



**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 – 19. Februar 2016

**SCHIENENANBINDUNG DER  
FESTEN FEHMARNBELTQUERUNG (FBQ)  
RV-TRASSE  
HIER:  
PFA 6 BAUWERK 3  
SÜ „L217“, 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
2.3 Regelwerke .....	3
3. BESTANDSBAUWERK UND BAUGELÄNDE .....	3
4. UNTERSUCHUNGEN .....	4
5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE .....	4
6. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE .....	5
6.1 Baugrundkennwerte für erdstatische Berechnungen .....	5
7. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE .....	6
7.1 Grundwasserstände .....	6
7.2 Bemessungswasserstand .....	7
7.3 Grundwasserqualität .....	7
8. GEOTECHNISCHE EINORDNUNGEN .....	7
8.1 Geotechnische Kategorie .....	7
8.2 Erdbebenzone .....	7
9. GRÜNDUNG .....	7
9.1 Bemessungswerte des Grundbruchwiderstandes (Bodenpressung) .....	8
9.2 Setzungen .....	9
10. BAUGRUBE .....	9
10.1 Baugrubensicherung .....	9
10.2 Wasserhaltung .....	9
10.3 Wiederverwertung von Aushubmaterial .....	10
11. SCHADSTOFFUNTERSUCHUNG .....	10



12.	ERGÄNZENDE HINWEISE .....	10
13.	ZUSAMMENFASSUNG .....	11
	ANLAGENVERZEICHNIS .....	13



## 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 3 im Planfeststellungsabschnitt 6, nachfolgend PFA 6 / BW 3 genannt. Hierbei handelt es sich um die Straßenüberführung „L 217“ (SÜ „L217“) 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 176,725 SÜ „L 217“, 03.2015
- [U2] BBI, Schienenhinterlandanbindung der Festen Beltquerung Hier: Gleiserweiterung auf der Insel Fehmarn, Geotechnisches Gutachten, Revision 1, Stand März 2014



[U3] LBV – SH Niederlassung Lübeck, Bauwerksbuch L217, km 0,153/DB, Version 1.73.1

## 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 Be-

...



messung 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, Erdbebenwirkungen 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

### 2.3 Regelwerke

- EAB, 5. Auflage Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), 2012

## 3. BESTANDSBAUWERK UND BAUGELÄNDE

Auf der Insel Fehmarn, westlich von Blieschendorf, wird die vorhandene Bahntrasse von der Landesstraße L 217 überquert, vgl. Übersichtskarte auf der Anlage 1. Bei dem Bestandsbauwerk **PFA 6 BW 3 „SÜ L217“** handelt es sich um eine 3-Feld-Brücke mit einer Länge von ca. 39 m. Im Zuge der Verbreiterung der Bestandsstrecke von 1-gleisig auf 2-gleisig ist eine Anpassung des Bauwerks vorgesehen. 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. Auf Straßenniveau ist zudem am Überbau ein Berührungsschutz vorgesehen.

Das Bauwerk befindet sich bei Bau-km 176,7+25. Die Straßenoberkante liegt auf einem Niveau von etwa + 17,3 m NN. Die geplante Schienenoberkante der sich im Einschnitt befindlichen Bahntrasse liegt auf etwa + 10,65 m NN. Die Unterkante der bestehenden Widerlager liegt auf beiden Seiten auf ca. + 9,90 m NN. Die beiden Stützenreihen sind nach vorliegenden Bestandsunterlagen [U1] in einer Tiefe von + 8,0 m NN gegründet.

#### 4. UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Bereich der vorhandenen Stützen im November 2015 vier Sondierbohrungen, BW 6/3/ BS 1 bis BW 6/3 / BS 4, ausgeführt. Die Sondierbohrungen wurden bis in Tiefen zwischen 5,7 m und 7,2 m abgeteuft. Die Aufschlüsse wurden in vorgenannten Tiefen auf Grund der hohen Konsistenz des anstehenden Bodens abgebrochen, da kein Bohrfortschritt mehr möglich war.

Die Ausführung der Aufschlüsse erfolgte durch die Fa. Ivers Brunnenbau GmbH, Osterrönnfeld, 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 Projekt-Ingenieur angesprochen. Außerdem wurden die Böden geologisch eingestuft.

#### 5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

Oberflächennah wurden unterhalb der mehrheitlich anstehenden Flächenversiegelung in Form von Betongehwegplatten **aufgefüllte Böden** bis in Tiefen zwischen 0,6 m (BW 6/4 / BS 2) und 2,5 m (BW 6/4 / BS 4) angetroffen.



