

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

***Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung***

## ***Geotechnischer Bericht***

*im Auftrag der*

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

*vom 04.03.13*

*Az.: 11686-101*

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorgang und Aufgabenstellung	1
2 Unterlagen	2
3 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	4
3.1 Geologischer Überblick	4
3.2 Erkundungsumfang	4
3.3 Archivdaten zum Baugrundaufbau	4
3.4 Ergebnisse der Bohrsondierungen	5
3.5 Grundwasserspiegeldaten	6
3.5.1 Archivdaten	6
3.5.2 Eigene Messungen	6
4 Bodenmechanische Laboruntersuchung	7
4.1 Umfang und Zweck der Untersuchungen	7
4.2 Auffüllungen	7
4.3 Auelehm	8
4.4 Sand	8
5 Boden- und grundwasserchemische Analysen	9
5.1 Grundwasserchemische Analysen	9
5.2 Bodenchemische Analysen	9
6 Baugrundmodell und charakteristische Werte der Bodenparameter	10
7 Bautechnische Klassifikationen	11
8 Baugrundbeschreibung	12
8.1 Baugrundaufbau	12
8.2 Grundwassersituation	12
9 Generelle Baugrundbeurteilung	13
10 Bauwerk	14

11	Gründungsbeurteilung	15
11.1	Gründungskriterien	15
11.2	Gründungsempfehlung	15
11.3	Gründung des Gleis- und Straßenkörpers nach einer Baugrundverbesserung durch Teilbodenaustausch	16
11.3.1	Allgemeines	16
11.3.2	Setzungen	17
11.4	Trockenhaltung des Gleis- und Straßenkörpers	18
12	Empfehlungen zur Bauausführung	20
12.1	Erdbau- und Gründungsarbeiten	20
12.2	Qualitätssicherungsmaßnahmen	21
12.3	Trockenhaltung der Baugrube	21
12.4	Beeinflussung und Sicherung benachbarter baulicher Anlagen	22
13	Hinweise zum Umgang mit potentieller Bodenverunreinigung	23
14	Geotechnische Kategorie	23

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

Ihr Zeichen  
Org Zeichen 202

Ihre Nachricht vom  
26.11.2012

Unser Zeichen  
11686-101

Durchwahl  
-2334

Datum  
04.03.13

## **Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten**

### **Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

---

#### **1 Vorgang und Aufgabenstellung**

Die *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 von der *Sondervermögen Infrastrukturmaßnahmen der Stadtgemeinde Bremen* beauftragt, für dieses Bauvorhaben eine Baugrunderkundung durchführen zu lassen und ein schriftliches Gutachten zur Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung auszuarbeiten.

## **2            Unterlagen**

Zur Erarbeitung unserer Stellungnahme wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

### **U 1    Baugrunderkundung**

Worpsweder Baugrundgesellschaft für Bodenuntersuchungen mbH, Worpswede  
Schichtenverzeichnisse von 15 Bohrsondierungen, durchgeführt am 28. und am 29.01.2013

### **U 2    Pläne und Zeichnungen**

Sondervermögen Infrastrukturmaßnahmen der Stadtgemeinde Bremen  
Bestandsvermessung Bennisenstraße, Stresemannstraße, Steubenstraße  
M 1 : 1.000, 26.10.2012

### **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    Geotechnische Unterlagen**

Institut für Geotechnik (IGBre) der Hochschule Bremen (vormals Laboratorium für Bodenmechanik, Erd- und Grundbau)

U 4.1    Bebauung des Grundstücks Stresemannstraße / Ecke Steubenstraße in Bremen-Hastedt.  
Generelle Beurteilung des Baugrunds und der Gründungsmöglichkeiten  
Az.: 11360-102/09, 24.06.2009

U 4.2    Bauvorhaben Hastedt zwischen Alfelder Straße und Georg-Bitter-Straße.  
Beurteilung des Baugrunds für die Vorstellbalkone  
Az.: 10636/00, 08.05.2000

U 4.3    Mehrfamilienwohnhaus an der Winsener Straße in Vahr.  
Tragfähigkeit des Baugrunds und Gründungsmöglichkeiten.  
Az.: 10473/99, 17.05.1999

U 4.4    Spothalle Werder Bremen  
Neubau an der Georg-Bitter-Straße in Bremen-Peterswerder  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Az.: 11324-101/08, 20.11.2008

**U 5 Technische Regelwerke**

U 5.1 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen –  
RstO-11. Ausgabe 2011

U 5.2 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten  
im Straßenbau – ZTVE-StB 94, Fassung 1997

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

#### **3.1 Geologischer Überblick**

Die Straßenbahnneubautrasse liegt im rechtseitigen 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 in der Baufläche wurden 15 Bohrsondierungen gemäß DIN EN ISO 22475-1:2007-01 bis maximal 3,2 m Tiefe unter Geländeoberkante (GOK) durchgeführt (Unterlage U 1).

Die ungefähre Lage der Erkundungspunkte ist in dem Lageplan der Anlage 1.2 eingetragen. Die Ansatzpunkte der Sondierungen entsprechen der GOK, sie wurden mit NN - Bezug eingemessen. Demnach liegt das Gelände derzeit überwiegend zwischen NN + rd. 4,5 m und NN + rd. 5,7 m, im Bereich der beiden Eisenbahnunterquerungen im Verlauf der *Steubenstraße* etwas tiefer, minimal bei NN + rd. 3,5 m (BS-12).

Die Ergebnisse der Bohrsondierungen sind als Bohrprofile höhengerecht im Maßstab 1 : 100 auf der Anlage 2 aufgetragen.

Zur bodenchemischen Analysen wurden Bodenproben in Glasbehälter abgefüllt. Die hierfür im Labor des *IGBre* ausgewählten Proben von der *B.A.U. Planung Gehrke & Schuderer GbR, Bremen*, wurden dem Sachverständigenbüro überlassen.

#### **3.3 Archivdaten zum Baugrundaufbau**

Der in der Neubautrasse zu erwartende Baugrundaufbau ist uns von Projekten teils unmittelbar neben der geplanten Trasse bekannt (Unterlagen U 4). Danach sind oberflächlich Auffüllungen überwiegend aus Sanden, teils aus Schluffen zu erwarten. Darunter folgen Auelehme, teils Wechsellagen aus schluffgebänderten Sanden und Auelehm, teils Torf über den Sanden der Weserterrasse jeweils stark wechselnder Zusammensetzung, Schichtdicke und unsystematisch wechselnder Basistiefe (insbesondere der Weichschichten).

### 3.4 Ergebnisse der Bohrsondierungen

Mit den Bohrsondierungen in den Verkehrsflächen wurde oberflächlich eine rd. 0,1 m bis rd. 0,2 m dicke Asphaltlage, örtlich eine Pflastersteinlage, auf einem Unterbau entweder aus bis zu 0,45 m dickem Schotter, aus einer rd. 0,25 m dicken Kies-Stein-Packlage oder aus einer rd. 25 m dicken Beton- bzw. Magerbetonlage angetroffen, örtlich unterlagert von einer wenige Zentimeter dicken Schlacke- oder Splittschicht (Feinkies).

Darunter folgen wie bei den Bohrsondierungen außerhalb der befestigten Verkehrsflächen von Beginn an heterogen zusammengesetzte, überwiegend schwach schluffige bis schluffige Fein- bis Mittelsande, oberflächlich humos, teils mit Bauschuttresten, teils mit Glas- und Porzellanscherben, teils mit Schluffbändern, örtlich mit einer rd. 0,3 m dicken Auelehmlage (BS-12). Die Bohrsondierung BS-15 wurde in rd. 2,15 m Tiefe unter GOK mangels Bohrsondierfortschritts in einer Bauschuttlage beendet.

Unterlagert werden diese aufgefüllten Sande bis zu den Bohrsondierendtiefen in rd. 3 m Tiefe unter GOK von Fein- und Mittelsande, teils schluffgebändert. In den Sanden liegen in unterschiedlichen Tiefen und mit unterschiedlichen Dicken Auelehme, teils nur als Bänderungen in den Sanden, teils als Auelehm-Sand-Gemisch, teils fehlen sie. Eine durchgehende laterale Verbreitung des örtlich stark humosen Auelehms (rd. 0,18 m dicke, torfige Auelehmlage) ist nicht erkennbar. Die erbohrte Auelehmdicke beträgt rd. 0,1 m bis rd. 1 m (mit den Sondierungen BS3- und BS-8 war der Auelehm bis zum Abschluß der Sondierungen in rd. 3 m Tiefe unter GOK nach nicht durchbohrt).

Fehlen der Auelehm oder Fremdstoffanteile in den Sanden, kann mangels Unterscheidungsmerkmalen zwischen aufgefüllten Sanden und gewachsenen Sanden nicht sicher differenziert werden. Die Unterkante der aufgefüllten Bodenzone ist in Tiefen zwischen NN + rd. 1,5 m und NN + 3,9 m zu erwarten.

Tendenziell haben die Sande aus den unteren Bodenzonen einen kleineren Schlämmkornanteil (Schluffanteil).

Die Sondierungen wurden in Tiefen zwischen NN + rd. 0,5 m und NN + 2,7 m beendet.



### **3.5 Grundwasserspiegeldaten**

#### **3.5.1 Archivdaten**

Gemäß den Angaben in der Baugrunderkennungskarte *Bremen* ist in der Untersuchungsfläche die entspannte Grundwasserspiegeldruckfläche zwischen NN + rd. 2,75 m und NN + rd. 3 m zu erwarten.

