



GEO - UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH
Dipl.-Ing. Peter Bahnsen
Dr.-Ing. Franjo Böckmann
BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468-0 FAX 040 / 229 468-40

2015/120 – Ba/Ho/Vo – 12. Februar 2016

**SCHIENENANBINDUNG DER
FESTEN FEHMARNBELTQUERUNG (FBQ)
RV-TRASSE
HIER:
PFA 6 BAUWERK 4
SÜ L209, INSEL FEHMARN**

Geotechnischer Bericht

- Zur Information -

Auftraggeber:

DB Netz AG
Regionalbereich Nord
Großprojekte I-NG-N-F
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. VERANLASSUNG	1
2. UNTERLAGEN	1
2.1 Planunterlagen	1
2.2 Normen	2
3. BESTANDSBAUWERK UND BAUGELÄNDE	3
4. UNTERSUCHUNGEN	4
5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE	4
6. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE	5
6.1 Baugrundkennwerte für erdstatische Berechnungen	6
7. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	6
7.1 Grundwasserstände	6
7.2 Bemessungswasserstand	7
8. GEOTECHNISCHE EINORDNUNGEN	7
8.1 Geotechnische Kategorie	7
8.2 Erdbebenzone	7
9. GRÜNDUNG	7
9.1 Bemessungswerte des Grundbruchwiderstandes (Bodenpressung)	7
9.2 Setzungen	9
9.3 Wiederverwertung von Aushubmaterial	9
10. SCHADSTOFFUNTERSUCHUNG	9
11. ERGÄNZENDE HINWEISE	10
12. ZUSAMMENFASSUNG	10



1. VERANLASSUNG

Im September 2008 vereinbarten das Königreich Dänemark und die Bundesrepublik Deutschland in einem Staatsvertrag den Bau einer festen Verbindung über den Fehmarnbelt. Dänemark baut einen Absenktunnel durch die Ostsee und die Anbindung auf dänischer Seite. Deutschland hat sich verpflichtet, für eine leistungsfähige Straßen- und Schienenanbindung auf deutscher Seite zu sorgen.

Die Deutsche Bahn wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur beauftragt, eine leistungsfähige Schienenanbindung von Lübeck nach Puttgarden zu planen – zweigleisig, elektrifiziert, auf dem neusten Stand der Technik.

Das Land Schleswig-Holstein führte für die Schienenanbindung ein Raumordnungsverfahren durch. Mit dem Ergebnis, statt des ursprünglich geplanten zweistufigen Ausbaus der bestehenden Trasse wird nun eine überwiegende Neubaustrecke geplant, die zahlreiche Bäderorte und Gemeinden in der Region umfährt.

Das Ingenieurbüro BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH, Hamburg, wurde seitens der DB Netz AG mit der Ausarbeitung der Geotechnischen Berichte für die geplanten Ingenieurbauwerke der RV-Trasse beauftragt. Für die RV-Trasse wurden separate Geotechnische Berichte für die einzelnen Planfeststellungsabschnitte (PFA 1 bis PFA 6) erstellt.

Der hier vorliegende Geotechnische Bericht behandelt das Bauwerk 4 im Planfeststellungsabschnitt 6, nachfolgend PFA 6 / BW 4 genannt. Hierbei handelt es sich um die Straßenüberführung „L209“ (SÜ „L209“) auf der Insel Fehmarn.

2. UNTERLAGEN

Nachfolgende Planunterlagen, Normen und Regelwerke liegen dem vorliegenden Bericht zugrunde.

2.1 Planunterlagen

Zur Projektbearbeitung wurden folgende Planunterlagen verwendet:

- [U1] DB ProjektBau GmbH, Hannover; Draufsicht, Schnitte, Detail Bau-km 179,950 SÜ „L209“, 04/2015
- [U2] BBI, Schienenhinterlandanbindung der Festen Beltquerung Hier: Gleiserweiterung auf der Insel Fehmarn, Geotechnisches Gutachten, Revision 1, Stand März 2014



2.2 Normen

DIN 1054:2010-12	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN 4019:2015-05	Baugrund - Setzungsberechnungen
DIN 4020:2010-12	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
DIN 18123:2011-04	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung
DIN 18196:2011-05	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN EN 1997-1:2009-09	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 Hinweis: Die neuere Ausgabe 2014-03 der DIN EN 1997-1 ist zum Zeitpunkt des vorliegenden Berichtes bauaufsichtlich noch nicht eingeführt. Nach deren bauaufsichtlicher Einführung ist die Ausgabe 2014-03 zugrunde zu legen.
DIN EN 1997-1/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
DIN EN 1997-2:2010-10	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010
DIN EN 1997-2/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

...



- DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeeinwirkungen und Regeln für Hochbau
- DIN EN ISO 14688-1:2013-12 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002 + A1:2013
- DIN EN ISO 14688-2:2013-12 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2004 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2004 + A1:2013
- DIN EN ISO 17892-1:2015-03 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-1:2014

3. BESTANDSBAUWERK UND BAUGELÄNDE

Auf der Insel Fehmarn, westlich von Burg, wird die vorhandene Bahntrasse von der Landesstraße L 209 (Landkirchener Weg) überquert, vgl. Übersichtskarte auf der Anlage 1. Bei dem Bestandsbauwerk **PFA 6 BW 4 „SÜ L209“** handelt es sich um eine 3-Feld-Brücke mit einer Länge von ca. 42 m. Im Zuge der Verbreiterung der Bestandsstrecke von 1-gleisig auf 2-gleisig ist eine Anpassung des Bauwerks erforderlich. Hierbei bleibt die Tragkonstruktion des Bauwerks unverändert, da das Lichtraumprofil zwischen den Stützen auch für den 2-gleisigen Ausbau ausreichend ist. Die Stützen sind jedoch zusätzlich gegen Seitenanprall zu bemessen und die Gründung entsprechend zu überprüfen.

Das Bauwerk befindet sich bei Bau-km 179,9+50. Die Straßenoberkante liegt auf einem Niveau von etwa + 17,0 m NN. Die geplante Schienenoberkante der sich im Einschnitt befindlichen Bahntrasse liegt auf etwa + 10,7 m NN. Die Unterkante der bestehenden Widerlager liegt auf beiden Seiten auf ca. + 10,6 m NN. Die beiden Stützreihen sind nach vorliegenden Bestandsunterlagen [U1] in einer Tiefe von etwa + 7,9 m NN gegründet.



4. UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der vorhandenen Stützen wurden im November 2015 vier Sondierbohrungen, BW 6/4 / BS 1 bis BW 6/4 / BS 4, ausgeführt. Die Sondierbohrungen wurden bis in Tiefen zwischen 8,0 m und 9,2 m abgeteuft. Die Sondierbohrung BW 6/4 / BS 1 musste in einer Tiefe von 2,3 m auf Grund eines Hindernisses abgebrochen werden und wurde als BW 6/4 / BS 1a erneut niedergebracht.

Die Ausführung der Aufschlüsse erfolgte durch die Fa. Ivers Brunnenbau GmbH, Osterröfnfeld, im Auftrag des Bauherrn.

Die fachtechnische Überwachung der Aufschlussarbeiten oblag unserem Ingenieurbüro.

Die Aufschlusspunkte wurden vom Bohrunternehmen lage- und höhenmäßig eingemessen. Die genaue Lage ist auf dem Lageplan der Anlage 2 zu ersehen. Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sind in Form von höhengerecht ausgerichteten Bohrprofilen auf der Anlage 3 aufgetragen.

Die Lage- und Höhenmessung der ausgeführten Untergrundaufschlüsse erfolgte durch die Bohrunternehmen mittels eines referenzierten GPS.