Bei den aufgefüllten Böden handelt es sich zum einen um grobsandige **Fein- und Mittelsande** sowie zum anderen in den Aufschlüssen BW 6/4 / BS 1 und BW 6/3 / BS 3 um **Geschiebemergel**. Die Konsistenz des aufgefüllten Geschiebemergels wurde als weich bis steif bzw. als steif beurteilt. Vereinzelt wurden in den aufgefüllten sandigen Böden organische Einlagerungen erkundet.

Unter den aufgefüllten Böden wurde in allen Aufschlüssen **Geschiebemergel** erkundet. Die Konsistenz des Geschiebemergels wurde vorwiegend als **halbfest-fest**, vereinzelt auch als **steif** beurteilt. Die Unterkante des Geschiebemergels wurde mit den erreichten Endteufen zwischen 5,7 m und 7,2 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 die Kornverteilungen mittels kombinierten Sieb- und Schlämmanalysen bestimmt. Weiterhin wurden Wassergehalte des gewachsenen Geschiebemergels ermittelt.

Die Ausführung der Laborversuche erfolgte im bodenmechanischen Labor von BBI. Im Einzelnen können die Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche aus den Anlage 4 entnommen werden.

Der **Geschiebemergel** ist kornanalytisch als ein stark sandiger Schluff mit tonigen und schwach kiesigen Anteilen anzusprechen, vgl. Anlage 5. Der Schlämmerkornanteil liegt bei 62 Massen-%. Die ermittelten Wassergehalte des mindestens halbfesten Geschiebemergels liegen zwischen 11,0 % und 12,3 %. Der steife Geschiebemergel weist einen Wassergehalt von 16,4 % auf.

### 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) nachfolgende 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 betroffenen 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	Wichte	Scherfestigkeit		undränierte Scherfestigkeit	Durchlässigkeit	Steifezahl
	$\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_k$ [°]	$c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$k_f$ [m/s]	$E_{sk}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
sandige Auffüllung (A [SE,SU])	19/11	30	0	-	1 x 10 <sup>-5</sup> - 5 x 10 <sup>-4</sup>	-
Geschiebeboden- Auffüllung (A [SU*, ST*, UL, UM, TL, TM])	21/11	25	5	40	1 x 10 <sup>-8</sup> - 5 x 10 <sup>-7</sup>	-
Geschiebemergel, steif (SU*, ST*, UL, UM, TL, TM)	21/11	30	10	120	1 x 10 <sup>-8</sup> - 5 x 10 <sup>-7</sup>	30 – 50
Geschiebemergel, mindestens halbfest (SU*, ST*, UL, UM, TL, TM)	22/12	32,5	10	150 - 200	1 x 10 <sup>-8</sup> - 5 x 10 <sup>-7</sup>	50-70

## 7. GRUNDWASSERVERHALTNISS

### 7.1 Grundwasserstände

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

In den Sondierbohrungen wurde in Tiefen zwischen 0,9 m (BW 6/3 / BS 3) und 2,4 m (BW 6/3 / BS 2) unter Gelände Grundwasser angebohrt. Bei dem angetroffenen Wasser handelt es sich um Stau- bzw. Schichtenwasser.

Die nach Beendigung der Sondierarbeiten geloteten Wasserstände schwanken zwischen 1,82 m (BW 6/3 / BS 1) und 2,65 m (BW 6/3 / BS 2) unter Ansatzpunkt. Damit liegen die Endwasserstande zwischen + 8,40 m NN (BW 6/3 / BS 2) und + 9,37 m NN (BW 6/3 / BS 1).

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 + 9,5 m NN reduziert werden.

## **7.3 Grundwasserqualität**

Das im Zuge der Aufschlussarbeiten angetroffene Grundwasser war für die Entnahme einer Wasserprobe nicht ausreichend ergiebig.

# **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 der geplanten RV-Trasse zu keiner Erdbebenzone und zu keiner diesbezüglichen geologischen Untergrundklasse.

# **9. GRÜNDUNG**

Gemäß den vorliegenden Unterlagen [U1] liegt die Gründungsebene der Stützen auf + 8,00 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 ist zur Lastabtragung aus geotechnischer Sicht gut geeignet. Die Stützen sind den Unterlagen zufolge flach gegründet. Gemäß den vorliegenden Unterlagen ist keine Ertüchtigung der Gründungselemente vorgesehen. Die Stützen erhalten lediglich im unteren Bereich ein Stahlbetonkorsett als Anprallschutz, welches bis auf Gründungsebene herunter geführt wird. Die Abmessungen betragen in der Grundfläche ca. 2,9 m x 11,0 m. Die Höhe des Stahlbetonkorsetts reicht von der Gründungsebene (+ 8,0 m NN) bis auf + 11,2 m NN.