Im Umfeld des Untersuchungsgebiets hat der des *Senators für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen* zwei Grundwassermeßstellen installiert, rd. 0,8 km nördlich die Meßstelle GMS-109 und rd. 1 km westlich die Meßstelle GMS-213 (Entfernungen sind bezogen auf die Eisenbahnunterquerungen im Zuge der *Steuben Straße*).

Die entspannten Extremwasserstände betragen danach:

Grundwasserniedrigststand	NN + rd. 1 m
Grundwasserhöchststand	NN + rd. 2,5 m bzw. NN + 2,75 m

#### **3.5.2 Eigene Messungen**

In den unverrohrten Bohrsondierlöchern wurde im Januar 2013 Grundwasser in Tiefen zwischen rd. 1 m und rd. 2,7 m unter GOK entsprechend zwischen NN + rd. 2,2 m und NN + rd. 3,3 m, überwiegend in Höhe der Auelehmoberkante angetroffen, teils konnte mangels Bohrsondierlochstabilität keine Messung durchgeführt werden.

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

## **4 Bodenmechanische Laboruntersuchung**

### **4.1 Umfang und Zweck der Untersuchungen**

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

Die Proben wurden zunächst nach den visuellen Methoden entsprechend DIN EN ISO 14688, Teil 1 und Teil 2 bodenmechanisch angesprochen. An ausgewählten Proben wurden klassifizierende Laborversuche entsprechend den derzeit eingeführten Normen und technischen Richtlinien durchgeführt.

Zur Klassifizierung bindiger Böden wurden an ausgewählten Proben der Wassergehalt, die Dichte und der Glühverlust (organischer Anteil) bestimmt.

Zur Kennzeichnung und Beschreibung von Böden dient ihre Korngrößenverteilung, sie wurde von charakteristischen Bodenproben aus den aufgefüllten Sanden durch Naßsiebungen ermittelt.

Die Tabelle der Anlage 3 gibt einen Überblick über die durchgeführten Laborversuche. Auf den Anlagen 4 sind die Korngrößenverteilungen als Körnungslinien dargestellt.

### **4.2 Auffüllungen**

Die Proben aus den Auffüllungen unter den Verkehrsflächenbefestigungen sind heterogen zusammengesetzt aus entweder stark feinsandigen Mittelsanden oder aus feinsandigen Mittelsanden, überwiegend schwach schluffig bis schluffig, teils schwach humos, teils mit Bauschuttresten. Die Proben sind teils kalkhaltig (Schnelltest mit Salzsäure).

Die Körnungslinien der Proben aus der aufgefüllten Zone überwiegend oberhalb der Auelehme beschreiben ein breites Körnungsband aus schwach schluffigen bis schluffigen, teils schluffarmen, schwach feinsandigen bis feinsandigen Mittelsanden, teils mit schwach kiesigen Anteilen, teils aus schluffigen, mittelsandigen Feinsanden.

Der Schlämmkornanteil (Korndurchmesser  $d \leq 0,063 \text{ mm}$ ) wurde überwiegend in der Bandbreite von rd. 6 M.-% bis rd. 25 M.-%, teils liegt er unter 5 M.-%.

Der Glühverlust (organische Anteil) liegt zwischen rd. 0,7 M.-% und 3,1 M.-%.

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

Die Proben sind überwiegend den Bodengruppen „SU“ und „SU\*“, vereinzelt der Bodengruppe „SE“ zuzuordnen.

### 4.3 Auelehm

Bei den untersuchten Bodenproben handelt es sich um überwiegend stark sandige, schwach tonige bis stark tonige Schluffe oder um stark sandige, stark schluffige Tone, oder um Schluff-Sand- bzw. um Ton-Sand-Gemische. Die Proben sind überwiegend schwach humos bis humos, örtlich stark humos.

Die klassifizierenden Parameter der Auelehmproben wurden in folgenden relativ großen Bandbreiten gemessen:

Wassergehalt	$w = 0,220$ bis $0,447$
Dichte	$\rho = 1,99 \text{ t/m}^3$ bis $1,71 \text{ t/m}^3$
Glühverlust	$V_{\text{Gl}} = 2,5 \text{ M.-%}$ bis $9,2 \text{ M.-%}$ .

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

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

Mit der Bohrsondierung BS-3 wurde in rd. 2,7 m Tiefe unter GOK eine rd. 18 cm dicke organische Bodenzone angetroffen (torfiger Auelehm). Die Probe aus dieser Zone hat einen Wassergehalt von  $w = 1,094$ , eine Dichte von  $\rho = 1,34 \text{ t/m}^3$  und einen Glühverlust von  $V_{\text{Gl}} = 22 \text{ M.-%}$ .

Dieser stark organischen Probe ist eine weiche bis breiige Konsistenz zuzuweisen.

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 Sand

Die Sande unter dem Auelehm sind gemäß der Handansprache im Labor entweder feinsandige Mittelsande oder mittelsandige Feinsande, teils mit Schluffbänderungen.

Wegen der Tiefenlage der Sande sind sie hier bautechnisch nicht relevant, es wurden deshalb keine weiteren Laboruntersuchungen durchgeführt.

## **5 Boden- und grundwasserchemische Analysen**

### **5.1 Grundwasserchemische Analysen**

Grundwasserchemische Untersuchungen wurden nicht durchgeführt.

### **5.2 Bodenchemische Analysen**

Bodenchemischen Untersuchungen (Bodenprobenauswahl, Festlegung des Untersuchungsprogramms, Ergebnismitteilung) wurden auftraggeberseits der B.A.U. *Planung Gehrke & Schuderer GbR, Bremen*, übertragen.

Untersuchungsergebnisse liegen uns hierzu nicht vor.

## 6 Baugrundmodell und charakteristische Werte der Bodenparameter

Auf der Grundlage der Baugrunderkundungs- und -untersuchungsergebnisse in Verbindung mit unserer und allgemeiner Erfahrung werden für erdstatische Untersuchungen nach dem Sicherheitskonzept mit Partialsicherheiten (Eurocode 7 und DIN 1054:2010-12) in Tabelle 6.1 charakteristische Werte der Bodenparameter für die anstehenden Bodenschichten zusammen mit einem vereinfachten Baugrundaufbau angegeben (Baugrundmodell).

Die angegebenen charakteristischen Werte sind vorsichtig gewählte mittlere Werte, sie beruhen auf Korrelationen größerer Datenmengen vergleichbarer Bodenarten. Die charakteristischen Werte für den Steifemodul  $E_{s,k}$  sind als Bandbreiten angegeben, die die Inhomogenität des Materials und die Abhängigkeit vom jeweiligen Spannungsniveau berücksichtigen.

Wegen des überwiegend stark wechselhaften, teils kleinräumig heterogenen Baugrundaufbaus ist die verfeinerte Angabe eines vereinfachten Baugrundaufbaus nicht mehr zweckmäßig. Die Zuordnung der charakteristischen Werte der Bodenparameter ist örtlich anhand der Bohrsondierprofile durchzuführen.

**Tabelle 6.1 Vereinfachter Baugrundaufbau und charakteristische Werte der Bodenparameter (Baugrundmodell)**

Bodenart	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Schichtunt erkante bei	Wichte $\gamma / \gamma'$	Steife- modul $E_{s,k}$	Reibungs- winkel $\varphi'_k$	Kohäsion $c'_k$	Anfangs- scherfestig- keit* $c_{u,k}$
		NN m	kN/m <sup>3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	°	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Verkehrsflächen- befestigung (Asphalt, Pflaster, Schotter, Beton, Schlacke, Splitt)	---		---	---	---	---	---
Auffüllung aus Sand, schluffig (Bauschutt)	---	+1,5 bis +3,9 <sup>2)</sup>	19/11	40 bis 80	32,5	0	---
(Auelehm,  Auelehm-Sand- Gemisch)	weich bis steif	+0,8 bis +3,6	16/6  18/8	1 bis 2  1,5 bis 3	22,5  27,5	10  2	12,5 bis 25  20 bis 40
Sand (Schluffbänder)	---	unterhalb 0,5 <sup>1)</sup>	18,5/10,5	40 bis 80	32,5	0	---

(...) örtlich

--- nicht bestimmt bzw. keine Angaben

\* dazu  $\varphi_u = 0$

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

<sup>2)</sup> Bei fehlenden Auelehmen ist die Basistiefe mangels Unterscheidungsmerkmalen zwischen aufgefüllten und gewachsenen Sanden teils ungewiß

## 7 Bautechnische Klassifikationen

Die geotechnischen Klassifikationen der angetroffenen Bodenarten nach den Kriterien der jeweiligen Regelwerke sind in Tabelle 6.1 zusammengestellt.

**Tabelle 7.1 Bodengruppen, Bodenklassen und Frostepfindlichkeitsklassen**

Bodenart	Bodengruppe gemäß DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Frostepfindlichkeitsklasse gemäß ZTVE-StB 09
Verkehrsflächen- befestigung (Asphalt, Pflaster, Schotter, Beton, Schlacke, Splitt)	---	---	---
Auffüllung aus Sand, schluffig (Bauschutt)	[SU, SU*, (SE), GW], A	3	F3 (F1, F2)
(Auelehm, Auelehm-Sand-Gemisch)	OU, OT, UL, TL	4 oder 2 <sup>1)</sup>	F3
Sand (Schluffbänder)	SE (SU) UL	3 4 oder 2 <sup>1)</sup>	F1 F3

(...) örtlich

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

Die bautechnische Klassifikation erfolgte anhand der untersuchten Proben, es können andere Bodenklassen und Bodengruppen angetroffen werden.