Alle Bodenproben wurden bodenmechanisch zum Zwecke der einheitlichen Benennung und Beschreibung nach DIN 4022 sowie organoleptisch durch den Projektingenieur angesprochen. Außerdem wurden die Böden geologisch eingestuft.

5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

Oberflächennah wurden unterhalb der Flächenversiegelung in Form von Betongehwegplatten **aufgefüllte Böden** bis in Tiefen zwischen 2,9 m (BW 6/4 / BS 1a und BS 2) und 4,4 m (BW 6/4 / BS 4) angetroffen.

Bei den **aufgefüllten Böden** handelt es sich mehrheitlich um **Geschiebelehm** sowie untergeordnet auch um **Geschiebemergel**, zum Teil auch um schluffige Sande. Die aufgefüllten Geschiebeböden weisen bereichsweise einen sandigen Charakter auf. Die Konsistenz wurde als weich bis steif beurteilt. Vereinzelt wurden in den aufgefüllten bindigen Böden organische Einlagerungen erkundet. Im Basisbereich der Auffüllung wurden **sandige Böden** in Form von Fein- und Mittelsanden, häufig mit schluffigen Beimengungen angetroffen.

Unter den aufgefüllten Böden wurde überwiegend **steif bis halbfester Geschiebemergel** erkundet. In der BW 6/4 / BS 3 lagert oberhalb des Geschiebemergels eine



1 m mächtige **Beckenschluffschicht**. Beckenschluff wurde gleichermaßen in der BW 6/4 / BS 4 innerhalb des Geschiebemergels von 5,0 m bis 6,0 m Tiefe erschlossen. Die Konsistenz des Beckenschluffes wird als steif beurteilt.

Die Unterkante des Geschiebemergels wurde mit Endteufen zwischen 8 m bis maximal 9,2 m nicht durchörtert.

6. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Von den beim Niederbringen der Aufschlüsse aus den einzelnen Bodenschichten entnommenen Bodenproben wurden repräsentative Proben ausgewählt und diese – soweit es für die Ermittlung von Bodenkennwerten erforderlich war – im geotechnischen Labor untersucht.

Dabei wurden zur Klassifizierung der aufgefüllten Sande und der gemischtkörnigen und der bindigen Böden die Kornverteilungen mittels Sieb- und kombinierten Sieb- und Schlämmanalysen bestimmt. Weiterhin wurden die Wassergehalte der gewachsenen und aufgefüllten Geschiebeböden und des Beckenschluffs ermittelt.

Die Ausführung der Laborversuche erfolgte im bodenmechanischen Labor von BBI. Im Einzelnen können die Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche aus den Anlagen 4.1 und 4.2 entnommen werden.

Die anstehende **sandige Auffüllung** ist als schluffiger und mittelsandiger **Feinsand** mit schwach grobsandigen und schwach kiesigen Anteilen anzusprechen, vgl. Anlage 5.1.

Bei dem erbohrten **Beckenschluff** handelt es sich um **tonigen Schluff** mit schwach feinsandigen und schwach mittelsandigen Beimengungen. Der Schluff weist eine Tonfraktion von etwa 18 Massen-% und einen Sandkornanteil von ca. 25 Massen-%, vgl. Anlage 5.2. Für den Beckenschluff wurde ein Wassergehalt von 15,9 % ermittelt.

Der **Geschiebemergel** ist kornanalytisch als stark schluffiger Sand mit tonigen Anteilen bzw. als stark sandiger Schluff mit tonigen und schwach kiesigen Anteilen anzusprechen, vgl. Anlage 5.3. Der Schlämmerkornanteil liegt zwischen 55 Massen-% und 59 Massen-%. Der ermittelte Wassergehalt des Geschiebemergels schwankt zwischen 11,9 % und 14,7 %. Damit wird die überwiegend steif bis halbfeste Konsistenz bestätigt.

Für den aufgefüllten Geschiebelehm wurden Wassergehalte von 18,8 % und 20,4 % ermittelt.



6.1 Baugrundkennwerte für erdstatische Berechnungen

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse, der Laboruntersuchungen sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungen mit vergleichbaren Böden können den einzelnen Bodenschichten (Homogenbereiche) die in der Tabelle 1 genannten Kennwerte zugeordnet werden. Bei den Kennwerten handelt es sich um charakteristische Werte gemäß DIN EN 1997-1:2009-09. Darüber hinaus wurde die Durchlässigkeit der angetroffenen Böden auf der Grundlage durchgeführter Kornverteilungskurven empirisch bzw. nach Erfahrungen abgeschätzt. Die Bodengruppen nach DIN 18196 sind hinter den jeweiligen Bodenschichten in Klammern angegeben.

Bodenschicht (Bodengruppe)	Wichte	Scherfestigkeit		undrÄnierte Scherfestigkeit	Durchlässigkeit	Steifezahl
	γ / γ' [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	k_f [m/s]	E_{sk} [MN/m ²]
sandige Auffüllung (A [SE,SU])	18/10	27,5	0	-	1×10^{-5} - 5×10^{-4}	-
Geschiebeboden- Auffüllung (A [SU*, ST*, UL, UM, TL, TM])	21/11	25	5	40	1×10^{-8} - 5×10^{-7}	-
Geschiebemergel, min- destens steif (SU*, ST*, UL, UM, TL, TM)	21/11	30	10	120	1×10^{-8} - 5×10^{-7}	30 – 50
Schluff, mindestens steif (UL, UM, UA)	18/10	27,5	10	50	1×10^{-10} - 1×10^{-7}	15-25

7. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

7.1 Grundwasserstände

Die beim Niederbringen der Sondierbohrungen im November 2015 angetroffenen Grundwasserstände sind neben den ProfilsÄulen auf der Anlage 3 aufgetragen.

In den Sondierbohrungen wurde in Tiefen zwischen 2,2 m und 4,0 m unter Ansatzpunkt Grundwasser angebohrt. Bei dem angetroffenen Wasser handelt es sich um Stau- bzw. Schichtenwasser.

Die nach Beendigung der Sondierarbeiten geloteten Wasserstände schwanken zwischen 2,05 m (BW 6/4 / BS 1a) und 4,05 m (BW 6/4 / BS 3) unter Ansatzpunkt. Da-

...



mit liegen die Endwasserstände zwischen + 8,10 m NN (BW 6/4 / BS 3) und + 9,81 m NN (BW 6/4 / BS 4).

Bei den geloteten Messwerten handelt es sich um nicht ausgepegelte Wasserstände im offenen Sondierloch.

7.2 Bemessungswasserstand

Auf der Basis der angetroffenen Grundwasserverhältnisse, des vorhandenen Entwässerungssystems und unter Einbeziehung eines Sicherheitszuschlages wird ein Bemessungswasserstand für die Mittelstützen im Endzustand auf + 10,0 m NN empfohlen. Für den Bauzustand kann der Bemessungswasserstand auf + 9,3 m NN reduziert werden.

8. GEOTECHNISCHE EINORDNUNGEN

8.1 Geotechnische Kategorie

Das Bauvorhaben ist gemäß DIN 1054:2010-12 in die Geotechnische Kategorie **GK 2** einzustufen.

8.2 Erdbebenzone

Gemäß DIN EN 1998-1/NA gehört der Bereich des Bauwerkes zu keiner Erdbebenzone und zu keiner diesbezüglichen geologischen Untergrundklasse.

9. GRÜNDUNG

Gemäß den vorliegenden Unterlagen [U1] liegt die Gründungsebene der Stützen auf + 7,90 m NN. In der Anlage 3 wurde die Gründungsebene maßstabsgerecht den Profilsäulen zugeordnet, so dass ein direkter Vergleich mit den in und unter der Gründungsebene anstehenden Böden gegeben ist. Der in der Gründungsebene anstehende gewachsene Geschiebemergel (Stützen West) bzw. der Beckenschluff und Geschiebemergel (Stützen Ost) sind zur Lastabtragung aus geotechnischer Sicht gut geeignet. Die Stützen sind den Unterlagen zufolge flach gegründet. Gemäß den vorliegenden Unterlagen ist keine Ertüchtigung der Bestandsfundamente vorgesehen.