Zur Herstellung des Fundamentkorsetts sollte in dessen Gründungsebene ein Flächenfilter (Bauhilfsdränage, Dicke ca. 25 cm) eingebaut werden, vgl. hierzu auch Abschnitt 12.



## 9.1 Bemessungswerte des Grundbruchwiderstandes (Bodenpressung)

Für eine Nachberechnung bzw. Überprüfung der Stützenfundamente können die nachfolgenden Bemessungswerte zugrunde gelegt werden. Inwieweit für die Nachweise die vorhandenen Fundamentabmessungen oder die größere Aufstandsfläche durch das ergänzende Stahlbetonkorsett in Ansatz zu bringen ist, ist maßgeblich von der konstruktiven Ausbildung abhängig inwieweit dadurch ein monolithischer Verbund erzielt wird. Nachfolgend werden die Spannungen für die Fundamentabmessungen der Bestandsfundamente angegeben.

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 gemäß [U3] bei Abmessungen von 4,0 m x 7,0 m ein Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,d}$  (einschließlich Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_E$ ) von etwa 996 kN/m<sup>2</sup>. Zur Reduzierung der Setzungen sollte der Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,d}$  auf 500 kN/m<sup>2</sup> 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  $\gamma_G$  und  $\gamma_Q$  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

Zur Abschätzung der zu erwartenden Setzungen wurden mit den angegebenen Lasten überschlägige Setzungsberechnungen in Anlehnung an die DIN 4019 durchgeführt.

Danach sind Setzungen bei einem Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung  $\sigma_{E,d}$  von 500 kN/m<sup>2</sup> von etwa 2 cm zu erwarten. 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.

## 10. BAUGRUBE

### 10.1 Baugrubensicherung

Bei der erforderlichen Aushubtiefe von bis zu etwa 3,5 m ist die Ausführung einer geböschten Baugrube nicht oder nur eingeschränkt möglich. Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse (Bahntrasse, Widerlager) ist die Sicherung der Baugrube durch eine vertikale Verbauwand erforderlich. Im vorliegenden Fall bietet sich als Baugrubensicherung die Errichtung eines Bohlträgerverbaus (Berliner Verbau) an. Bei Ausführung des Bohlträgerverbaus sind die Träger in vorgebohrte Löcher abzustellen. Sofern dies auf Grund der beschränkten Höhe (Überbau) gerätetechnisch nicht gegeben ist, können z. B. auch kurze Spundwandprofile eingebracht werden. Hierbei ist bei den Untergrundverhältnissen von Einbauhilfen (z. B. Lockerungsbohrungen) auszugehen. Die Ausführung hat nach statischen Erfordernissen zu erfolgen.

Für die Herstellung der Baugrube sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) sowie die DIN 4124 zu beachten.

### 10.2 Wasserhaltung

Die Aushubebenen liegen unterhalb des Bemessungswasserstandes für den Bauzustand von + 9,5 m NN. Für die Fassung und Ableitung von Schichtenwasser sowie anfallendem Niederschlagswasser wird eine **offene Tagwasserhaltung** mittels Flächendränage und Pumpensumpf empfohlen.



### **10.3 Wiederverwertung von Aushubmaterial**

Nach dem derzeitigen Planungsstand fallen im Baubereich nur geringe Aushubmassen an, die sich auf die folgenden Hauptbodenarten verteilen:

- Sandige Auffüllung
- gemischtkörnige Böden (Geschiebemergel)

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.

## **11. SCHADSTOFFUNTERSUCHUNG**

Zur Überprüfung einer möglichen Schadstoffbelastung des Untergrundes 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.

## **12. 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.

Grundsätzlich sind im gesamten Baubereich pflanzliche Bestandteile und größere Steine zu entfernen. Beim Bodenaushub sind die verschiedenen Bodenarten ihrer Wiederverwertung entsprechend getrennt zu gewinnen.

Die bindigen Aushubplanien weisen eine hohe Empfindlichkeit für Witterungseinflüsse (Frost) und mechanische Beanspruchungen (knetende Beanspruchung und freies Wasser) auf. Daher sollten bindige Aushubplanien weder direkt von Baufahrzeugen befahren noch länger offen stehen bleiben.

Auf dem in Gründungsebene verbleibenden Geschiebeboden ist daher, sofern er nicht unmittelbar mit Magerbeton o.ä. geschützt wird, ein Flächenfilter (Bauhilfsdränage,



Dicke ca. 25 cm, mit Dränagesträngen), abschnittsweise nach dem Freilegen der Aushubsohle einzubauen. Sollten Aushubplanien von bindigen Böden durch Frosteinwirkungen und/oder mechanische Beanspruchungen aus Baubetrieb aufgeweicht werden, so sind diese Böden auszuheben und zu ersetzen. Grundsätzlich sollte bei bindigen Böden der Aushub der letzten 20 cm nur mit einer Glattschaufel erfolgen.