## **8 Baugrundbeschreibung**

### **8.1 Baugrundaufbau**

In den Verkehrsflächen wurde Oberflächenbefestigungen überwiegend aus Asphalt, teils aus Pflastersteinen auf entweder Schotter, oder auf Beton, örtlich mit einer Schlacke- oder Splittlage darunter angetroffen, die Gesamtdicke variiert zwischen rd. 0,3 m und rd. 0,6 m.

Unter dieser Befestigung, neben den Straßen von Beginn an, ist der Baugrund entlang der Straßenbahnneubautrasse relativ inhomogen aufgebaut, zunächst aus aufgefüllten, überwiegend schluffigen, teils bauschutthaltigen Fein- oder Mittelsanden, örtlich mit Schluffbändern.

In unterschiedlichen Tiefen und Dicken liegen Weichschichten, entweder als Auelehm (teils schluff-, teils tondominiert), örtlich als rd. 0,18 m dickes, torfiges Auelehmband, oder als Auelehm-Sand-Gemisch, teils fehlen die Weichschichten oder liegen als Bänderungen in Sanden.

Der Auelehm mit überwiegend weicher bis steifer Konsistenz ist rd. 0,1 m bis rd. 1 m dick, seine Basistiefe wechselt unsystematisch zwischen NN + rd. 0,8 m und NN + rd. 3,6 m.

Dem Auelehm folgen bis zu den Bohrsondierendtiefen bei maximal NN + 0,5 m entweder Fein- oder Mittelsande, teils mit örtlichen Schluffbändern, teils schluffig.

Fehlt der Auelehm, ist der Übergang von den aufgefüllten zu den gewachsen Sande mangels Unterscheidungskriterien ungewiß, die Basistiefe der Auffüllungen ist zwischen NN + rd. 1,5 m und NN + rd. 3,9 m zu erwarten.

Erfahrungsgemäß sind die gewachsenen Sande zunächst überwiegend mitteldicht gelagert und haben örtlich Lockerzonen.

### **8.2 Grundwassersituation**

Nach den vorliegenden Daten zu den Grundwasserverhältnissen sollte dem Entwurf ein entspannter Grundwasserspiegelanstieg bis NN + rd. 3,3 m zugrunde gelegt werden, darüber hinaus sind Stauwasserbildungen über den Weichschichten und den Schluffbändern in Abhängigkeit von den örtlichen Drainage- und Grundwasserverhältnissen bis zur Geländeoberkante möglich.

## **9            Generelle Baugrundbeurteilung**

Die aufgefüllten Sande sind unter Berücksichtigung der Setzungseinflüsse der Sande selbst (Lagerungsdichte und Schluffbänder) und insbesondere der darunter liegenden Weichschichten (mit wechselhafter Schichtdicke und Tiefenlage) ohne ergänzende Maßnahmen zur Baugrundverbesserung nur für die Flachgründung einfacher Bauwerke mit sehr geringen Lasten oder für Bauwerke ohne besondere Ansprüche an die Setzungsbegrenzung geeignet.

Bei steifer Ausbildung der Gründungskonstruktion und wenn ein ausreichend dickes, lastverteilendes Sandpolster zwischen der Gründungssohle und den gewachsenen bindigen Böden verbleibt, sind diese für Flachgründung von Gebäuden mit üblichen Lasten geeignet, sofern die Setzungseinflüsse der Weichschichten tolerabel sind.

Die Weichschichten (Auelehme) selbst sind für die Flachgründung von Bauwerken nicht ausreichend tragfähig.

Die Sande unter den Weichschichten sind für Flachgründungen (Pfeilergründungen) und erfahrungsgemäß auch für den Lastabtrag von Tiefgründungen mit Pfählen geeignet, hierfür wäre der tiefer liegende Baugrundaufbau mit Drucksondierungen zu erkunden.



## 10 Bauwerk

Geplant ist der Neubau einer rd. 770 m langen Straßenbahnstrecke als Querverbindung von der *Bennigsenstraße* (Straßenbahnlinie 2 und 10) über die *Stresemannstraße* und über die *Steubenstraße* zur *Julius-Brecht-Allee* (Straßenbahnlinie 1).

Die Trasse unterquert im Streckenabschnitt der *Steubenstraße* zwei Eisenbahnüberführungen (EÜ). In dem zwischen diesen Brücken rd. 200 m langen Trassenabschnitt liegt die Fahrbahnoberkante (FOK) der *Steubenstraße* bei NN + rd. 3,5 m (Tiefpunkt nach den Höhen der Erkundungspunkte), ansonsten zwischen NN + rd. 4,5 m und NN + rd. 5,5 m.

Über die Lage der Straßenbahntrasse in den befestigten Straßenverkehrsflächen oder ganz bzw. teils daneben in unbefestigten Straßennebenflächen sowie über die Anzahl der Gleise liegen noch keine Plandaten vor.

Neben den beiden Eisenbahnbrücken sind unmittelbar an den Straßen nur vereinzelt Gebäude vorhanden. Über die Lage von Versorgungsleitungen liegen uns keine Unterlagen vor, sie sind zu erwarten, unter den Eisenbahnbrücken erfahrungsgemäß gebündelt auf engem Raum.

Angaben zum Unterbau des Straßenbahngleiskörpers liegen uns nicht vor. Ein in *Bremen* für Gleiskörper in befestigten Straßenflächen üblicher rd. 0,8 m dicker Straßenbahngleiskörper hat folgenden Aufbau:

7,0 cm	Gußasphalt
13,5 cm bis 15,5 cm	Unterbeton
20 cm	Betontragplatte (unbewehrt) <sup>1</sup>
25 cm	Mineralgemisch
15 cm	Frostschuttschicht

Außerhalb von befestigten Verkehrsflächen soll der Gleiskörper ebenfalls mit einer unbewehrten Betontragplatte aufgebaut werden.

Angaben zu Belastungen durch den Straßenbahnverkehr liegen uns nicht vor.

Mangels Angaben wird nachfolgend von einer Zuordnung der Stadtstraßen in die Bauklasse III der RStO-11 (Unterlage U 5.1) ausgegangen. Ergeben sich im Laufe der Planungen andere Bauklassen, sind die entsprechenden Qualitätsanforderungen der RStO-11 zu berücksichtigen.

---

<sup>1</sup> Nach Angaben der BSAG hat sich im Bremer Stadtgebiet eine rd. 20 cm dicke, unbewehrte Betontragplatte auch bei gering tragfähigem Baugrund ohne rechnerische Nachweise (Bemessung) als dauerhaft ausreichend tragfähig erwiesen.

## 11 Gründungsbeurteilung

### 11.1 Gründungskriterien

Die Gründungssituation der Straßenbahntrasse zwischen der *Bennigsenstraße* und der *Julius-Brecht-Allee* wird geprägt

- von den Auffüllungen wechselhafter Basistiefe, Schichtdicke und Zusammensetzung mit überwiegend schwach schluffigen bis schluffigen Anteilen (Frostempfindlichkeit),
- von den Weichschichten (Auelehm) wechselhafter Basistiefe, Schichtdicke und Konsistenz,
- von dem daraus resultierenden unterschiedlichen Setzungspotentials,
- von dem hohen Grund- und Stauwasseranstiegspotential,
- von der Nähe zu den beiden Eisenbahnüberführungen unbekannter Gründungstiefe und –art,
- von der derzeit noch unbekannten Lage der Trasse und der deshalb unbekannten Nähe zu anderen baulichen Anlagen (Gebäude, Versorgungsleitungen) und
- von der relativ tiefen Gradientenlage (FOK) der *Steubenstraße* unter den beiden Eisenbahnüberführungen.

Für die nachfolgende Gründungsberatung wird zunächst von einer Trassenlage überwiegend in den Verkehrsflächen der Stadtstraßen ausgegangen.

### 11.2 Gründungsempfehlung

Langfristig standsichere und verformungsarme Verkehrsflächen erfordern neben einem setzungsarmen Untergrund einen grundwasserfreien und frostsicheren Tragkörper ausreichender Dicke. Mangels durchgängig vorhandenem oberflächigem Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 ist solch ein Aufbau mit einem Grundwasserabstand (bezogen auf FOK) von mindestens rd. 0,8 m hier mit einer Baugrundverbesserung durch Teilbodenaustausch erreichbar.

Die Durchführung weiterführender Baugrundverbesserungsmaßnahmen (z. B. vollständiger Austausch der Auelehme, Vorkonsolidierung, Baugrundverbesserung mit Methoden des Spezialtiefbaus) ist hier nicht zwingend erforderlich, sie wäre teilweise (je nach Verfahren) auch nicht praktikabel und in jedem Fall mit hohen Aufwendungen verbunden.

### 11.3 Gründung des Gleis- und Straßenkörpers nach einer Baugrundverbesserung durch Teilbodenaustausch

#### 11.3.1 Allgemeines

Maßgebend für die erforderliche Austauschtiefe sind hier die Anforderungen an die Frostunempfindlichkeit des Gleiskörpers und an die Tragfähigkeit der Tragschicht.

Für Straßen der Bauklasse III wird in der RStO-11 (siehe Ziffer 10) für Fahrbahnen mit Betondecken (Betondecke 26 cm) ein Verformungsmodul  $E_{V2} = 150 \text{ MN/m}^2$  auf der Tragschichtoberfläche gefordert<sup>2</sup>, die erforderliche Mindesttragschichtdicke wird mit 30 cm angegeben. Für das Planum (OK-Unterbau bzw. gewachsener Baugrund) beträgt die Mindesttragfähigkeit  $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$ .