9.1 Bemessungswerte des Grundbruchwiderstandes (Bodenpressung)

Für eine Nachberechnung bzw. Überprüfung der Stützenfundamente können die nachfolgenden Bemessungswerte zugrunde gelegt werden.



Grundlage der nachfolgenden Standsicherheitsnachweise (Grundbruchberechnungen) ist die DIN EN 1997 mit der DIN 1054 nach dem dort definierten Teilsicherheitskonzept.

Zur Ermittlung des charakteristischen Grundbruchwiderstandes ($R_{n,k}$) im Grenzzustand GEO-2 (Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund) wurden für Einzelfundamente unter Zugrundelegung der o. g. Angaben Grundbruchberechnungen nach DIN 4017 durchgeführt. Die sich unter Einhaltung des Teilsicherheitsbeiwertes für Widerstände mit $\gamma_{R,v} = 1,4$ (BS-P Ständige Bemessung) im Grenzzustand GEO-2 ergebenden Bemessungswerte R_d des Grundbruchwiderstandes sind auf der Anlage 6 tabellarisch zusammengestellt. Die in den Tabellen für das Fundament angegebenen Bemessungswerte $R_{n,d}$ des Grundbruchwiderstandes bzw. $\sigma_{R,d}$ des Bemessungswertes des Sohldruckwiderstandes gelten für lotrecht mittigen Lastangriff auf das Fundament.

Die Grundbruchsicherheit exzentrisch belasteter Fundamente ist gegebenenfalls nach DIN 4017 gesondert nachzuweisen. Für die Vorbemessung exzentrisch belasteter Fundamente können die Tabellen der Anlage 6 ersatzweise herangezogen werden, wenn gemäß DIN 4017, Abs. 7.2.7, für die vorhandenen Fundamentabmessungen die reduzierte Fundamentbreite b' ($b' = b - 2 \times e$; e = Exzentrizität) eingeführt wird.

Für die **Bestandsfundamente** der Mittelstützen ergibt sich bei Abmessungen von 3,5 m x 7,0 m ein **Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung** $\sigma_{E,d}$ (einschließlich Teilsicherheitsbeiwert γ_E) von etwa 655 kN/m². Zur Reduzierung der Setzungen sollte der Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ auf **450 kN/m² begrenzt** werden.

Für den Nachweis der Grundbruchsicherheit im Grenzzustand BS-P müssen die charakteristischen Werte der vertikalen Beanspruchung V_k mit den in o. g. DIN 1054, Tabelle A 2.1, angegebenen Teilsicherheitsbeiwerten γ_G und γ_Q beaufschlagt werden. Daraus folgt der Bemessungswert V_d der Beanspruchung in vertikaler Richtung (allgemein gilt für die Beanspruchung $E_d = E_{G,k} \times \gamma_G + E_{Q,k} \times \gamma_Q$).

Es gilt die Bedingung:

$$V_d \leq R_d \text{ bzw. } \sigma_{E,d} \leq \sigma_{R,d}$$



9.2 Setzungen

Mit den o.g. angegebenen Lasten wurden überschlägige Setzungsberechnungen in Anlehnung an die DIN 4019 durchgeführt.

Danach würden sich bei einem Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ von 450 kN/m² theoretische Setzungen bis zu 3 cm einstellen. Da die Lasteinwirkung durch das Straßenbauwerk unverändert bleibt und sich lediglich Lastumlagerungen bzw. Zusatzlasten infolge horizontaler Lasteinwirkung durch den Schienenverkehr einstellen, werden die zu erwartenden realen Setzungen in vernachlässigbarer Größenordnung sein. Die Verträglichkeit möglicher Restsetzungen ist jedoch durch den Tragwerksplaner zu prüfen.

9.3 Wiederverwertung von Aushubmaterial

Sofern im Baubereich Aushubmassen anfallen, verteilen sich diese auf die folgenden Hauptbodenarten:

- Aufgefüllte Sande
- Aufgefüllte gemischtkörnige Böden (Geschiebeböden)

Es ist anzustreben, das gewonnene Aushubmaterial – soweit möglich – im Baubereich einer Wiederverwertung zuzuführen oder aber bei Baumaßnahmen in anderen Planfeststellungsabschnitten einzusetzen. Die Wiederverwendungsmöglichkeiten werden dabei einerseits vom Kornaufbau des Materials, wodurch die bautechnischen Eigenschaften sowie bodenmechanische Eignung bestimmt werden, und andererseits von einer Schadstoffbelastung eingeschränkt.

Die generellen Wiederverwendungsmöglichkeiten der einzelnen Böden sind dem Kapitel 10 des Geotechnischen Berichtes für den PFA 6 [U2] zu entnehmen.

10. SCHADSTOFFUNTERSUCHUNG

Zur Überprüfung einer möglichen Schadstoffbelastung des Untergrundes für den Fall eines oberflächennahen Bodenaushubes wurde aus Einzelbodenproben der im Rahmen der Erkundung des Baugrundes für das Bauwerk durchgeführten direkten Aufschlüsse Mischproben der relevanten Aushubböden im Rahmen einer orientierenden Erkundung für die chemische Analysen zusammengestellt. Die Ergebnisse der chemischen Analysen und deren Bewertung werden in einem separaten Bericht zusammengefasst.



11. ERGÄNZENDE HINWEISE

Vor Beginn der Baumaßnahme wird die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens an den Nachbarbauwerken wie Bahnanlagen, ggf. Ver- und Entsorgungsleitungen etc. in unmittelbarer Umgebung des Bauwerks empfohlen.

12. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der geplanten RV-Trasse ist die Anpassung des Bauwerkes PFA 6 / BW 4, SÜ „L209“ vorgesehen. Von der DB Netz AG wurden wir beauftragt, für die Gründung der Straßenbrücke ein Gutachten zur Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung (Geotechnischer Bericht) zu erarbeiten.

Auf der Insel Fehmarn, westlich von Burg, wird die vorhandene Bahntrasse von der Landesstraße L 209 (Landkirchener Weg) überquert. Im Zuge der Verbreiterung der Bestandsstrecke von 1-gleisig auf 2-gleisig ist eine Anpassung des Bauwerks erforderlich.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der vorhandenen Stützen wurden vier Sondierbohrungen ausgeführt.

Unterhalb der Gründungsebene der Stützen steht im Wesentlichen Geschiebemergel an. Bereichsweise wurde auch Beckenschluff angetroffen. Die Böden weisen vornehmlich eine mindestens steife Konsistenz auf. Angaben zur Gründung sind Abschnitt 9 zu entnehmen.

Grundwasser wurde in Form von gering ergiebigem Stauwasser angetroffen.