Die Baugrubensohlen sind durch den Geotechnischen Sachverständigen abzunehmen.

Die durchgeführten Baugrundaufschlüsse stellen naturgemäß nur punktuelle Erkundungen des Untergrundes dar. Sofern im Zuge der weiteren Bautätigkeit davon abweichende Untergrundverhältnisse angetroffen werden, so ist der Geotechnische Sachverständige zu informieren.

Bei Herstellung eines vertikalen Baugrubenverbau sind Hindernisse, insbesondere in Form von Steinen und Findlingen nicht auszuschließen.

### **13. ZUSAMMENFASSUNG**

Im Rahmen der geplanten RV-Trasse der Festen Fehmarnbeltquerung ist die Errichtung des Brückenbauwerkes PFA 6 / BW 3 "(SÜ „L 217“) geplant. 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 Blieschendorf, wird die vorhandene Bahntrasse von der Landesstraße L 217 überquert. Im Zuge der Verbreiterung der Bestandsstrecke von 1-gleisig auf 2-gleisig ist eine Anpassung des Bauwerks vorgesehen. Es erfolgt eine Erweiterung der vorhandenen Stützenfundamente.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich der Stützenfundamente wurden 4 Sondierbohrungen abgeteuft.

Im Bereich der vorhandenen Brücke steht unter einer sandigen Auffüllung bzw. aufgefülltem Geschiebemergel gewachsener, überwiegend halbfester Geschiebemergel an.

Grundwasser wurde nur in Form von gering ergiebigen Stau- bzw. Schichtenwasser angetroffen.

Die Gründungsebenen der Stützen liegen innerhalb des überwiegend halbfesten Geschiebemergels. Der anstehende Boden ist auf Grund seiner bodenmechanischen Eigenschaften zur Abtragung der Bauwerkslasten geeignet. Die Bemessungswerte des Grundbruchwiderstandes für die Bestandsfundamente sind in Abschnitt 9.1 angegeben.



In Abschnitt 10 werden Empfehlungen zur Ausbildung der Baugrube gegeben. Eine offene Wasserhaltung ist ausreichend.

Abschnitt 12 enthält ergänzende Hinweise.

### BBI Geo- und Umwelttechnik



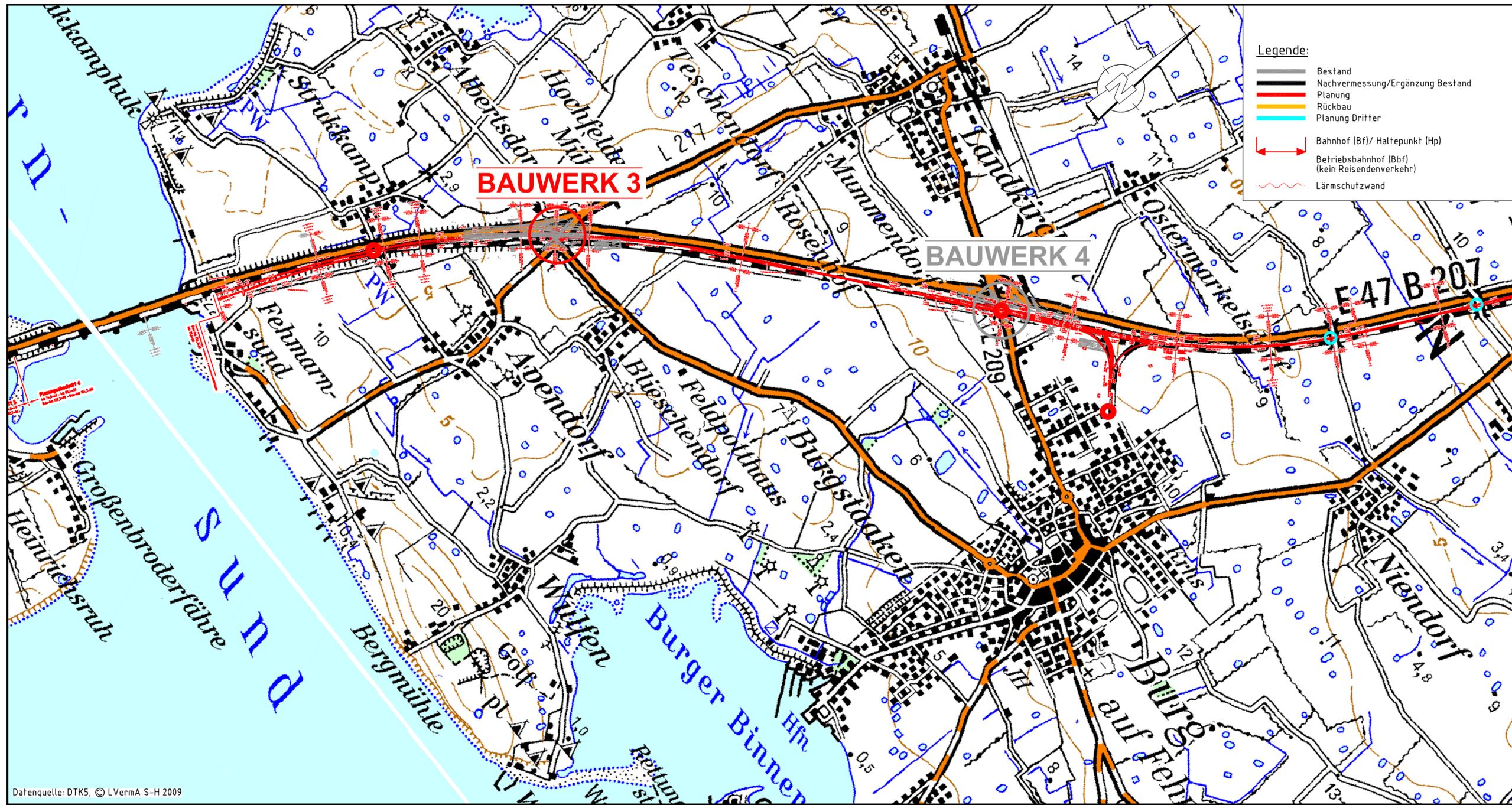
i.A. *M. Hoffmann*  
Dipl.-Ing. M. Hoffmann