Die Unterkante des frostsicheren Oberbaus (Planum) liegt rd. 0,8 m tief unter der FOK. Beträgt der Grundwasserflurabstand zum Planum (UK Frostschutzschicht) mindestens 50 cm und stehen im Planum schluffarme Sande an, wird die Mindesttragfähigkeit  $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$  nach einer intensiver Nachverdichtung des Planums erfahrungsgemäß erreicht.

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen sind im Planum örtlich auch Auelehm, Auelehm-Sand-Gemische oder stark schluffige Sande zu erwarten. Die Mindesttragfähigkeit des Planums wird hier mit einem Teilbodenaustausch bis rd. 0,4 m unter Planum erreicht. Als Austauschboden sind Füllsande der Bodengruppe „SE“ geeignet (Ziffer 12.1).

Für die Kombination Bahnkörper/Fahrbahn ergibt sich unter Beibehaltung der Planvorgaben bezüglich der Fahrbahndecke und der Tragplatte demnach eine Mindestaustaubtiefe für den Verkehrsflächenaufbau und den Teilbodenaustausch von rd. 0,8 m, im Fall von Auelehm im Planum von rd. 1,2 m:

7,0 cm	Gußasphalt
13,5 cm bis 15,5 cm	Unterbeton
20 cm	Betontragplatte
25 cm	Mineralgemisch
15 cm	Frostschutzschicht
mind. 40 cm	Teilbodenaustausch, wenn Auelehm, Auelehm-Sand-Gemisch oder stark schluffige Sande im Planum anstehen

---

<sup>2</sup> In Abstimmung mit dem ASV Bremen kann eine Herabsetzung der Anforderungen an die Tragschichtoberfläche auf  $E_{V2} = 120 \text{ MN/m}^2$  vertretbar sein. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Tragschichtverdichtung ist dann der Verhältniswert  $E_{V2} / E_{V1}$  zu begrenzen.

Je nach Lage der Trasse und der Versorgungsleitungen können zur Sicherung der Ver- und Entsorgungsleitungen aufwendige Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden, die in Abstimmung mit den zuständigen Stellen eine Reduzierung der Bodenaustauschtiefe zweckmäßig machen (siehe Fußnote). Gegebenenfalls ist dann auch ein modifizierter Aufbau mit Geogitterbewehrungen zweckmäßig.

Die tatsächlich erreichte Tragfähigkeit von Verkehrsflächenoberbauten ist außer von den Baugrundverhältnissen auch von den eingesetzten Geräten und von der Erfahrung der ausführenden Unternehmung abhängig. Es wird empfohlen, die Herstellbarkeit des Aufbaus durch die Anlage eines Probefeldes mit den für den Einbau vorgesehenen Geräten zu überprüfen. Aus geotechnischer Sicht bietet sich hierfür der Bereich der Bohrsondierung BS-4 an.

Sofern die geforderte Tragschichttragfähigkeit nicht erreicht wird, sind das Einbauverfahren oder ggf. der Verkehrsflächenaufbau zu modifizieren (Erhöhung der Tragschichtdicke, Bewehrung durch Geogitter).

### 11.3.2 Setzungen

Zur Bewertung der Setzungen des Gleis- und Straßenkörpers (aufgrund seines höheren Eigengewichtes als der Aushubboden) wurde eine rechnerische Setzungsabschätzung mit abgeschätzten extremen Annahmen durchgeführt. Die rechnerische Setzungsgröße  $cal\ s$  kann nach der DIN 4019 aus folgender Beziehung ermittelt werden:

$$cal\ s = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{m,i}}{E_{s,k,i}} \cdot h_i$$

Hierin bedeuten:

$\Delta\sigma_{m,i}$	mittlere setzungswirksame Bodenspannung in der Schicht i
$h_i$	Dicke der Schicht i
$E_{s,k,i}$	Steifemodul der Schicht i
n	Anzahl der kompressiblen Schichten

Die Steifeziffern der in der Gründungsfläche anstehenden Bodenschichten werden entsprechend den Angaben in Tabelle 6.1 in die Setzungsberechnung eingeführt. Für den lagenweise verdichteten Sand der Frostschutzschicht kann mindestens ein Steifemodul  $E_s = 80 \text{ MN/m}^2$  angesetzt werden. Mit diesen Werten sind infolge der durch den Neuaufbau des Gleis- und Straßenkörpers erwarteten zusätzlichen setzungswirksamen Bodenpressungen in der Bandbreite von rd.  $5 \text{ kN/m}^2$  bis rd.  $10 \text{ kN/m}^2$  unter konservativer Berücksichtigung der Vorbelastung durch die bisherige Nutzung folgende Größenordnungen der Setzungen zu erwarten:

$s =$  bis rd. 1 cm,

in bislang unbelasteten Trassenabschnitten außerhalb der Verkehrsflächen in der Größenordnung von

$$s = \text{bis rd. 2 cm.}$$

Die maximal erwartete Setzungsdifferenz beträgt demnach  $\Delta s = \text{rd. 1 cm}$ , im unbelasteten Trassenabschnitten  $\Delta s = \text{rd. 2 cm}$ .

Die Setzungsdifferenzen werden sich über größere Strecken als kaum wahrnehmbare, langgestreckte flache Fahrbahnmulden entwickeln.

Die Setzungen werden voraussichtlich über einen längeren Zeitraum eintreten.

Nennenswerte Setzungen durch die Verkehrslasten sind wegen geringer Einwirkdauer nicht zu erwarten, wenn die Mindestdicke des entwässerten Aufbaus die Dämpfung der Stöße und der Schwingungen bewirkt.

#### **11.4 Trockenhaltung des Gleis- und Straßenkörpers**

Entwurfskriterium ist ein bis rd. 0,8 m Tiefe unter der FOK bzw. Schienenoberkante (SO) grundwasserfreier Straßen- und Gleiskörper, entsprechend ist der Grundwasserspiegelanstieg nach den Höhen der Sondieransatzpunkten außerhalb des Streckenabschnitts unter den Eisenbahnbrücken („Trog“) zu begrenzen auf NN + rd. 3,6 m und NN + rd. 4,9 m, im „Trogabschnitt“ auf minimal NN + rd. 2,7 m<sup>3</sup>.

Das entspannte Grundwasserspiegelanstiegspotential liegt bei NN + rd. 3,3 m. Demnach liegt das Gelände außerhalb der „Trogstrecke“ hinreichend über dem Bemessungswasserstand, im „Trogabschnitt“ sind Maßnahmen zur Entwässerung erforderlich.

Über den Auelehmen bilden sich je nach saisonalen bzw. örtlichen Niederschlags-, Drainage- und Vorflutverhältnissen sowie in Abhängigkeit des Versiegelungsgrades im Umfeld der Baustrecke (Infiltrationsrate) Stauwasserstände. Bei den Erkundungsarbeiten wurde Stauwasser örtlich über den Auelehmen angetroffen (BS-11, BS-14), häufig gering über der Auelehmoberkante.

Gemäß den Erkundungsergebnissen liegen die FOK und die SO in den Streckenabschnitten außerhalb des „Trops“ rd. 1,2 m bis rd. 2,6 m über den Auelehm. Unter Inkaufnahme örtlicher und temporärer Stauwassereintritte in die Frostschutzschicht sind konstruktive Maßnahmen zur Entwässerung des Gleis- und Straßenkörpers unseres Erachtens deshalb nicht zwingend erforderlich.

---

<sup>3</sup> Sämtliche Höhenangaben zur GOK, FOK und SO beziehen sich auf die Höhen der Bohransatzpunkte.

Sollten im Bereich des Gleis- und Straßenkörpers verfüllte Baugruben von Ver- und Entsorgungsleitungen liegen, deren Sohle nennenswert unter die Frostschutzschicht reicht, ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, daß im Bereich des Gleis- und Straßenkörpers anfallendes Stauwasser dorthin abfließt (unkontrollierter Abfluß). Zur Verbesserung der Drainageverhältnisse sollte für den Unterbau in der „Trogstrecke“ bzw. für die Frostschutzschicht außerhalb der „Trogstrecke“ gut wasserdurchlässiger Sand verwendet werden.

Im „Trogabschnitt“ liegt das Planum (UK-Frostschutzschicht minimal bei NN + rd. 2,7 m) unterhalb des Bemessungswasserstands (NN + rd. 3,3 m) und im Einflußbereich von Stauwasserbildungen. Hier sind Maßnahmen zur Entwässerung des Straßen- und Gleiskörpers erforderlich. Wegen der „Troglage“ des Streckenabschnitts fehlt wahrscheinlich ein natürliches Gefälle zum Vorfluter, so daß bei höheren als erkundungszeitlich angetroffenen Grundwasserspiegelständen ein dauerhaft grundwasserfreier Straßen- und Gleiskörper durch Entwässerung mit einem natürlichen Gefälle nicht sichergestellt werden kann (planerisch zu überprüfen).

Soll dennoch hier auf die Entwässerung verzichtet werden (da zum Beispiel für die Straßen bislang kein erhöhter Unterhaltungsaufwand anfiel), verbleiben, auch in Abhängigkeit von der Anzahl der Straßenbahnüberfahrten, nicht quantifizierbare Restrisiken für die dauerhafte Lagesicherheit des Straßen- und Gleiskörpers mit entsprechendem Unterhaltungsaufwand. Zur Minimierung des Schadenspotentials durch dynamische Einwirkungen sollte die Frostschutzschicht hier dann mit einem groben Kies aufgebaut werden.