BBI Geo- und Umwelttechnik



Dipl.-Ing. P. Bahnsen

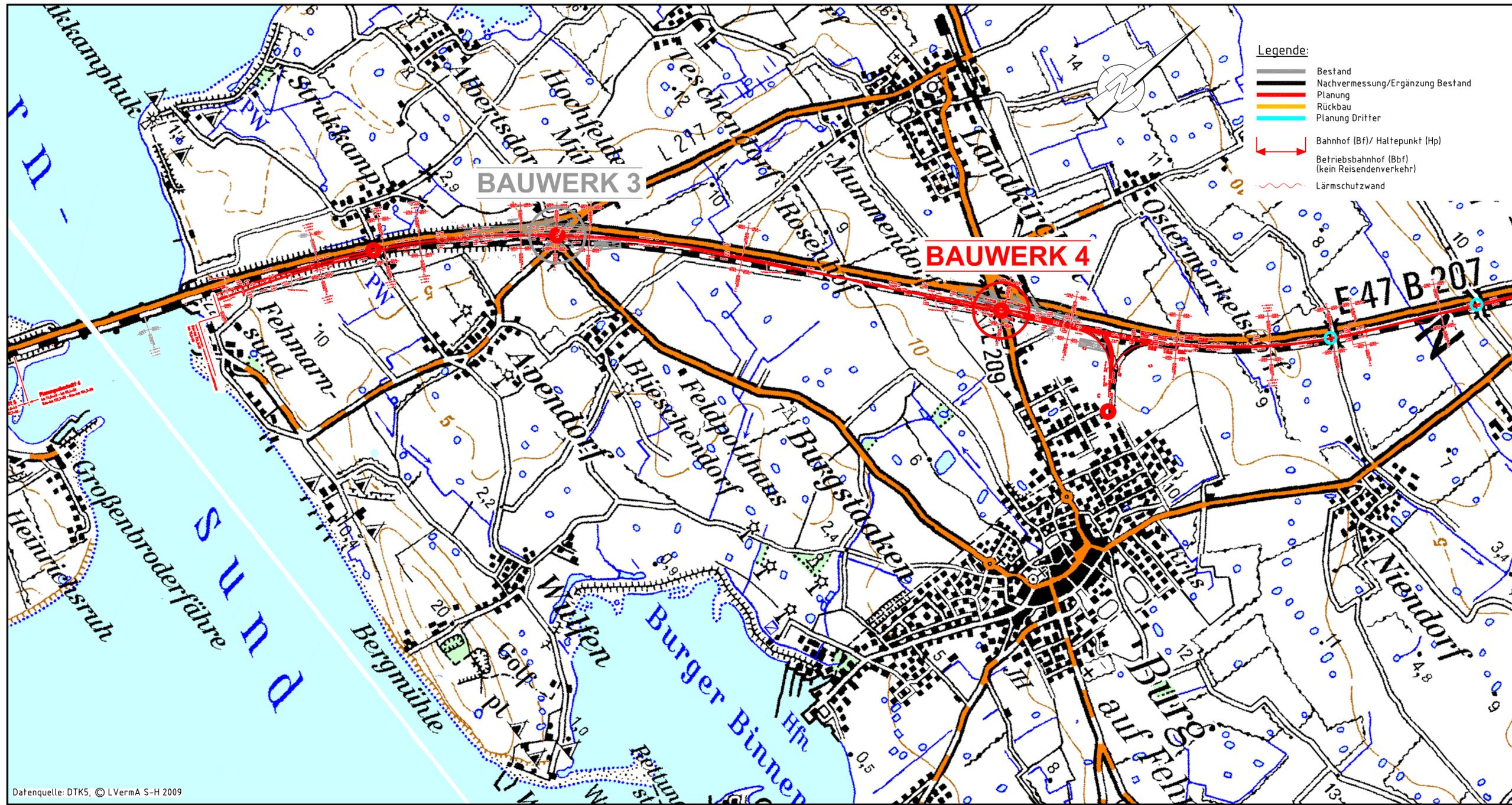
i. A. 
Dipl.-Ing. M. Hoffmann

i.A. 
Dipl.-Ing. A. Voss



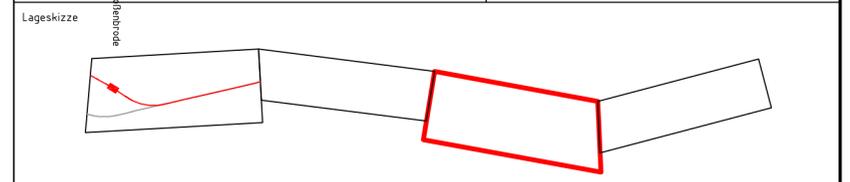
ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Übersichtskarte M. 1:20.000
Anlage 2	Lageplan M. 1:500
Anlage 3	Ergebnisse der Untergundaufschlüsse M. d. H. 1:100
Anlagen 4.1 und 4.2	Zusammenstellung der Versuchsergebnisse
Anlagen 5.1 bis 5.3	Ergebnisse der Laborversuche (Körnungslinien)
Anlage 6	Tragfähigkeit von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen für Einzelfundamente nach DIN 4017