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

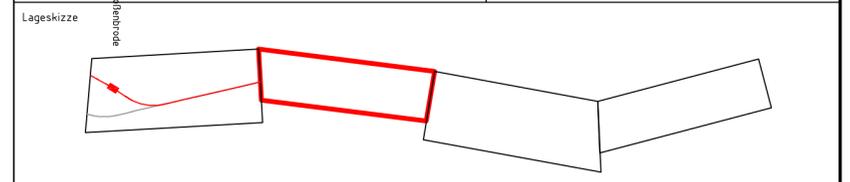


## **ANLAGENVERZEICHNIS**

Anlage 1	Übersichtskarte M. 1:20.000
Anlage 2	Lageplan M. 1:500
Anlage 3	Ergebnisse der Untergundaufschlüsse M. d. H. 1:100
Anlage 4	Zusammenstellung der Versuchsergebnisse
Anlage 5	Ergebnisse der Laborversuche (Körnungslinie)
Anlage 6	Tragfähigkeit von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen für Einzelfundamente nach DIN 4017



Index: Änderungen bzw. Ergänzungen	Name:	Datum:
<b>Prüfvermerke</b>		
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
		geprüft / genehmigt
		Datum
		Freigabe der Ausführungsunterlagen
		<input type="checkbox"/> mit Regelungen durch den BVB
		Freigabe-Nr.: IBT-x-BInM-MM /
		Ort, Datum, Unterschrift (BVB)
		Genehmigung zur Bauausführung
		Ort, Datum, Unterschrift