Binden verfüllten Leitungsräben in die Auelehme ein, ist der Einbau hydraulischer Sperren (Auelehm) zur Reduktion von Wasserzuflüssen in den Gräben zum Geländetiefpunkt unter den Brücken zweckmäßig (Abstand < 25 m, falls nicht schon geschehen).

## **12 Empfehlungen zur Bauausführung**

### **12.1 Erdbau- und Gründungsarbeiten**

Für die Erdarbeiten sind generell die Bestimmungen der ZTVE-StB 94 zu beachten (Unterlage U 5.2). Auf einige Punkte wird nachfolgend besonders hingewiesen.

Der Aushub der Baugrube erfolgt nach Aufbruch bzw. Aufnahme der vorhandenen Fahrbahndecke zweckmäßig von der Geländeoberfläche (Straße) aus mit einem Hydraulikbagger mit zahnloser Schaufel.

In Bereichen mit bindigen Böden (Auelehm, Auelehm-Sand-Gemisch, stark schluffige Sande) in der Aushubebene werden direkt im Anschluß an den Aushub im Vorkopfverfahren der Unterbau (maximal rd. 0,4 m Sand) und die erste Lage der Tragschicht ( $> 15$  cm) eingebaut, um jegliches Aufweichen der Baugrubensohle zu vermeiden. Der stauwasserfreie Unterbau wird mit einer Vibrationsplatte leichter Wuchtkraft verdichtet (mindestens 4 kreuzweise Überfahrten), die erste Tragschichtlage wird zweckmäßig nach der Fertigstellung eines längeren Streckenabschnittes verdichtet (s. u.). Der weitere Tragschichteinbau kann dann über längere Streckenabschnitte hinweg nach dem Prinzip der Linienbaustelle erfolgen.

In Bereichen mit nichtbindigen Böden in der Baugrubensohlebene ist das Aushubplanum intensiv zu verdichten, der Grundwasserflurabstand zum Planung muß mindestens 0,5 m betragen (Ziffer 12.3).

Für den Unterbau ist ein gleichförmiger, gut wasserdurchlässiger Gruben- oder Flußsand (Mittel- bis Grobsand, kein Feinsand) geeignet. Im Hinblick auf seine Drainagefunktion (siehe Ziffer 11.4) sollten die Schlämmkornbeimengungen (Korndurchmesser  $< 0,063$  mm) 5 M.-% nicht überschreiten.

Der lagenweise verdichtete Tragschichteinbau erfolgt angepaßt an die jeweiligen Abstände zu vorhandenen baulichen Anlagen, ggf. unter Berücksichtigung von Vorschädigungen.

In Bereichen mit Abständen zu Wohngebäuden von mehr als rd. 2 m können für die Tragschichtverdichtung erfahrungsgemäß Vibrationsplatten mit schwerer Wuchtkraft oder leichte Vibrationswalzen, in Bereichen mit Abständen von mehr als rd. 5 m zu Wohngebäuden auch Vibrationswalzen mit Gewichten bis zur Größenordnung von rd. 8 t eingesetzt werden, ohne daß Gebäudeschädigungen zu erwarten sind.

Sofern die Verdichtungsarbeiten in geringerem Abstand durchgeführt werden oder sofern z. B. aufgrund von Vorschädigungen eine besondere Empfindlichkeit von baulichen Anlagen gegenüber Erschütterungen zu erwarten ist, ist der Einsatz einer Vibrationsplatte mit leichter bis mittlerer Wuchtkraft oder eine statische Verdichtung zweckmäßig, um Schäden mit Sicherheit zu vermeiden.

Die Tragschichtlagen werden zunächst durch mehrere Überfahrten mit dem jeweiligen Verdichtungsgerät dynamisch verdichtet, die Schichtdicke ist an die Leistungsfähigkeit des jeweils verwendeten Verdichtungsgerätes anzupassen. Im Anschluß an die dynamische Verdichtung werden die Tragschichtlagen durch mindestens 2 Überfahrten mit einer möglichst schweren Walze statisch verdichtet (das Walzengewicht ist an die jeweiligen erdstatischen Erfordernisse, wie z. B. die Überdeckung von Kanalrohren, anzupassen).

Bei den Verdichtungsarbeiten sollte der Wassergehalt der Böden annähernd dem für eine Verdichtung optimalen Wassergehalt (Wassergehalt bei einfacher Proctordichte  $w_{Pr}$  gemäß DIN 18127) entsprechen.

Die Eigenschaften des Baugrundes dürfen durch die Arbeitsvorgänge und die eingesetzten Geräte nicht nachteilig verändert werden. Durch den Baubetrieb aufgelockerte oder aufgeweichte Bodenzonen sind zu verbessern oder auszutauschen. Gefrorene Böden sind auszutauschen.

Bei der Durchführung von Bodenaustauschmaßnahmen ist ein Lastausbreitungswinkel von  $45^\circ$  zu beachten. Im Übergangsbereich der Austauschmaßnahme innerhalb der Baufläche ist der Bodenaustausch mit einer Neigung von 1 : 6 auskeilend auszuführen.

Eine ausreichende Oberflächenentwässerung ist auch für die Bauzeit sicherzustellen.

## 12.2 Qualitätssicherungsmaßnahmen

Die Verdichtung der eingebauten Sande und der Tragschicht ist zu überprüfen. Dabei sollten mindestens folgende Verformungsmoduln  $E_{V2}$  durch statische Plattendruckversuche nach DIN 18134 nachgewiesen werden (Bauklasse III):

OK Mineraltragschicht	$E_{V2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$
-----------------------	----------------------------------

Planum	$E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
--------	---------------------------------

Die Versuchswerte sind für andere Straßen-Bauklassen und bei anderem Oberbau-Aufbau anzupassen, unter Umständen zusätzlich mit einer Begrenzung der Verhältnisswerte  $E_{V2}/E_{V1}$ .

## 12.3 Trockenhaltung der Baugrube

Zur Entwässerung der Baugrube im „Trogabschnitt“ sind je nach bauzeitlichen Grund- und Stauwasserständen beidseitig angeordnete Horizontal drainagen geeignet, die im Unterbau in Trassenlängsrichtung verlegt werden. Während der Bauphase wird das der Baugrube zufließende Wasser in ihnen gefaßt und aus Pumpensäumpfen mit Schmutzwasserpumpen gefördert.



## **12.4 Beeinflussung und Sicherung benachbarter baulicher Anlagen**

Erfahrungsgemäß liegen unter den Verkehrsflächen Kabel sowie Ver- und Entsorgungsleitungen. Je nach Lage der Straßenbahntrasse sind für diese baulichen Anlagen Sicherungsmaßnahmen erforderlich, die rechtzeitig vor der Baumaßnahme mit den Betreibern abzustimmen sind.

Beträgt der Abstand der Baumaßnahme zur Bestandsbebauung neben den Straßen mindestens 5 m, ist eine Schädigung der Bauwerke bei einer sach- und fachgerechten Ausführung der Arbeiten zunächst nicht zu erwarten. Anfragen und Beschwerden von Anwohnern wegen spürbarer Erschütterungen infolge der Verdichtungsarbeiten sind jedoch wahrscheinlich. Um gegebenenfalls unberechtigten Forderungen Dritter entgegen treten zu können, sollte vorsorglich eine Beweissicherung mit fotografischer Aufnahme vorhandener Rißbildungen durchgeführt werden.

Die Durchführung dokumentierter Beweissicherungen der beiden Eisenbahnüberführungen wird empfohlen. Die Notwendigkeit zur Durchführung von Maßnahmen zur Beweissicherung (Verkehrsflächen, Versorgungsleitungen, Gebäude beidseitig der Straßen) ist zu prüfen.

### **13            Hinweise zum Umgang mit potentieller Bodenverunreinigung**

Für die Herstellung des Bauwerks ist ein Aushub aufgefüllter Böden erforderlich, teils mit Bauschuttanteilen.

Hinsichtlich der umweltrechtlichen Aspekte der Verwendung von Boden werden bei der Entsorgung von Böden (und Bauschutt) die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen der *Länderarbeitsgemeinschaft LAGA* herangezogen und anhand von Ergebnissen chemischer Analysen „Einbauklassen“ Z0 bis >Z2 zugeordnet.

Bodenchemische Analysen wurden von der *B.A.U. Planung Gehrke & Schuderer GbR, Bremen*, durchgeführt; die auch die Untersuchungsergebnisse mitteilen.

### **14            Geotechnische Kategorie**

Seit dem 01.07.2012 liegt mit der verbindlichen Einführung der DIN 1054:2010-12 eine geänderte Vorschriftenlage hinsichtlich der Nachweise für Gründungen vor. Danach ist jedes Objekt zu Planungsbeginn anhand der Schwierigkeit der Baugrundverhältnisse und des Bauwerks in eine geotechnische Kategorie einzuordnen.

Das vorliegende Projekt wird hinsichtlich der Schwierigkeit des Baugrunds in die Geotechnische Kategorie GK 2 eingestuft.

