 202	13	7,8	12,4	11,8	mS fs gs' g'														
27	BS 202	14	12,4	13	12,8	mS fs gs g' Holzkohlereste														
28	BS 203	1	0	0,4	0,3	A (fs mS g' u h) Bauschutt														
29	BS 203	2	0,4	1,2	0,7	mS gs fs														
30	BS 203	3	1,2	1,55	1,4	U fs ms' t' h* (w)	0,496	1,66	1,11	9,2		.1								
31	BS 203	4	1,55	2,25	2	mS fs gs' u														
32	BS 203	5	2,25	2,55	2,4	U t' ms fs h (w)	0,291	1,92	1,49	4,6		.1								
33	BS 203	6	2,55	3,6	3	mS fs														
34	BS 203	7	3,6	10	4,5	mS fs gs g' Holzkohlereste														



## Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

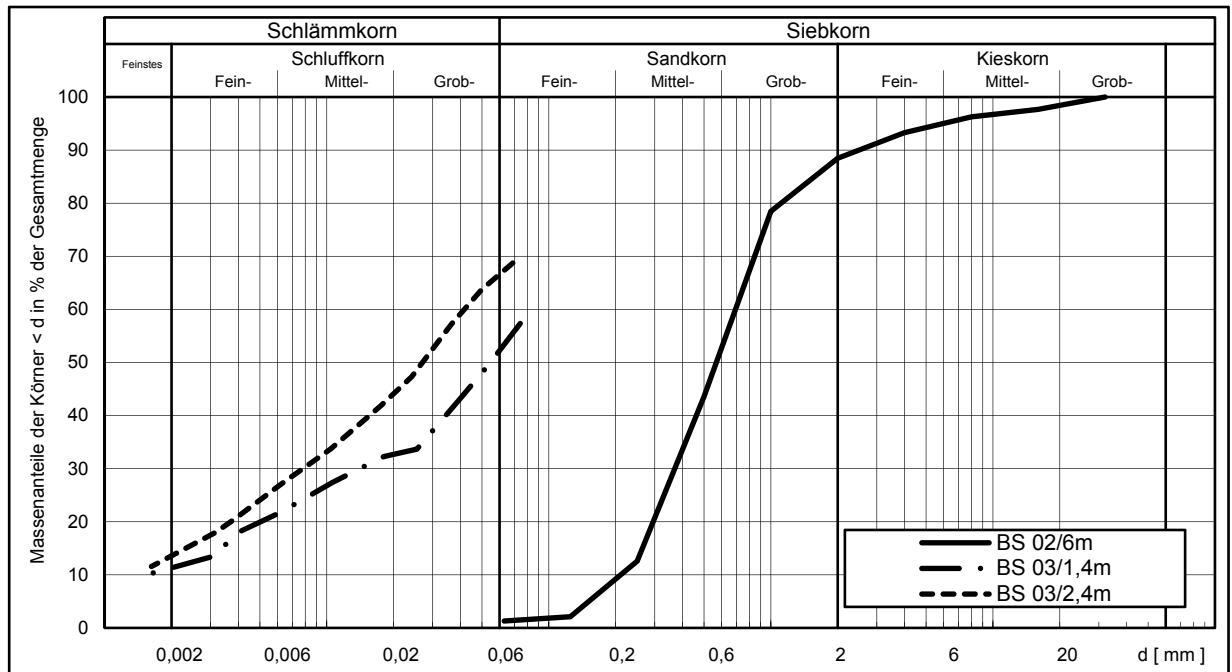
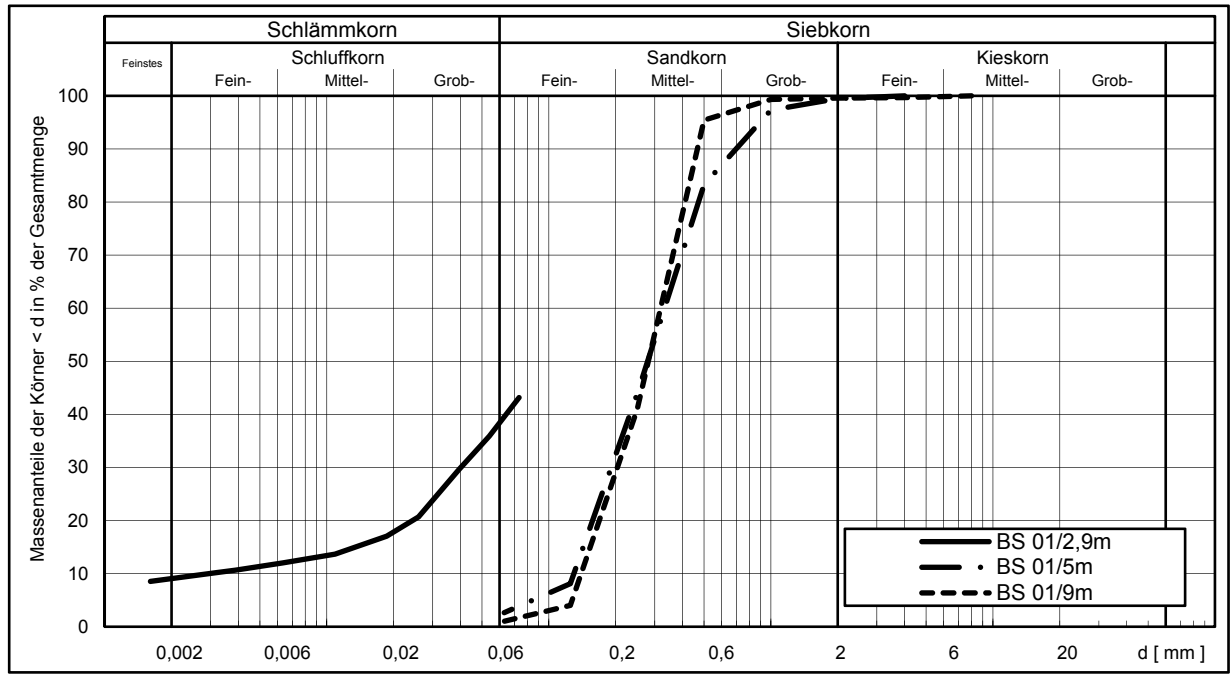
Ergebnisse der Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen

EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)

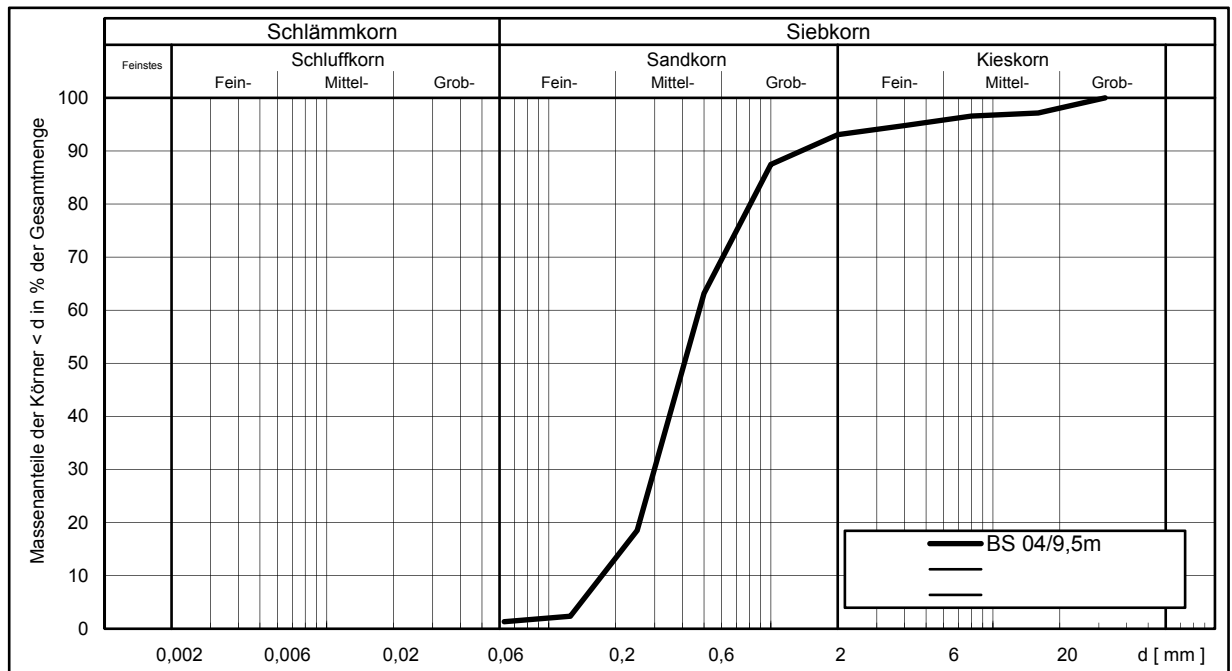
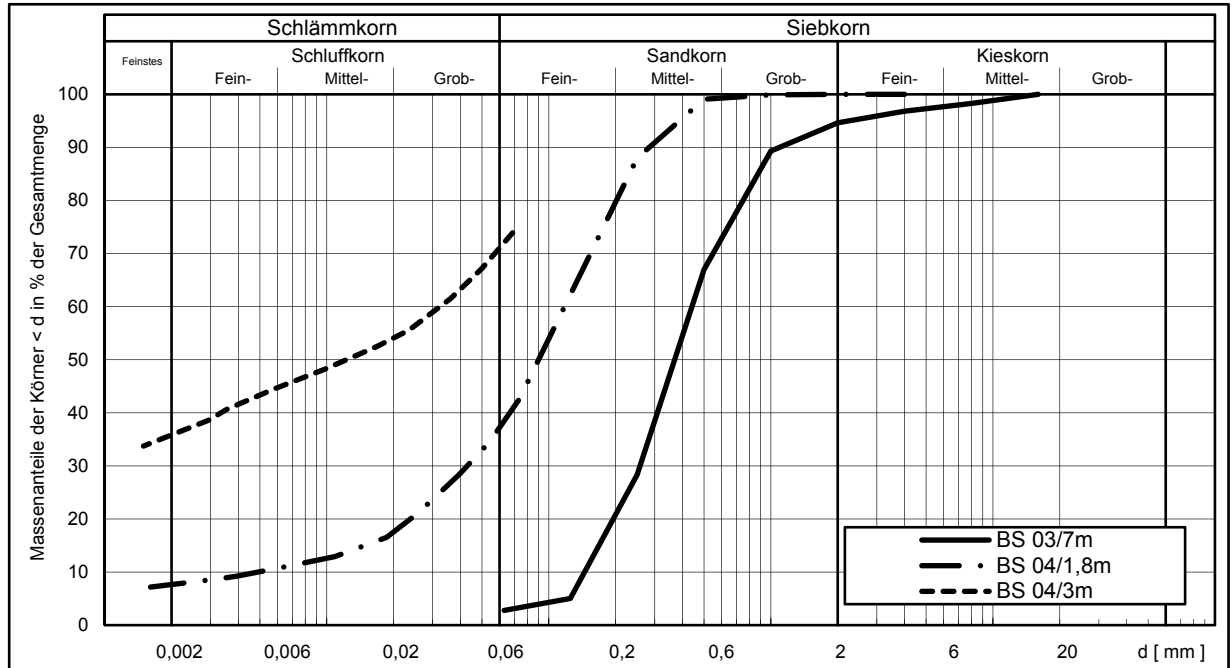
Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe  m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r  t/ m³	Trockendichte r <sub>d</sub>  t/ m³	Glühverlust V <sub>gl</sub>  M.-%	Körnungslinien			Verdichtungsgrad D <sub>pr</sub>	Fließgrenze w <sub>L</sub>	Ausrollgrenze w <sub>p</sub>	Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeit beiwert k <sub>10</sub>  m/s
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination							
35	BS 203	8	3,6	10	7	mS fs gs g' Holzkohlereste					.2									
36	BS 203	9	3,6	10	8,5	mS fs gs g' Holzkohlereste														
37	BS 203	10	3,6	10	10	mS fs gs g' Holzkohlereste														
38	BS 203	11	10	12	11,5	mS fs														
39	BS 204	1	0	0,6	0,3	fs ms* u h Wurzelreste														
40	BS 204	2	0,6	1,35	0,8	mS fs														
41	BS 204	3	1,35	1,6	1,5	T u* fs h (w)	0,339	1,77	1,32	5,4										
42	BS 204	4	1,6	1,9	1,8	fs U ms t' h'	0,169	2,04	1,74	1,7			.2							
43	BS 204	5	1,9	2,7	2,5	mS fs gs u														
44	BS 204	6	2,7	3,1	3	T u* fs h'	0,402	1,72	1,23	5,3		.2								
45	BS 204	7	3,1	3,6	3,4	mS fs* U t fs-Linsen														
46	BS 204	8	3,6	12	5	mS gs fs g'														
47	BS 204	9	3,6	12	6,5	mS gs fs g'														
48	BS 204	10	3,6	12	8	mS gs fs g'														
49	BS 204	11	3,6	12	9,5	mS gs fs g'					.2									
50	BS 204	12	3,6	12	11,5	mS gs fs														

**Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Ergebnisse der Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen  
EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)  
Körnungslinien



**Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Ergebnisse der Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen  
EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)  
Körnungslinien

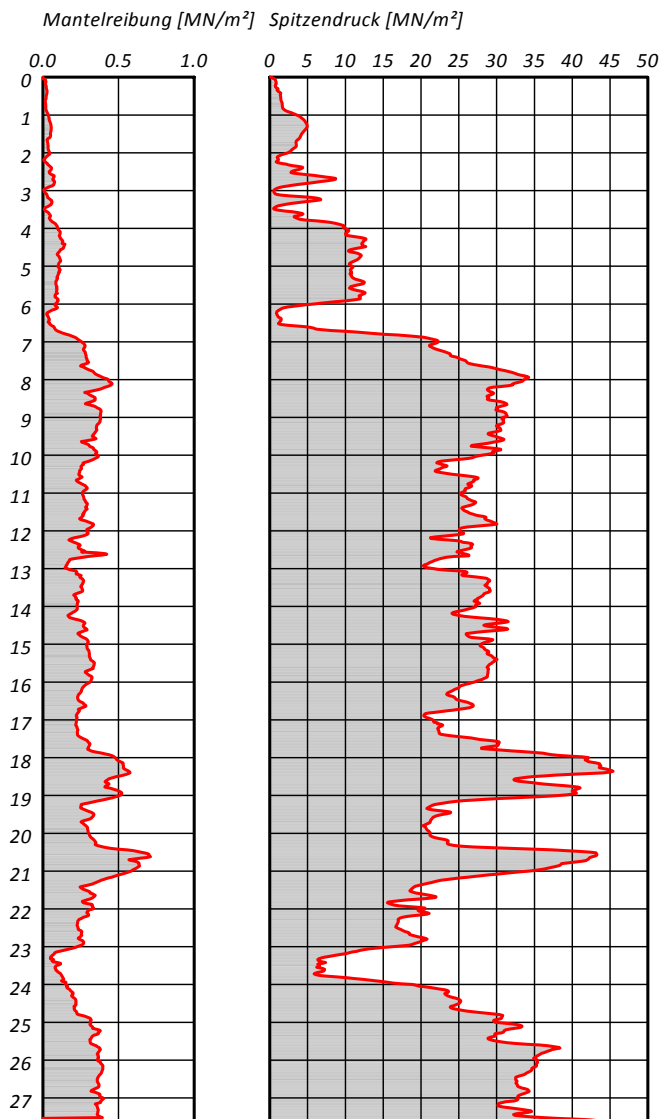


# **Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten** **Ergebnisse einer Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen** **EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)**

Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen

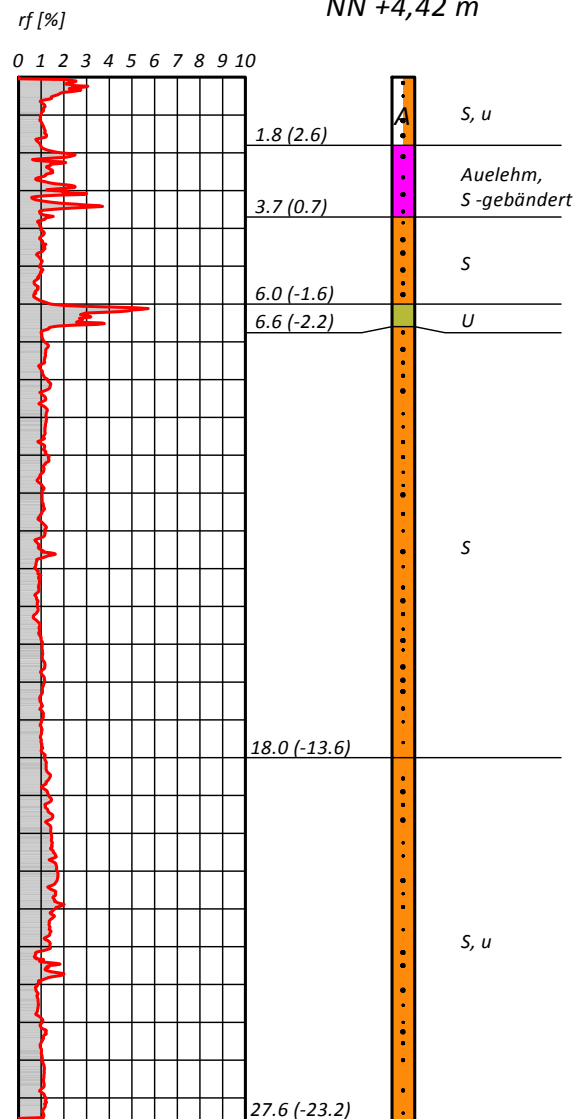
## **CPT-201**

NN +4,42 m



## **aus CPT-201**

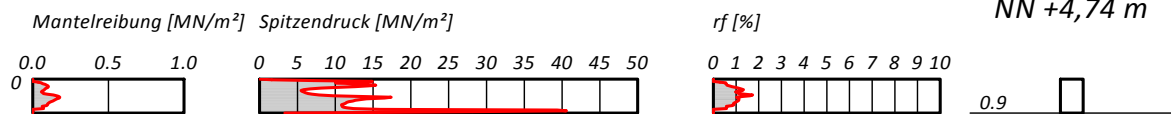
NN +4,42 m



### Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen

NN +4,74 m

NN +4,74 m

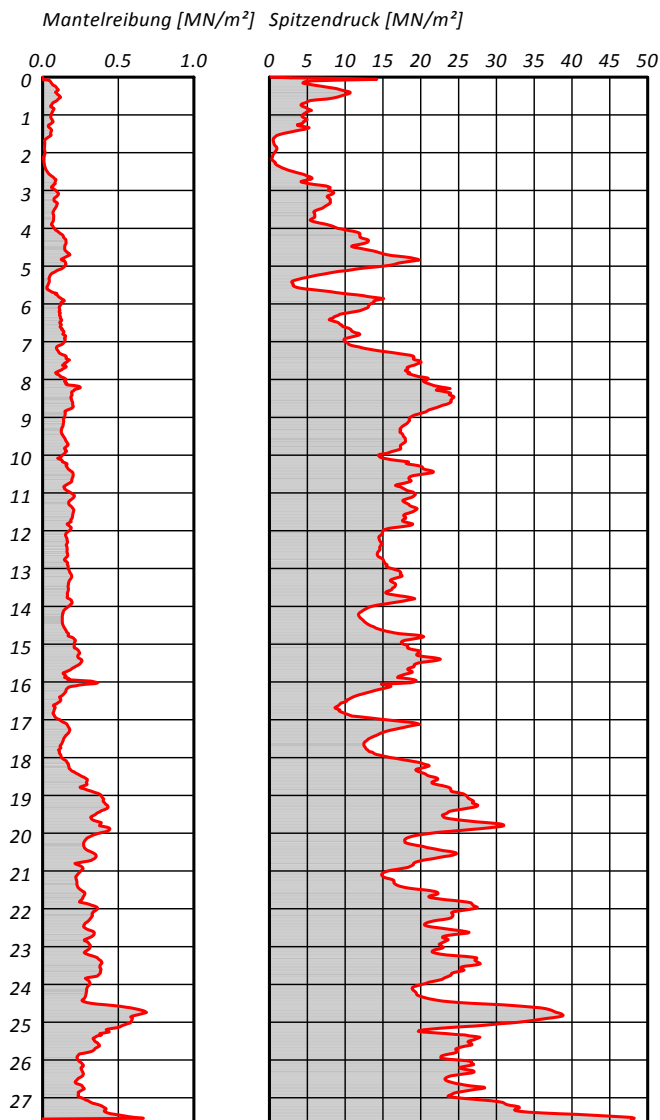


# **Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten** **Ergebnisse einer Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen** **EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)**

Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen

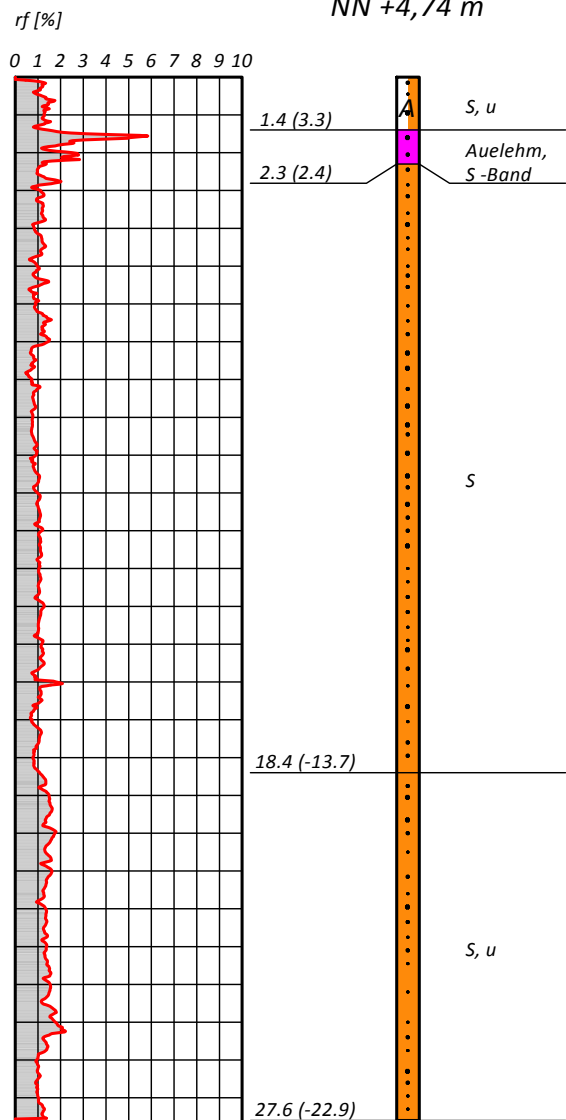
**CPT-202a**

**NN +4,74 m**



**aus CPT-202a**

**NN +4,74 m**

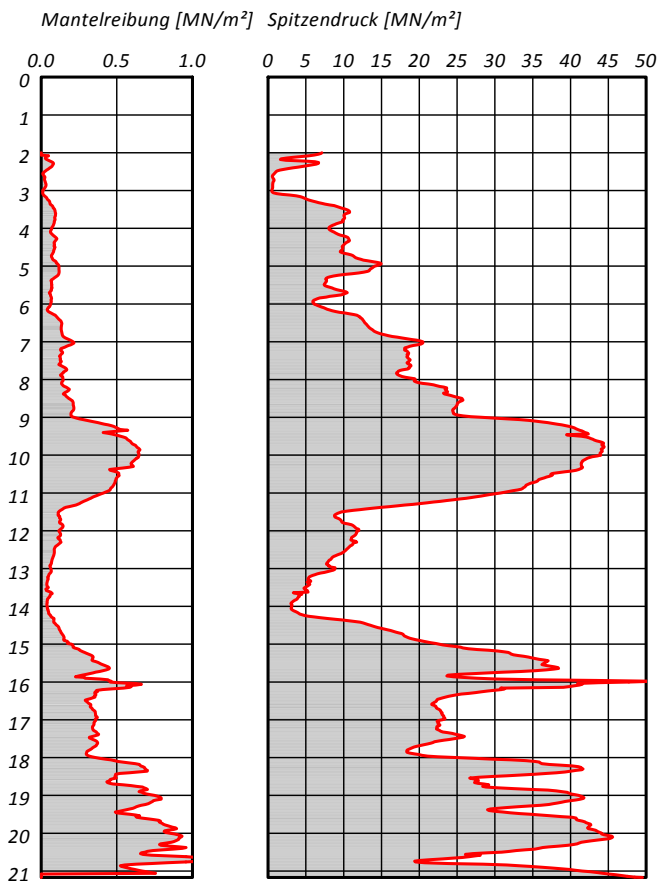


# **Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten** **Ergebnisse einer Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen** **EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)**

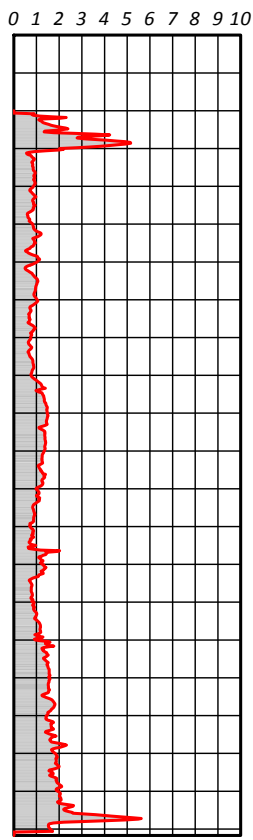
Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen

**CPT-203**

**NN +3,84 m**

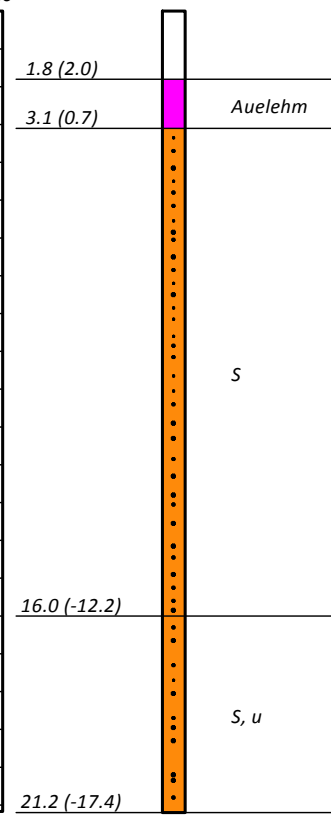


rf [%]



**aus CPT-203**

**NN +3,84 m**



Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

Ergebnisse einer Baugrundnacherkundung an den Eisenbahnüberführungen

EÜ 2200 (Süd) und EÜ 1740 (Nord)

Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen