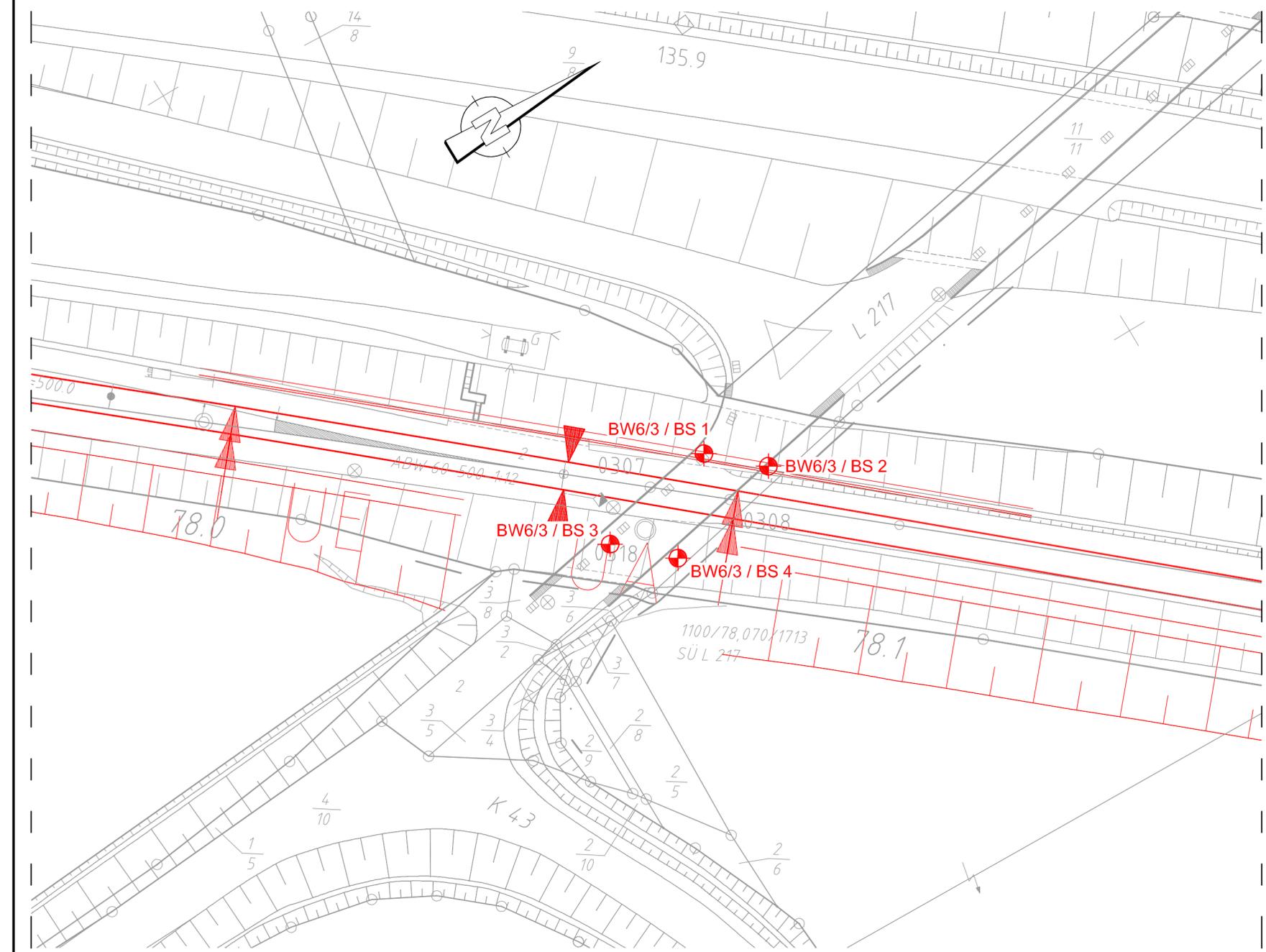


<b>Planverfasser - Baugrund:</b>  GEO-UND UMWELTECHNIK INGENIEURGESELLSCHAFT MBH Dipl.-Ing. Peter Bahnsen Dr.-Ing. Franjo Böckmann BERATENDE INGENIEURE LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL 040 / 229 489-0 FAX 040 / 229 488 40	<b>Planverfasser:</b>  DB ProjektBau GmbH Regionalbereich Nord Planung Bautechnik I.TP-N-P (2) Joachimstr. 8 30159 Hannover Ort, Datum, Unterschrift	Blatt: Ü-Karte BW6-3 Auftrag-Nr.: G.016124.900 <table border="1"> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>gez. 19.02.2016</td> <td>Smoka</td> </tr> <tr> <td>bearb. 19.02.2016</td> <td>M. Hoffmann</td> </tr> <tr> <td>gepr. -</td> <td>-</td> </tr> </table>	Datum	Name	gez. 19.02.2016	Smoka	bearb. 19.02.2016	M. Hoffmann	gepr. -	-
Datum	Name									
gez. 19.02.2016	Smoka									
bearb. 19.02.2016	M. Hoffmann									
gepr. -	-									
<b>Bauherr:</b> DB Netz AG Regionalbereich Nord Produktionsdurchführung Kiel I.NP-N-D-KIE Hamburger Chaussee 10 24114 Kiel	<b>Projektleitung:</b>  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 3 - SÜ "L217"**

Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung  
Lübeck Hbf - Puttgarden

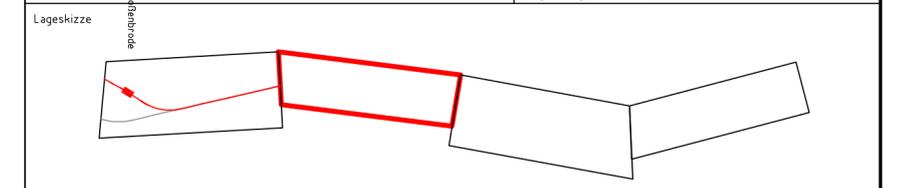
Strecke:	Bauwerksnummer	Brückennr.
1100	x	x
Barcode		