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

Prof. Dr.-Ing. H. Harder

Dr.-Ing. J. Rogner

## Anlagenverzeichnis

- Anlage 1.1    Ortsplan
- Anlage 1.2    Lagepläne der Erkundungspunkte
- Anlage 2      Ergebnisse der Baugrunderkundung
- Anlage 3      Ergebnisse der bodenmechanische Laborversuche
- Anlage 4      Körnungslinien

**Straßenbahnquerverbindung  
Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Ortsplan







**Straßenbahnquerverbindung  
Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Lageplan

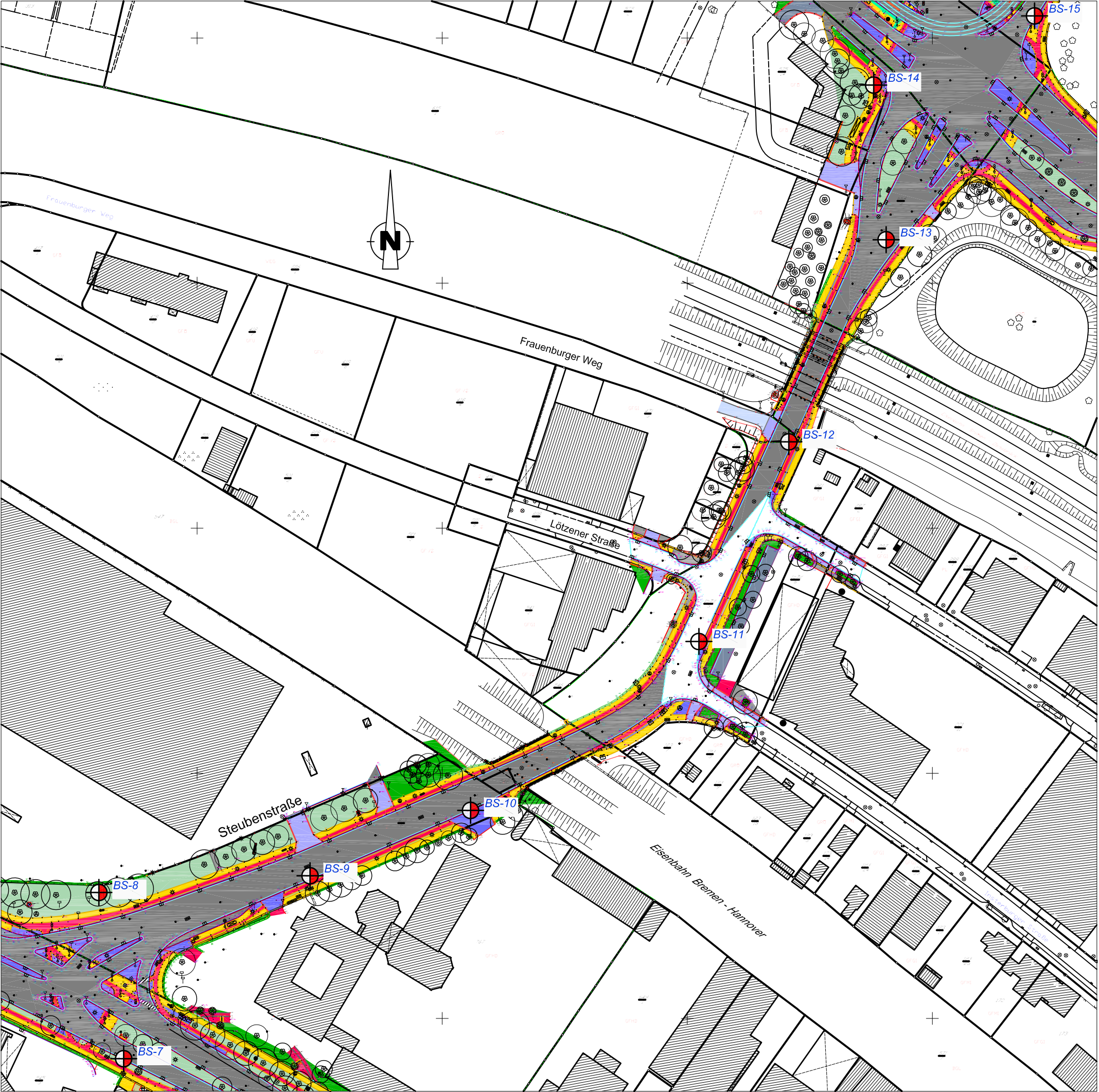
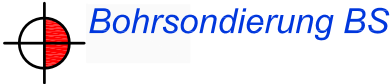


übernommen aus Unterlagen  
mit Ergänzungen  
- ohne Maßstab -



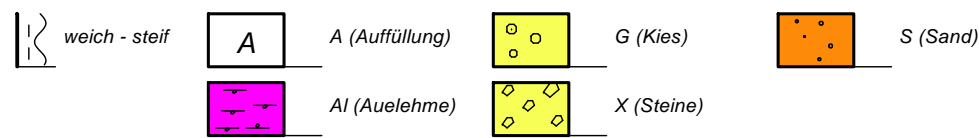
**Straßenbahnquerverbindung  
Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Lageplan



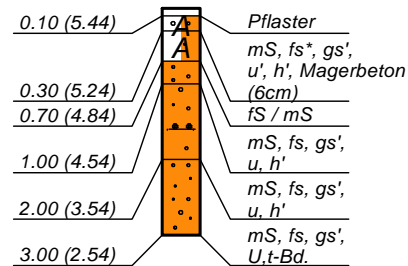
übernommen aus Unterlagen  
mit Ergänzungen  
- ohne Maßstab -

## Legende

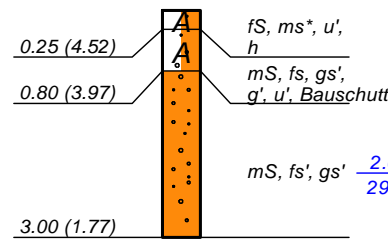


## Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung Ergebnisse der Baugrunderkundung