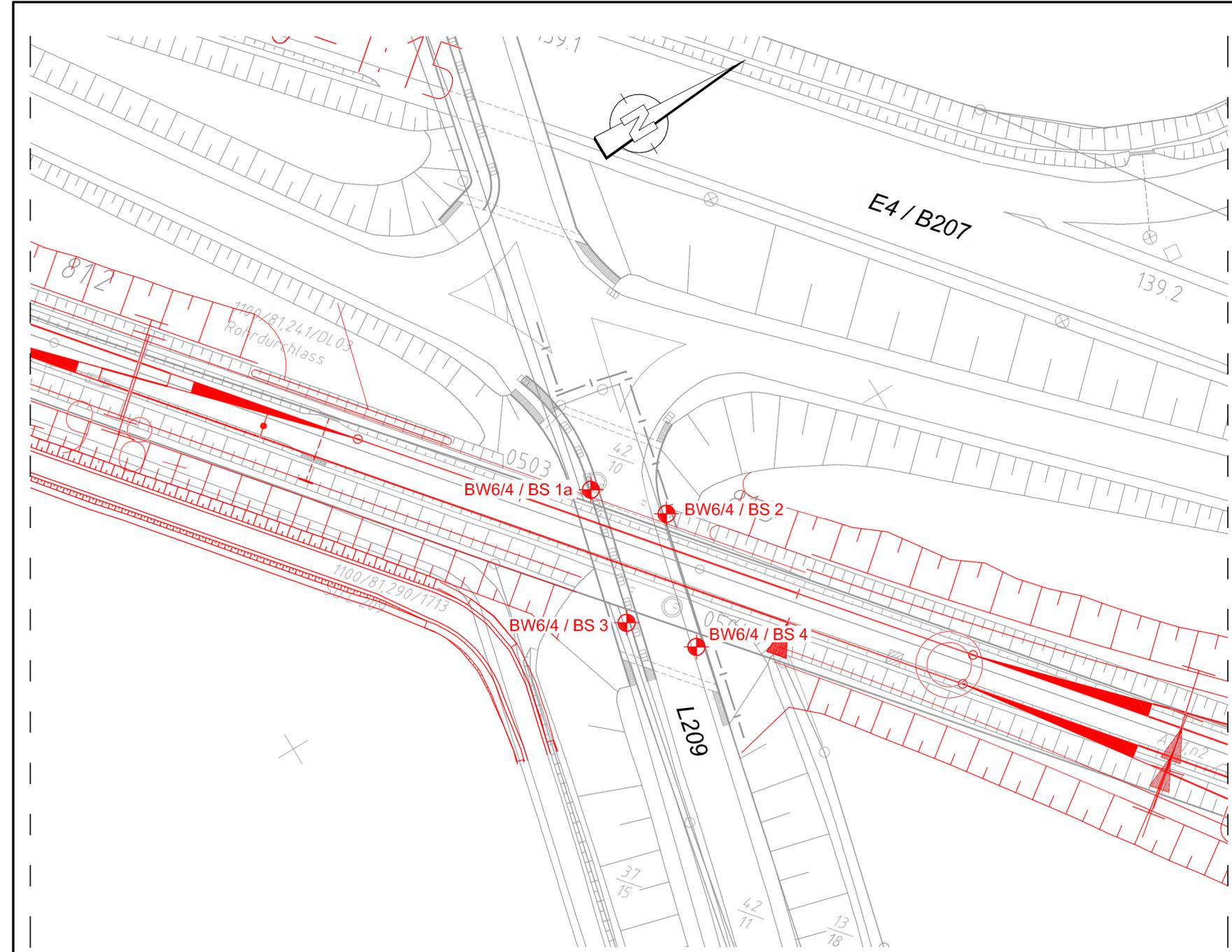
Datenquelle: DTK5, © LVermA S-H 2009

Index: Änderungen bzw. Ergänzungen	Name:	Datum:
Prüfvermerke		
die Übereinstimmung der Zeichnung mit der Ausführung bestätigt:		Freigabe zur bautechnischen Prüfung
für den Auftragnehmer: Ort, Datum, Unterschrift		Ort, Datum, Unterschrift
für die DB ProjektBau: Ort, Datum, Unterschrift		Prüfingenieur
Interoperabilität geprüft (benannte Stelle), Name		
Datum	geprüft / genehmigt	
Datum	geprüft / genehmigt	
Datum	geprüft / genehmigt	
Eisenbahn-Bundesamt		gleichgestellt mit Prüfexemplaren
Datum		geprüft / genehmigt
Freigabe der Ausführungsunterlagen		
<input type="checkbox"/> mit Regelungen durch den BVB		
Freigabe-Nr.: IBT-x-BInn-MM /		
Ort, Datum, Unterschrift (BVB)		
Genehmigung zur Bauausführung		
Ort, Datum, Unterschrift		



Planverfasser - Baugrund: GEO-UND UMWELTECHNIK INGENIEURGESELLSCHAFT MBH Dipl.-Ing. Peter Bahnsen Dr.-Ing. Franjo Böckmann BERATENDE INGENIEURE LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL 040 / 229 489-0 FAX 040 / 229 488 40	Planverfasser: DB ProjektBau GmbH Regionalbereich Nord Planung Bautechnik I.TP-N-P (2) Joachimstr. 8 30159 Hannover Ort, Datum, Unterschrift	Blatt: Ü-Karte BW6-4 Auftrag-Nr.: G.016124.900 <table border="1"> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>gez. 26.01.2016</td> <td>Smolka</td> </tr> <tr> <td>bearb. 26.01.2016</td> <td>M. Hoffmann</td> </tr> <tr> <td>gepr. -</td> <td>-</td> </tr> </table>	Datum	Name	gez. 26.01.2016	Smolka	bearb. 26.01.2016	M. Hoffmann	gepr. -	-
Datum	Name									
gez. 26.01.2016	Smolka									
bearb. 26.01.2016	M. Hoffmann									
gepr. -	-									
Bauherr: DB Netz AG Regionalbereich Nord Produktionsdurchführung Kiel I.NP-N-D-KIE Hamburger Chaussee 10 24114 Kiel	Projektleitung: DB Netz AG Regionalbereich Nord Großprojekte ING-N-F Hammerbrookstr. 44 20097 Hamburg Ort, Datum, Unterschrift	Plan-Nr.: L02GG01.dwg Planart: Vorplanung Planzeichen: Blattgr.: 750 x 297 Einwirkungen (Lastmodelle): - Höhen- und Koordinatensystem: -								

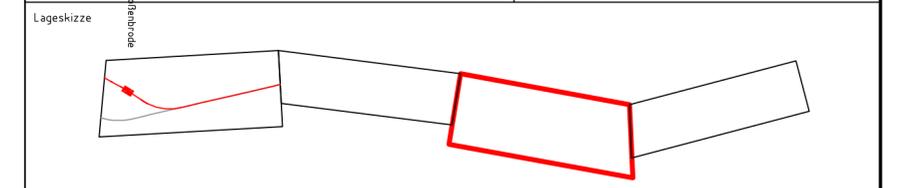
Übersichtskarte			
RV-Trasse, Bauwerke			
PFA 6 / Bauwerk 4 - SÜ "L209"			
Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung			
Strecke: Lübeck Hbf - Puttgarden			
Bauwerksnummer		Brückennr.	
Strecke	Kilometer	Kennzahl	
1100	x	x	
			Barcode



- LEGENDE :**
- Baugrundaufschlüsse:**
- Sondierbohrung (BS)
 - Schwere Rammsondierung (DPH)
 - Bohrung (B)
 - Drucksondierung (DS)
 - Grundwassermessstelle (GWM)

- Legende:**
- Bestand
 - Nachvermessung/Ergänzung Bestand
 - Planung
 - Rückbau
 - Planung Dritter
 - Bahnhof (Bf)/ Haltepunkt (Hp)
 - Betriebsbahnhof (Bbf) (kein Reisendenverkehr)
 - Lärmschutzwand

Index: Änderungen bzw. Ergänzungen	Name:	Datum:
Prüfvermerke		
die Übereinstimmung der Zeichnung mit der Ausführung bestätigt: für den Auftragnehmer: Ort, Datum, Unterschrift	Freigabe zur bautechnischen Prüfung Ort, Datum, Unterschrift	
für die DB ProjektBau: Ort, Datum, Unterschrift	Prüfingenieur	
Interoperabilität geprüft (benannte Stelle), Name		
Datum: geprüft / genehmigt		
Datum: geprüft / genehmigt		
Datum: geprüft / genehmigt		
Eisenbahn-Bundesamt	gleichgestellt mit Prüfexemplaren	geprüft / genehmigt
Datum		
Freigabe der Ausführungsunterlagen <input type="checkbox"/> mit Regelungen durch den BVB		
Freigabe-Nr.: IBT-x-BInn-MM /		
Ort, Datum, Unterschrift (BVB)		
Genehmigung zur Bauausführung		
Ort, Datum, Unterschrift		



Planverfasser - Baugrund: GEO-UND UMWELTTECHNIK INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH Dipl.-Ing. Peter Bahnsen Dr.-Ing. Franjo Böckmann BERATENDE INGENIEURE LÖBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468-0 FAX 040 / 229 468 40	Planverfasser: DB ProjektBau GmbH Regionalbereich Nord Planung Bautechnik I.TP-N-P (2) Joachimstr. 8 30159 Hannover	Blatt: BW 6-4 Auftrag-Nr.: G.016124.900 <table border="1"> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>gez. 26.01.2016</td> <td>Smolka</td> </tr> <tr> <td>bearb. 26.01.2016</td> <td>M. Hoffmann</td> </tr> <tr> <td>gepr. -</td> <td>-</td> </tr> </table>	Datum	Name	gez. 26.01.2016	Smolka	bearb. 26.01.2016	M. Hoffmann	gepr. -	-
Datum	Name									
gez. 26.01.2016	Smolka									
bearb. 26.01.2016	M. Hoffmann									
gepr. -	-									
Hamburg, den Datum, Unterschrift Bauherr: DB Netz AG Regionalbereich Nord Produktionsdurchführung Kiel I.NP-N-D-KIE Hamburger Chaussee 10 24114 Kiel	Projektierung: DB Netz AG Regionalbereich Nord Großprojekte I.NG-N-F Hammerbrookstr. 44 20097 Hamburg	Plan-Nr.: L05GG02.dwg Planart: Vorplanung Planzeichen: Blattgr.: 700 x 297 Einwirkungen (Lastmodelle): - Höhen- und Koordinatensystem: -								

Maßstab: 1:500

**Lageplan, RV-Trasse, Bauwerke
Lage der Untergrundaufschlüsse
PFA 6 / Bauwerk 4 - SÜ "L209"**

Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung

Strecke: Lübeck Hbf - Puttgarden

Strecke	Bauwerksnummer	Brückennr.
1100	x	x

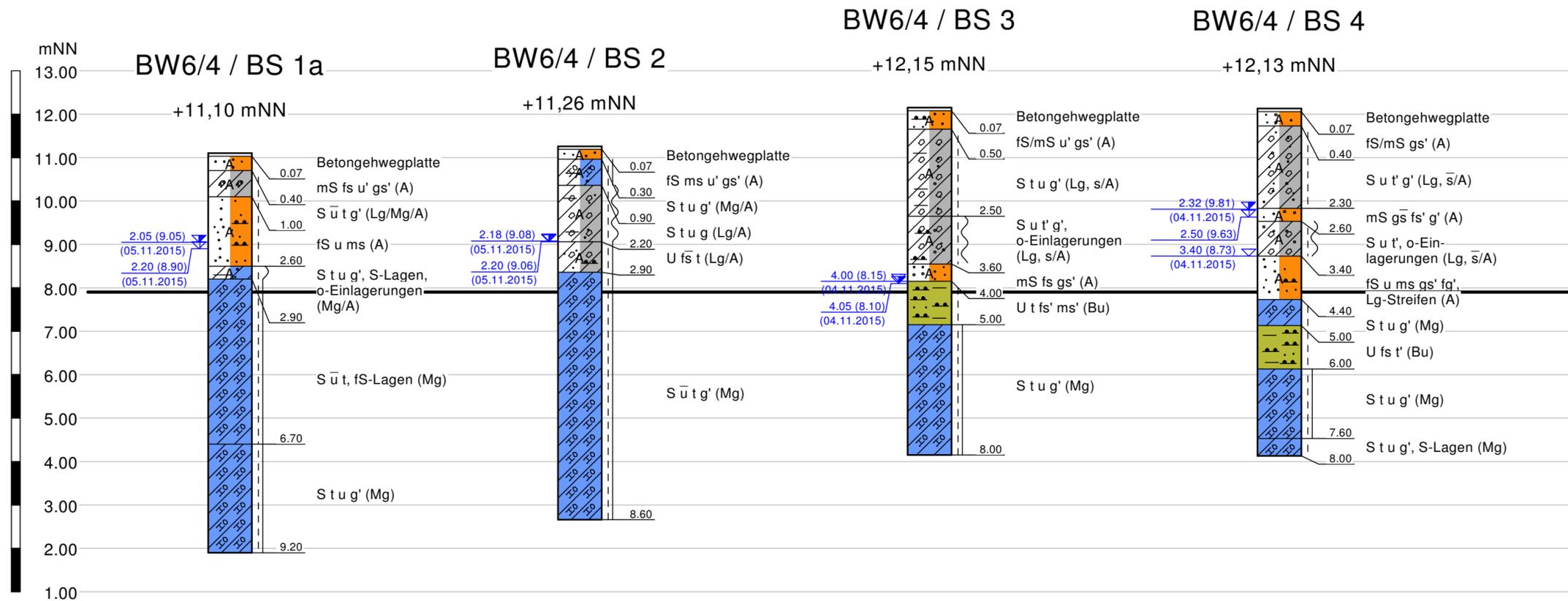
Barcode

Stützen West

Stützen Ost

Legende

	steif - halbfest		T (Ton)		S (Sand)
	steif		U (Schluff)		G (Kies)
	weich - steif		Bu (Beckenschluff)		A (Auffüllung)
			fS (Feinsand)		Lg (Geschiebelehm)
			mS (Mittelsand)		Mg (Geschiebemergel)
			gS (Grobsand)		o (org. Beimengung)



— Gründungsebene Mittelstützen = +7,90 mNN

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.
 Anteil der Beimengung : ' = schwach , ' = stark
 Beispiel : U, s, t' = schwach toniger, stark sandiger Schluff
 ■ 5,2 Sonderprobe aus 5,2 m Tiefe unter Gelände
 ▽ 6,00 (1.21) Grundwasser am 01.01.2014 in 6,00 m (1.21 mNN) Tiefe unter Gelände angebohrt
 ▽ 7,00 (0.21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung (01.01.2014)
 ▽ 6,50 (0.71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch (01.01.2014)

Zusatz : r. = Reste, st. = Stücke, str. = Streifen,
 wssf. = wasserführend, wssh. = wasserhaltig,
 kalkh. = kalkhaltig, zers. = zersetzt

Planverfasser: GEO- UND UMWELTTECHNIK INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH Dipl.-Ing. Peter Bahnsen Dr.-Ing. Franjo Böckmann BERATENDE INGENIEURE BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40	Projekt Nr.:	2015/120
	Anlagen Nr.:	3
	Zeichnungs-Nr.:	U01GG03.BOP

Bauvorhaben:

Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung

PFA 6 / BAUWERK 4 - SÜ "L209"
 ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE

Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:	Maßstab:
26.01.2016	59,0 x 29,7	So	Ho	d. H. 1 : 100

ZUSAMMENSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE



Entnahmestelle		BS 4/7	BS 4/8	BS 4/10				
Bodenart		fS, u, ms, gs', fg'	U, s+, t, g'					
Bodenbezeichnung		S (A)	Mg	Mg				
Entnahmetiefe unter Gelände	m	3,4 - 4,4	4,4 - 5,0	6,0 - 7,6				
Entnahmeart		gestört	gestört	gestört				
Wassergehalt [w]	%		13,9	13,5				
Fließgrenze [w _L]	%							
Ausrollgrenze [w _P]	%							
Plastizitätszahl [I _P]	%							
Konsistenzzahl [I _C]								
Feuchtwichte [γ]	kN/m ³							
Trockenwichte [γ _d]	kN/m ³							
Kornwichte [γ _s]	kN/m ³							
Porenanteil [n]	%							
Durchlässigkeit [k _f]	m/s							
Kornverteilung	s. Anlage	5.1	5.3					
Rohtongehalt	%							
Glühverlust [V _{gl}]	%							
Kalkgehalt [V _{Ca}]	%							
Scherfestigkeit	s. Anlage							
Zylinderdruckfestigkeit	s. Anlage							
Steifemodul	s. Anlage							



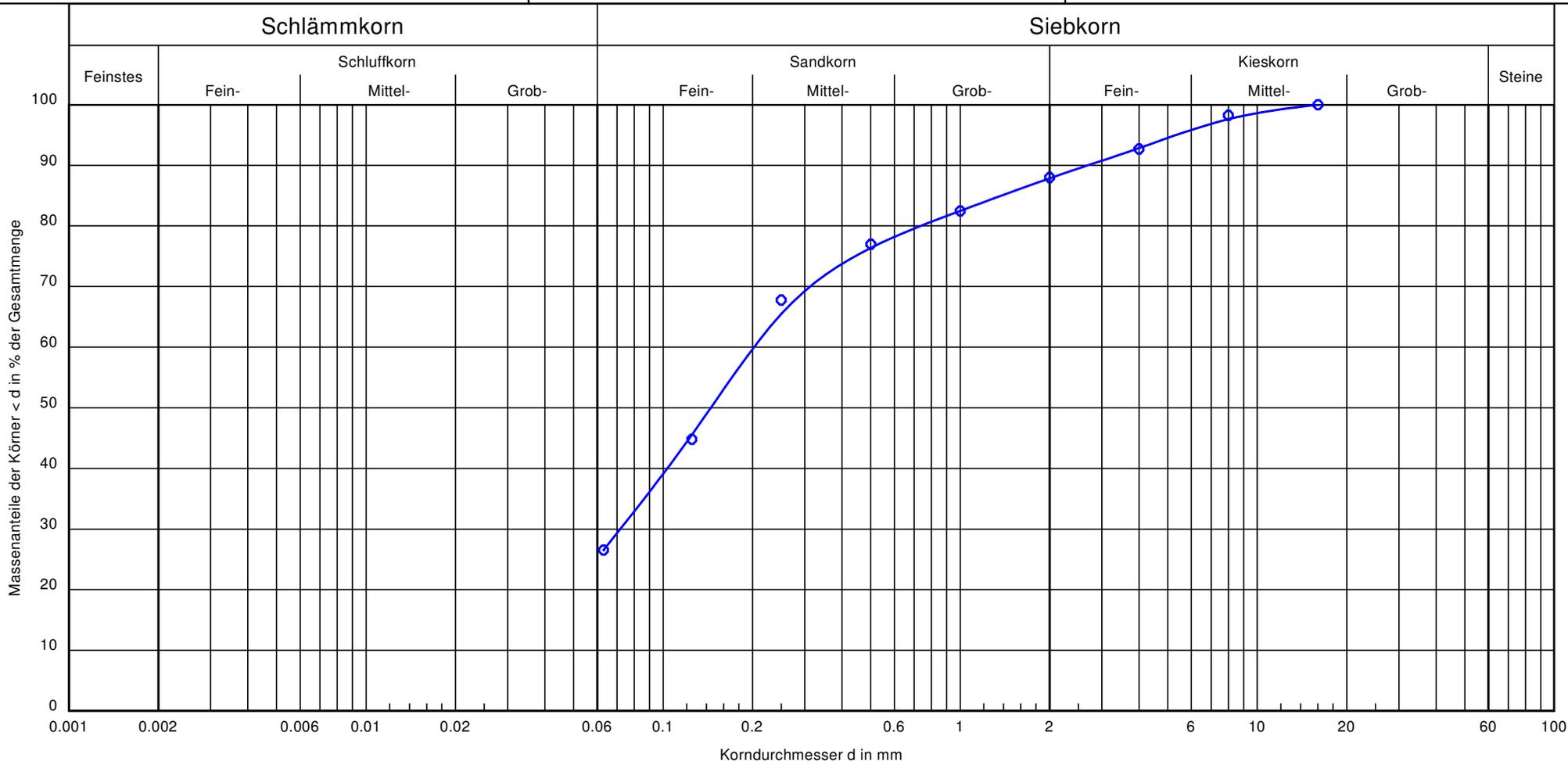
GEO-UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH
Dipl.-Ing. Peter Bahnen
Dr.-Ing. Franjo Böckmann
BERATENDE INGENIEURE