- LEGENDE :**
- 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:
<b>Prüfvermerke</b>		
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	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 UMWELTECHNIK INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH Dipl.-Ing. Peter Bahnsen Dr.-Ing. Franjo Böckmann BERATENDE INGENIEURE LÜBECKER 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 6-3 Auftrag-Nr.: G.016124900 <table border="1"> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>gez. 19.02.2016</td> <td>Smolka</td> </tr> <tr> <td>bearb. 19.02.2016</td> <td>M. Hoffmann</td> </tr> <tr> <td>gepr. -</td> <td>-</td> </tr> </table>	Datum	Name	gez. 19.02.2016	Smolka	bearb. 19.02.2016	M. Hoffmann	gepr. -	-
Datum	Name									
gez. 19.02.2016	Smolka									
bearb. 19.02.2016	M. Hoffmann									
gepr. -	-									
Datum, Unterschrift Bauherr:  DB Netz AG Regionalbereich Nord Produktionsdurchführung Kiel I.NP-N-D-KIE Hamburger Chaussee 10 24114 Kiel	Datum, Unterschrift Projektleitung:  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 3 - SÜ "L217"										

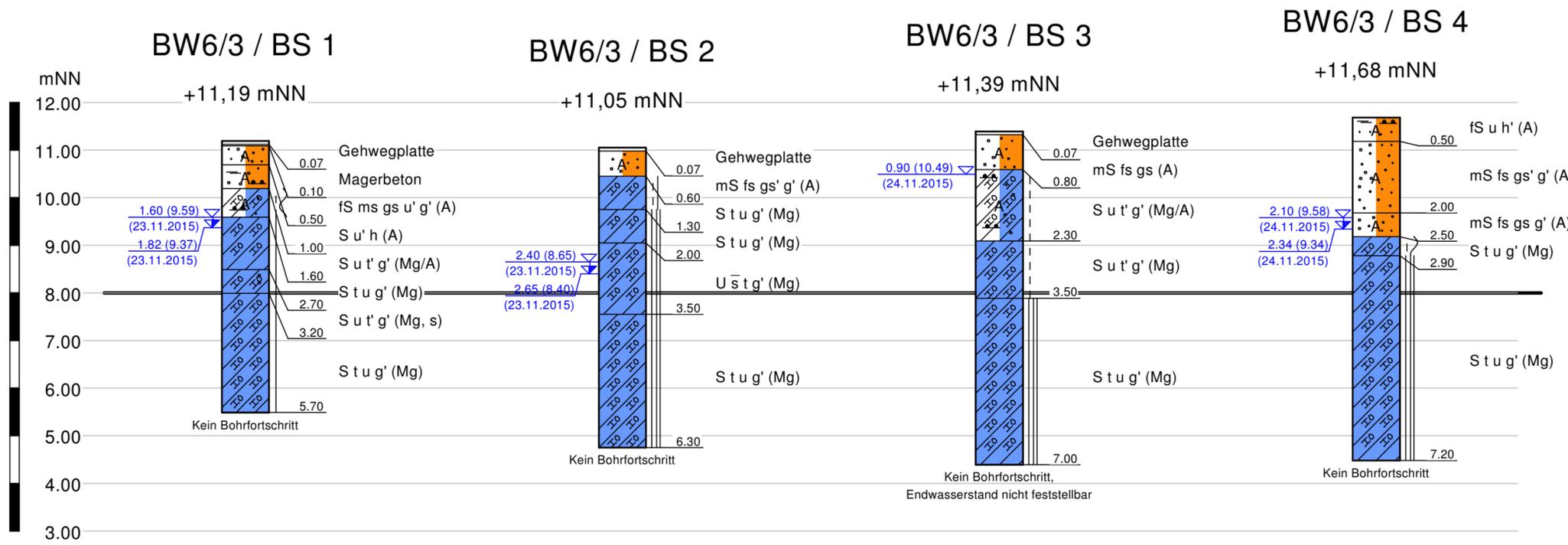
<b>Schienanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung</b>		
Strecke: Lübeck Hbf - Puttgarden		
	Bauwerksnummer	Brückennr.
Strecke	Kilometer	Kennzahl
1100	x	x
		Barcode

# Stützen Nord

# Stützen Süd

**Legende**

	halbfest - fest		T (Ton)		S (Sand)
	halbfest		U (Schluff)		G (Kies)
	steif - halbfest		fS (Feinsand)		H (Torf, Humus)
	steif		mS (Mittelsand)		A (Auffüllung)
	weich - steif		gS (Grobsand)		Mg (Geschiebemergel)



— ungefähre Gründungsebene = ~+8,0 mNN

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.  
 Anteil der Beimengung: ' = schwach, ' = stark  
 Beispiel: U<sub>s,t</sub>' = 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 3 - SÜ "L217"  
 ERGEBNISSE DER UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE

Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:	Maßstab:
19.02.2016	55,0 x 29,7	So	Ho	d. H. 1 : 100