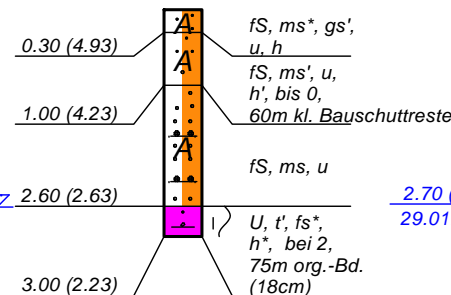
BS-1  
NN +5,54 m



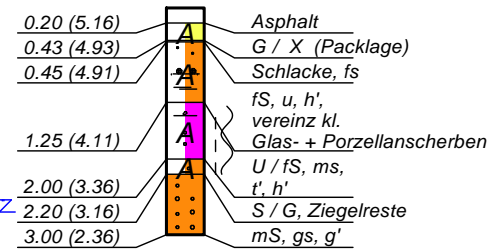
BS-2  
NN +4,77 m



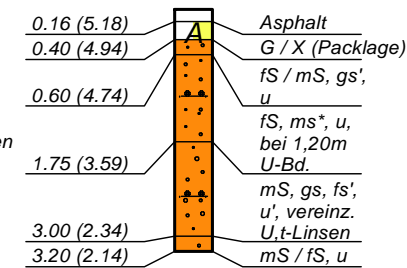
BS-3  
NN +5,23 m



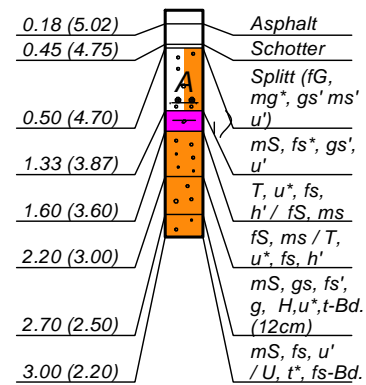
BS-4  
NN +5,36 m



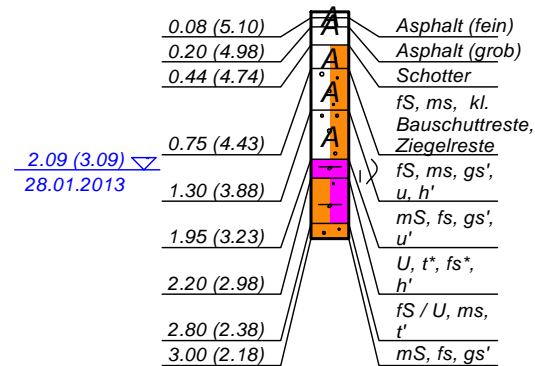
BS-5  
NN +5,34 m



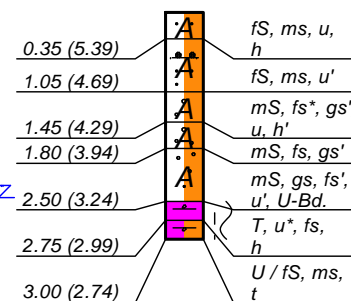
BS-6  
NN +5,20 m



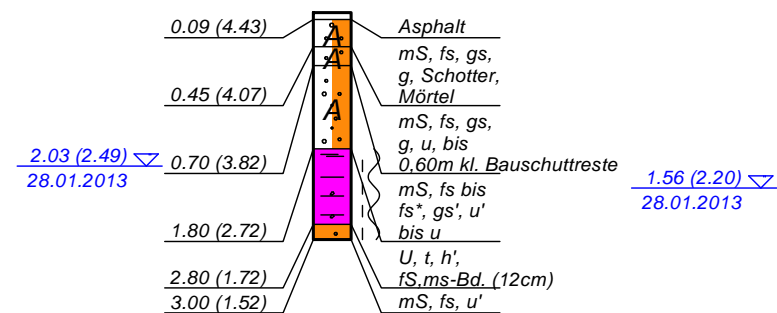
BS-7  
NN +5,18 m



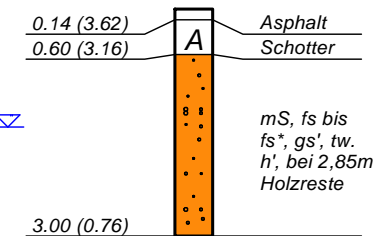
BS-8  
NN +5,74 m



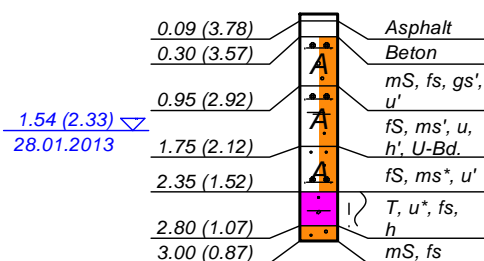
BS-9  
NN +4,52 m



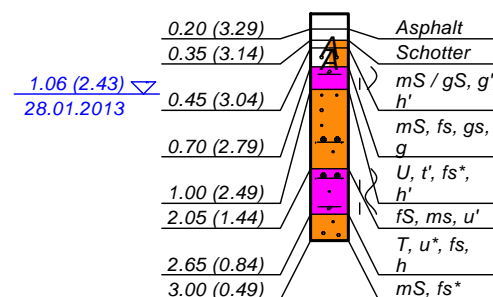
BS-10  
NN +3,76 m



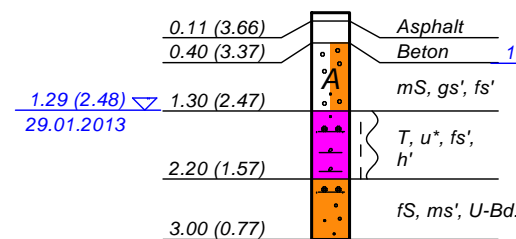
BS-11  
NN +3,87 m



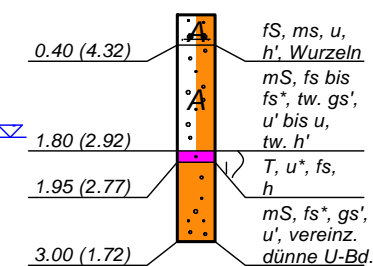
BS-12  
NN +3,49 m



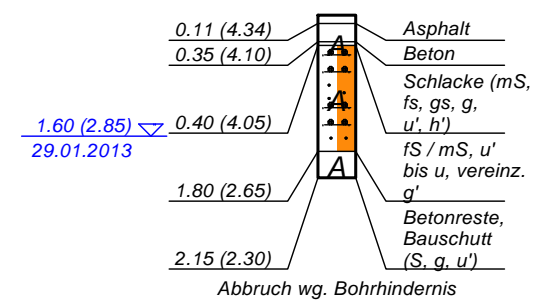
BS-13  
NN +3,77 m



BS-14  
NN +4,72 m



BS-15  
NN +4,45 m



**Straßenbahnquerverbindung**  
**Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe  m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte ρ	Trockendichte ρ <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	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>	Steifemodul E <sub>s</sub>	Scherparameter			Flügelsondier- widerstand τ <sub>FS</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination							Reibungswinkel ϕ'	Kohäsion c'	undrän. Kohäsion c <sub>u</sub>			
											s. Anlage Nr./Blatt							s. Anlage Nr.	°	kN/ m <sup>2</sup>	kN/ m <sup>2</sup>	kN/ m <sup>2</sup>			m/s
1	BS 01	1	0	0.1	-	KK																			
2	BS 01	2	0.1	0.3	0.3	A (mS fs* gs' u' h') (+)																			
3	BS 01	3	0.3	0.7	0.6	A (fS mS)				0,7	3/1														
4	BS 01	4	0.7	1	1	mS fs gs' u h'																			
5	BS 01	5	1	2	1.8	mS fs gs' u h'																			
6	BS 01	6	2	3	2.8	mS fs gs' U t-Linsen																			
7	BS 02	1	0	0.25	0.2	fS ms* u' h																			
8	BS 02	2	0.25	0.8	0.7	A (mS fs gs' g' u') (+)Bauschutt																			
9	BS 02	3	0.8	3	1.5	mS fs' gs'					3/1														
10	BS 02	4	0.8	3	2.8	mS fs' gs'																			
11	BS 03	1	0	0.3	0.2	fS ms* gs' u h																			
12	BS 03	2	0.3	1	0.7	fS ms' u h' kl. Bauschuttreste																			
13	BS 03	3	1	2.6	1.8	fS ms u																			
14	BS 03	4	2.6	3	2.8	U t' fs* h*	1,094	1,34	0,64	22,0															
15	BS 04	1	0	0.2	-	Asphalt																			
16	BS 04	2	0.2	0.43	-																				
17	BS 04	3	0.43	0.45	-	Schlacke																			
18	BS 04	4	0.45	1.25	0.8	A (mS fs* gs' u h') kl. Glas- und Porzellanreste																			



**Straßenbahnquerverbindung**  
**Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe  m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte ρ	Trockendichte ρ <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	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>	Steifemodul E <sub>s</sub>	Scherparameter			Flügelsondier- widerstand τ <sub>FS</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
	Nr.	Probe	von m	bis m				t/ m³	t/ m³	Gew. %	Siebung	Sedimentation	Kombination							s. Anlage Nr./Blatt	s. Anlage Nr.	Reibungswinkel φ'			
19	BS 04	5	1.25	2	1.8	U fS ms (t') h'																			
20	BS 04	6	2	2.2	2.2	Ziegelreste (S G) (+)																			
21	BS 04	7	2.2	3	2.8	mS gs g' (+)																			
22	BS 05	1	0	0.16	-	A																			
23	BS 05	2	0.16	0.4	-	Schlacke																			
24	BS 05	3	0.4	0.6	0.6	fS mS gs' u				2,0	3/1														
25	BS 05	4	0.6	1.75	1	fS ms* u																			
26	BS 05	5	1.75	3	1.9	mS gs fs' u'																			
27	BS 05	6	1.75	3	2.9	mS gs fs' U t-Linse																			
28	BS 05	7	3	3.2	3.2	mS fS u																			
29	BS 06	1	0	0.18	-	A																			
30	BS 06	2	0.18	0.45	-	Schotter																			
31	BS 06	3	0.45	0.5	0.5	Splitt (fG mg* gs' ms' u') (++)					3/1														
32	BS 06	4	0.5	1.33	0.8	mS fs* gs' u'																			
33	BS 06	5	1.33	1.6	1.5	T u* fs h' / fS ms				4,3															
34	BS 06	6	1.6	2.2	1.8	T u* fs h' / fS ms																			
35	BS 06	7	2.2	2.7	2.5	mS gs fs' g (++) / H u* t'																			
36	BS 06	8	2.7	3	3	mS fs u' U t* fs -Bd.																			

**Straßenbahnquerverbindung**  
**Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe  m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte ρ	Trockendichte ρ <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	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>	Steifemodul E <sub>s</sub>	Scherparameter			Flügelsondier- widerstand τ <sub>FS</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
	Nr.	Probe	von m	bis m				t/ m³	t/ m³	Gew. %	Siebung	Sedimentation	Kombination							s. Anlage Nr./Blatt	s. Anlage Nr.	Reibungswinkel φ' °			
37	BS 07	1	0	0.08	-	A																			
38	BS 07	2	0.08	0.2	-	A																			
39	BS 07	3	0.2	0.44	-	Schotter (++)																			
40	BS 07	4	0.44	0.75	0.6	A (fS ms) (++) Bauschuttreste Ziegelreste																			
41	BS 07	5	0.75	1.3	1	A (fS ms gs' u h') (+)																			
42	BS 07	6	1.3	1.95	1.8	mS fs gs' u'																			
43	BS 07	7	1.95	2.2	2.1	U t* fs* h'	0,275	1,88	1,47	4,4															
44	BS 07	8	2.2	2.8	2.4	fS U ms t'																			
45	BS 07	9	2.2	2.8	2.7	fS U ms t'																			
46	BS 07	10	2.8	3	2.9	mS fs gs'																			
47	BS 08	1	0	0.35	0.3	fS ms u h																			
48	BS 08	2	0.35	1.02	0.8	fS ms u'					3/1														
49	BS 08	3	1.02	1.45	1.3	mS fs* gs' u h'					3/1														
50	BS 08	4	1.45	1.8	1.6	mS fs gs'					3/1														
51	BS 08	5	1.8	2.5	2.4	mS gs fs' u'																			
52	BS 08	6	2.5	2.75	2.7	T u* fs h	0,427	1,74	1,22																
53	BS 08	7	2.75	3	2.9	U fS ms t					3/2														
54	BS 09	1	0	0.09	-	A																			

**Straßenbahnquerverbindung**  
**Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe  m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte ρ	Trockendichte ρ <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	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>	Steifemodul E <sub>s</sub>	Scherparameter			Flügelsondier- widerstand τ <sub>FS</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
	Nr.	Probe	von m	bis m				t/ m³	t/ m³	Gew. %	Siebung	Sedimentation	Kombination							s. Anlage Nr./Blatt	s. Anlage Nr.	Reibungswinkel φ' °			
55	BS 09	2	0.09	0.45	0.45	mS fs gs g (+) (Schotter Mörtel)																			
56	BS 09	3	0.45	0.7	0.5	A ( mS fs gs g u) kl. Bauschuttreste																			
57	BS 09	4	0.7	1.8	0.8	mS fs* gs' u																			
58	BS 09	5	0.7	1.8	1.6	mS fs gs' u'																			
59	BS 09	6	1.8	2.6	1,9u.2,4	U t fs ms' h'	0,220	1,99	1,63																
60	BS 09	7	2.6	3	2.8	mS fs u'																			
61	BS 10	1	0	0.14	-	A																			
62	BS 10	2	0.14	0.6	-	Schotter																			
63	BS 10	3	0.6	3	0.8	mS fs gs' h'																			
64	BS 10	4	0.6	3	1.8	mS fs gs'																			
65	BS 10	5	0.6	3	2.9	mS fs* gs' Holzkohlereste																			
66	BS 11	1	0	0.09	-	A																			
67	BS 11	2	0.09	0.3	-	A Beton																			
68	BS 11	3	0.3	0.95	0.7	mS fs gs' u' (+)																			
69	BS 11	4	0.95	1.75	1.6	fS ms' u h' U-Bd.																			
70	BS 11	5	1.75	2.35	2.1	fS ms* u'																			
71	BS 11	6	2.35	2.8	2.6	T u* fs h	0,447	1,71	1,18	6,4															

**Straßenbahnquerverbindung**  
**Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe  m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte ρ	Trockendichte ρ <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	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>	Steifemodul E <sub>s</sub>	Scherparameter			Flügelsondier- widerstand τ <sub>FS</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
	Nr.	Probe	von m	bis m				t/ m <sup>3</sup>	t/ m <sup>3</sup>	Gew. %	Siebung	Sedimentation	Kombination							s. Anlage Nr./Blatt	Reibungswinkel φ'	Kohäsion c'			
72	BS 11	7	2.8	3	-	mS fs																			
73	BS 12	1	0	0.2	-	A																			
74	BS 12	2	0.2	0.35	-	Schotter																			
75	BS 12	3	0	0.45	0.4	A (mS gS g' h')					3/2														
76	BS 12	4	0.45	0.7	0.6	mS fs gs g																			
77	BS 12	5	0.7	1	0.9	U t' fs h'																			
78	BS 12	6	1	2.05	1.8	fS ms u'																			
79	BS 12	7	2.05	2.65	2.5	T u* fs h	0,361	1,79	1,31	6,8															
80	BS 12	8	2.65	3	3	mS fs*																			
81	BS 13	1	0	0.11	-	A																			
82	BS 13	2	0.11	0.4	-	Beton																			
83	BS 13	3	0.4	1.3	0.7	mS gs' fs'					3/2														
84	BS 13	4	1.3	2.3	1.7	T u* fs' h'	0,335	1,90	1,42	5,4															
85	BS 13	5	2.3	3	2.7	fS ms' u																			
86	BS 14	1	0	0.4	0.3	fS ms u h' Wurzelwerk																			
87	BS 14	2	0.4	1.8	0.7	mS fs* u h'				3,1	3/2														
88	BS 14	3	0.4	1.8	1.7	mS fs gs' u'																			
89	BS 14	4	1.8	1.95	1.9	T u* fs h	0,285	1,87	1,45	9,2															

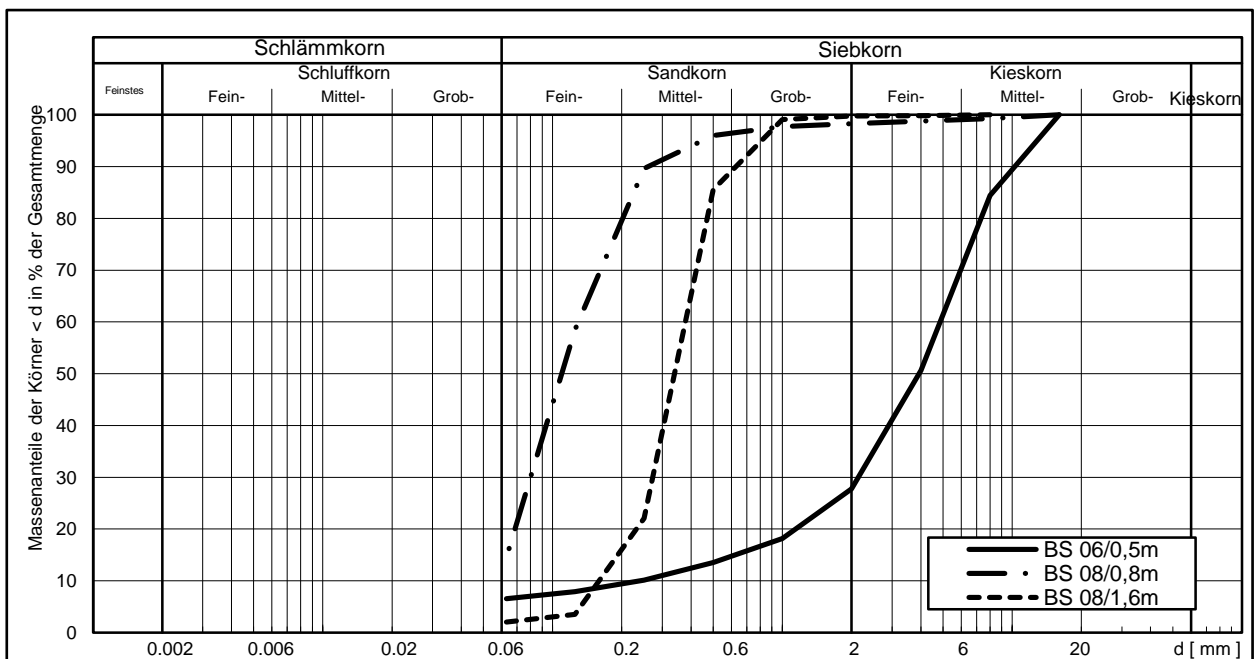
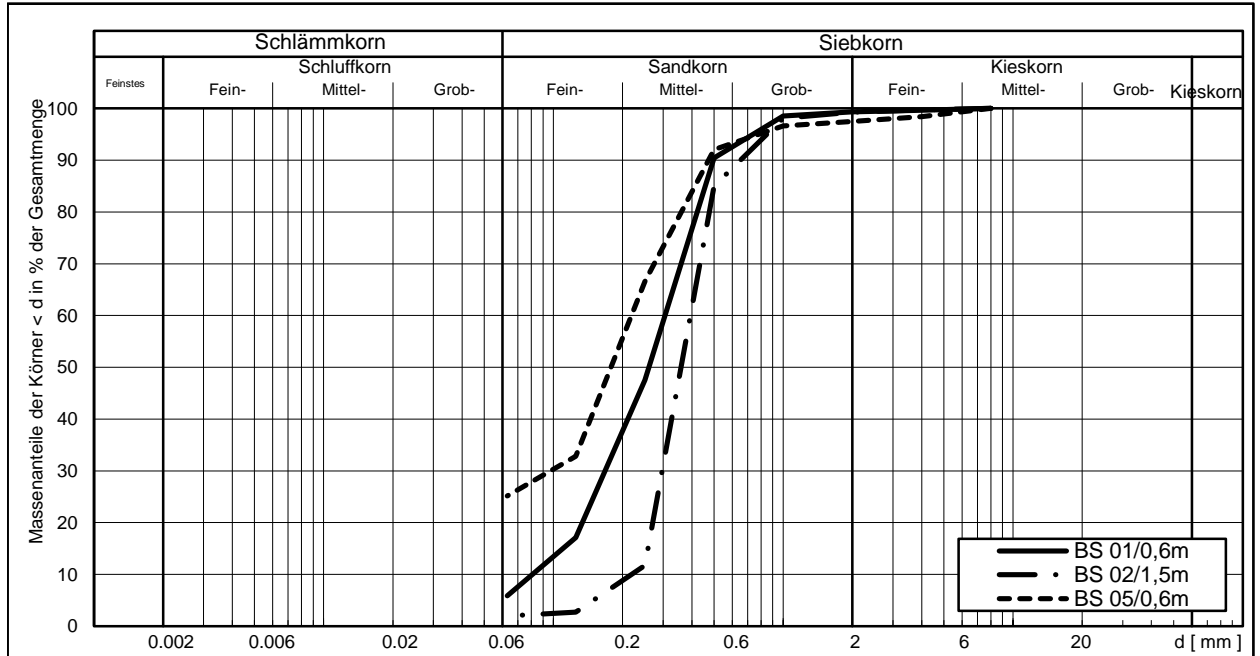
**Straßenbahnquerverbindung**  
**Stresemannstraße im Bremer Osten**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

lfd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte ρ	Trockendichte ρ <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	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>	Steifemodul E <sub>s</sub>	Scherparameter			Flügelsondier- widerstand τ <sub>FS</sub>	Kalkgehalt V <sub>Ca</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
											Siebung	Sedimentation	Kombination							Reibungswinkel ϕ'	Kohäsion c'	undrän. Kohäsion c <sub>u</sub>			
	Nr.	Probe	von m	bis m	m		t/ m³	t/ m³	Gew. %	s. Anlage Nr./Blatt	s. Anlage Nr.	°	kN/ m²	kN/ m²	kN/ m²	m/s									
90	BS 14	5	1.95	3	2.8	mS fs* gs' u' U-Bd.																			
91	BS 15	1	0	0.11	-	A																			
92	BS 15	2	0.11	0.35	-	Beton																			
93	BS 15	3	0.35	0.4	0.4	Schlacke (mS fs gs g u' h) (+)																			
94	BS 15	4	0.4	1.2	0.7	fS ms u verein. g'																			
95	BS 15	5	1.2	1.8	1.7	mS fS u'																			
96	BS 15	6	1.8	2.15	2	Schlacke (S g u') (++)																			

# Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

## Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

### Körnungslinien



# Straßenbahnquerverbindung Stresemannstraße im Bremer Osten

## Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

### Körnungslinien