Körnungslinie

FBQ; PFA 6/ Bauwerk 4
SÜ L209

Prüfungsnummer: BS 4/7
Probe entnommen am: 04.11.2015
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Nasssiebung

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40
Bearbeiter: Köh/Gr Datum: 24.11.2015



Signatur	
Bodenart:	fS, u, ms, gs', fg' (A)
Tiefe:	3,4 - 4,4 m
U/Cc:	-/-
Entnahmestelle:	BS 4/7

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 2015/120
Anlage: 5.1



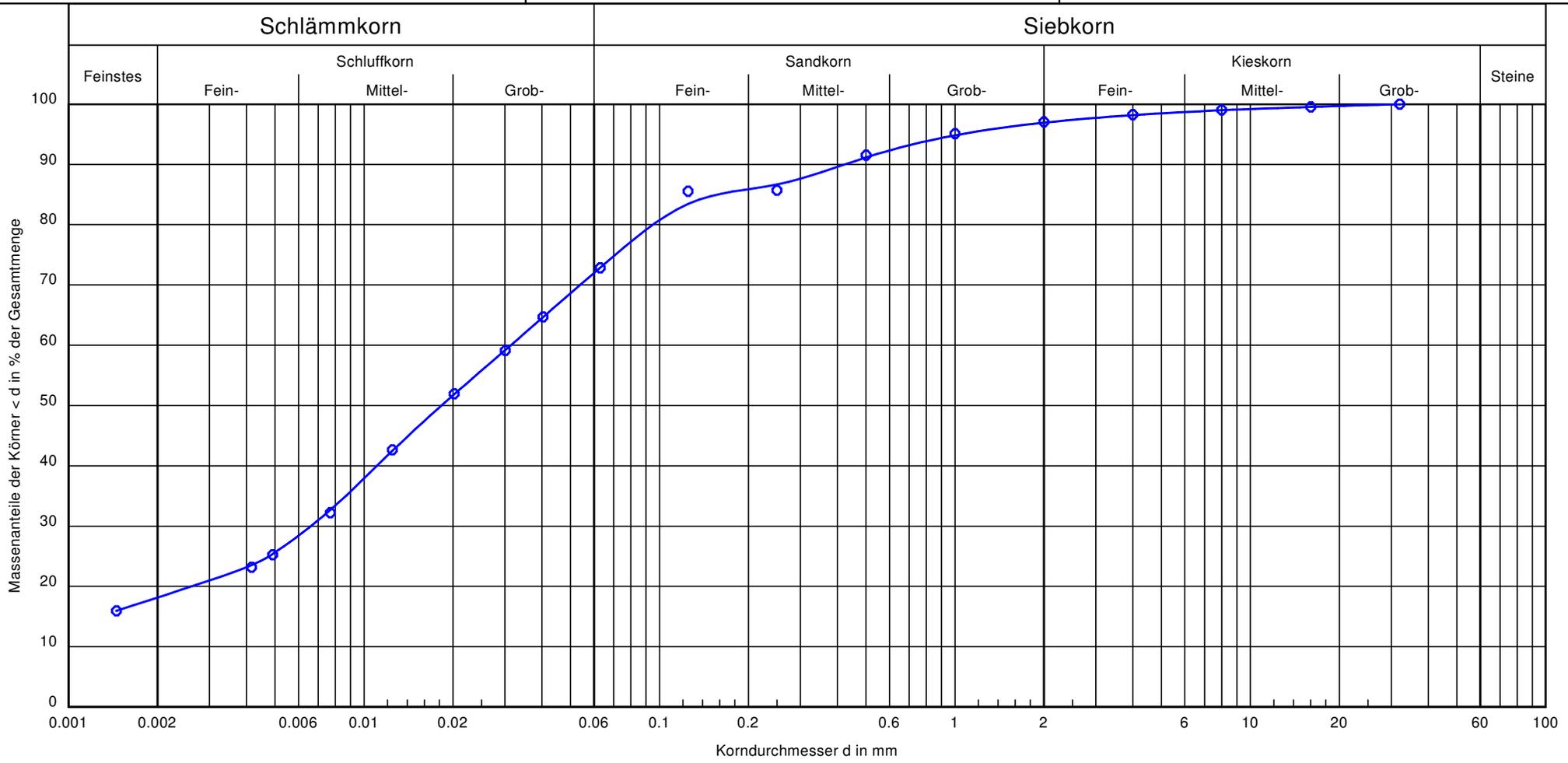
GEO-UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH
Dipl.-Ing. Peter Bahnsen
Dr.-Ing. Franjo Böckmann
BERATENDE INGENIEURE

Körnungslinie

FBQ; PFA 6/ Bauwerk 4
SÜ L209

Prüfungsnummer: BS 3/7
Probe entnommen am: 04.11.2015
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Kombinierte Analyse

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40
Bearbeiter: Köh/Gr Datum: 24.11.2015



Signatur	
Bodenart:	U, t, fs', ms' (Bu)
Tiefe:	4,0 - 5,0 m
U/Cc:	-/-
Entnahmestelle:	BS 3/7

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 2015/120
Anlage: 5.2



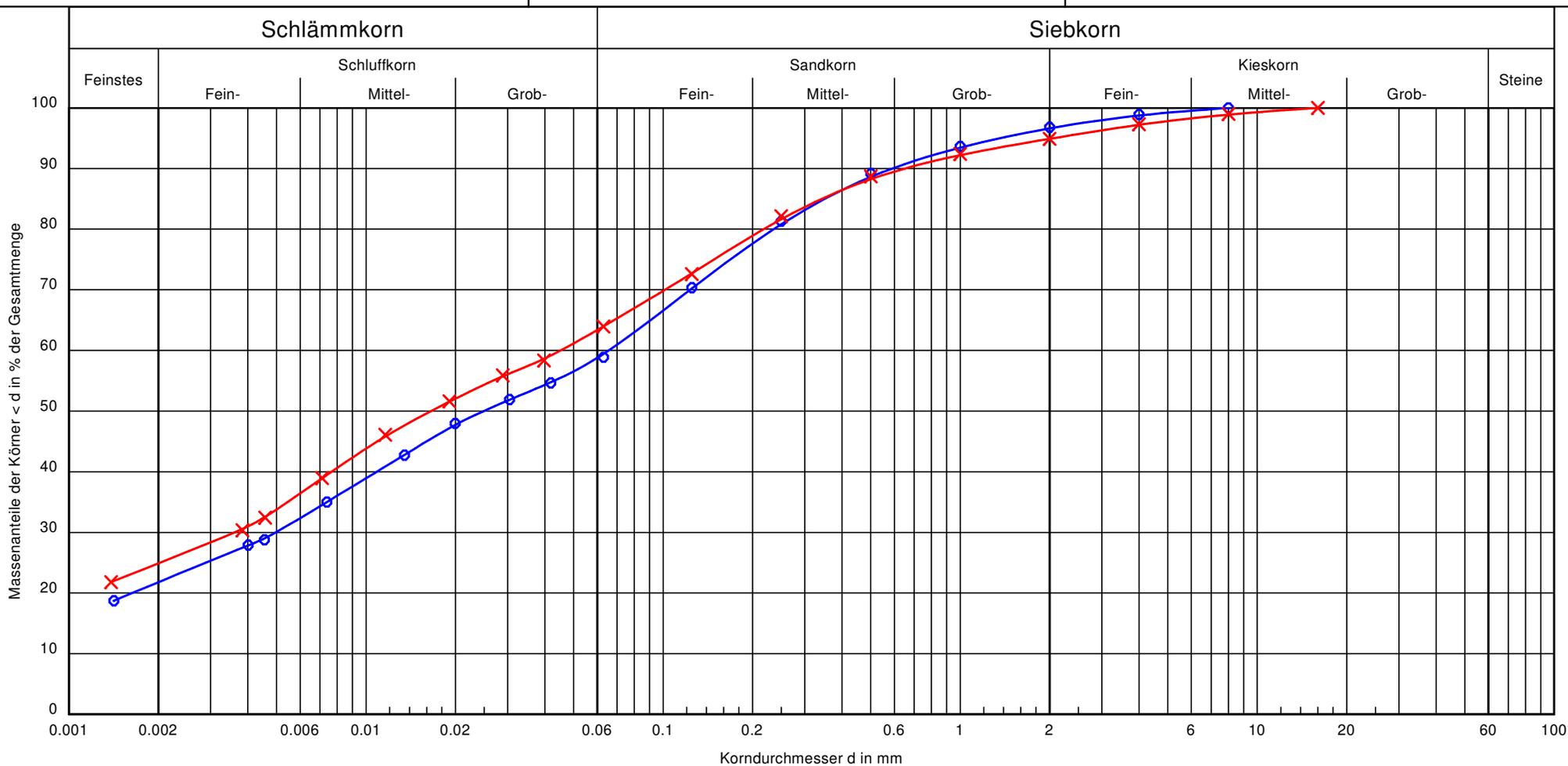
GEO-UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH
Dipl.-Ing. Peter Bahnsen
Dr.-Ing. Franjo Böckmann
BERATENDE INGENIEURE

Körnungslinie

FBQ; PFA 6/ Bauwerk 4
SÜ L209

Prüfungsnummer: BS 1a/6, BS 4/8
Probe entnommen am: 04./05.11.2015
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Kombinierte Analyse

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 - 0 FAX 040 / 229 468 40
Bearbeiter: Köh/Gr Datum: 24.11.2015



Signatur		
Bodenart:	S, ü, t (Mg)	U, s, t, g' (Mg)
Tiefe:	2,9 - 4,0 m	4,4 - 5,0 m
U/Cc:	-/-	-/-
Entnahmestelle:	BS 1a/6	BS 4/8

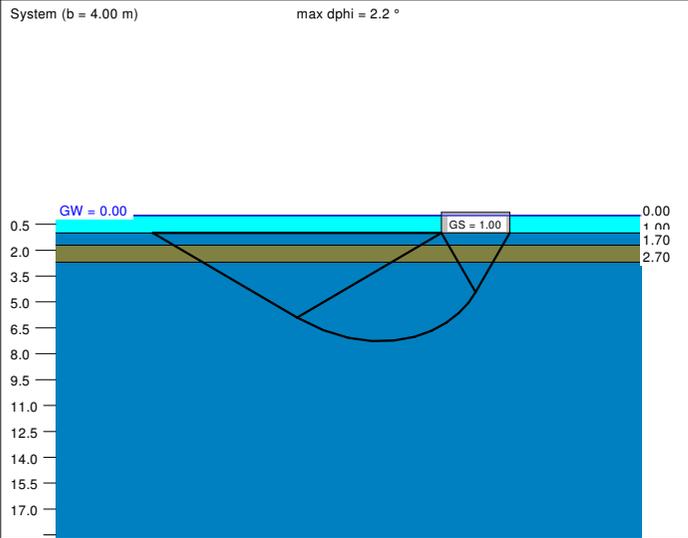
Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 2015/1/20
Anlage: 5.3

2015/120; FBQ - PFA 6 BW 4

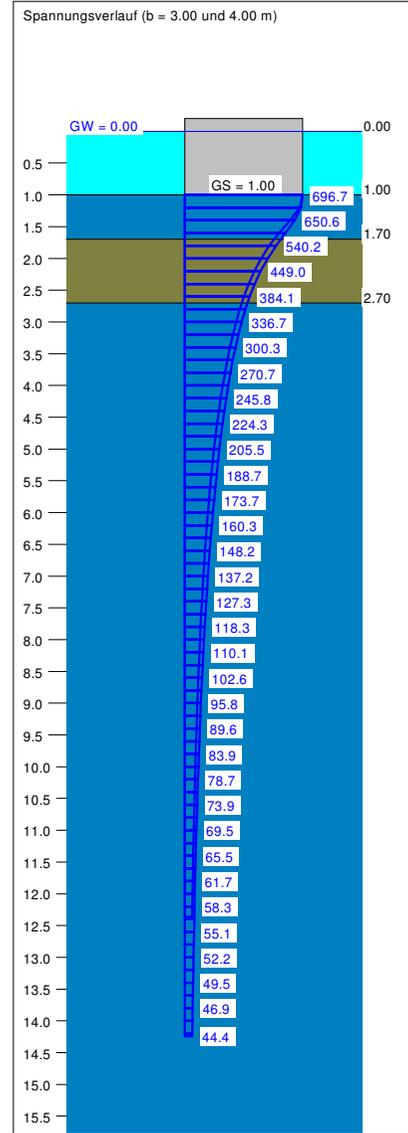
Grundbruchberechnung Mittelstützen

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	21.0	11.0	25.0	5.0	10.0	0.00	Lg/Mg (A)
	21.0	11.0	30.0	10.0	40.0	0.00	Mg
	18.0	10.0	27.5	10.0	20.0	0.00	Schluff
	21.0	11.0	30.0	10.0	40.0	0.00	Mg



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	R _{0,d} [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
7.00	3.00	611.1	1833.2	428.8	3.83	29.6	10.00	10.72	11.00	12.36	5.69
7.00	3.50	655.0	2292.4	459.6	4.47	29.7	10.00	10.76	11.00	13.34	6.48
7.00	4.00	696.7	2786.8	488.9	5.10	29.7	10.00	10.78	11.00	14.24	7.26

$\sigma_{E,k} = \sigma_{0,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{0,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 7.00 m)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 Gründungssohle = 1.00 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefen mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Sohldruck
 — Setzungen