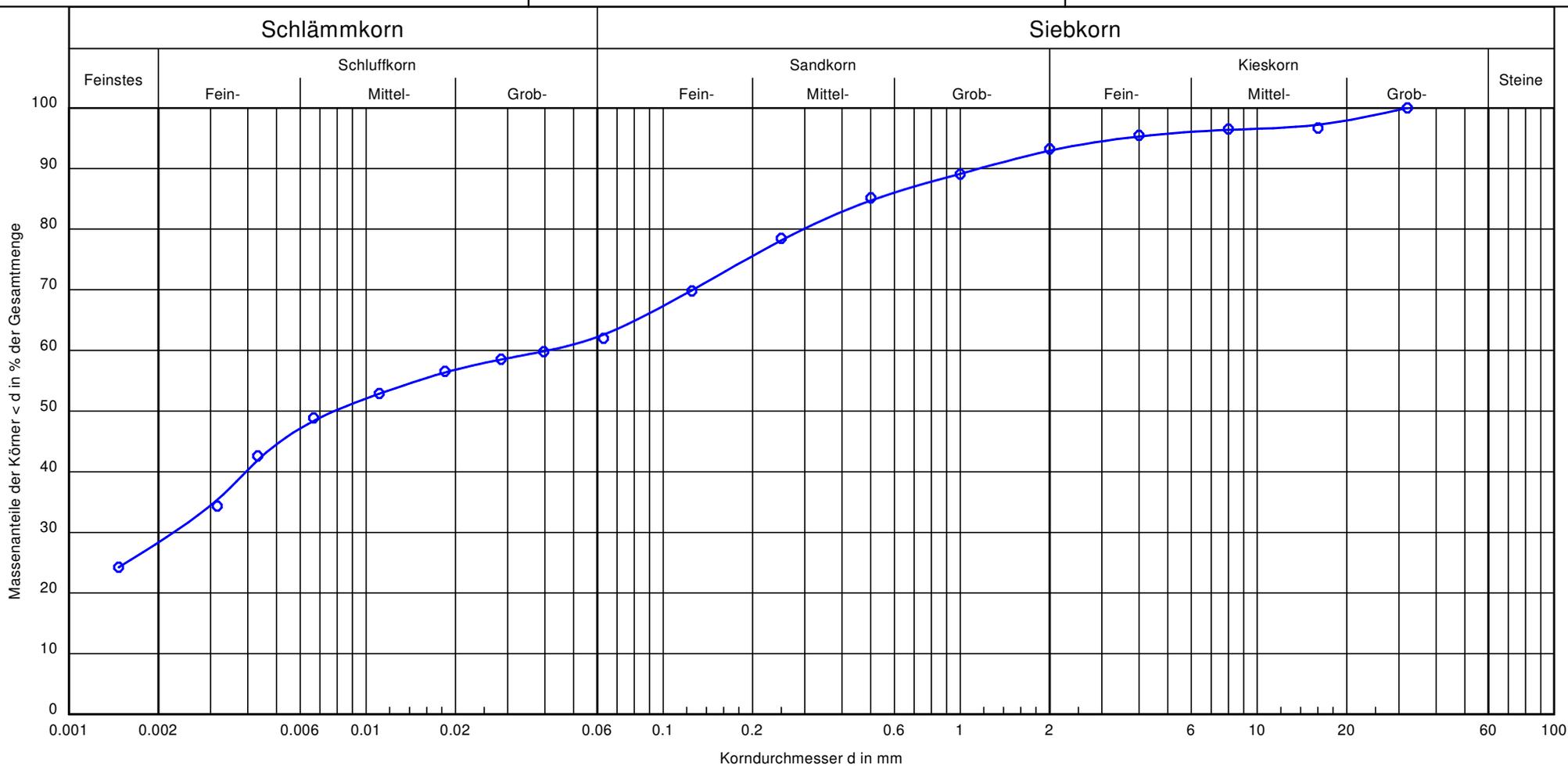
GEO-UND UMWELTECHNIK  
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH  
Dipl.-Ing. Peter Bahnsen  
Dr.-Ing. Franjo Böckmann  
BERATENDE INGENIEURE

# Körnungslinie

FBQ; PFA 6 / Bauwerk 3  
SÜ "L217"

Prüfungsnummer: BS 2/4  
Probe entnommen am: 23.11.2015  
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: 07.01.2016



Signatur	
Bodenart:	U, t, s, g' (Mg)
Tiefe:	2,0 - 3,5 m
U/Cc:	-/-
Entnahmestelle:	BS 2/4

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
2015/120  
Anlage:  
5

# 2015/120; FBQ - PFA 6 BW 3, SÜ "L217"

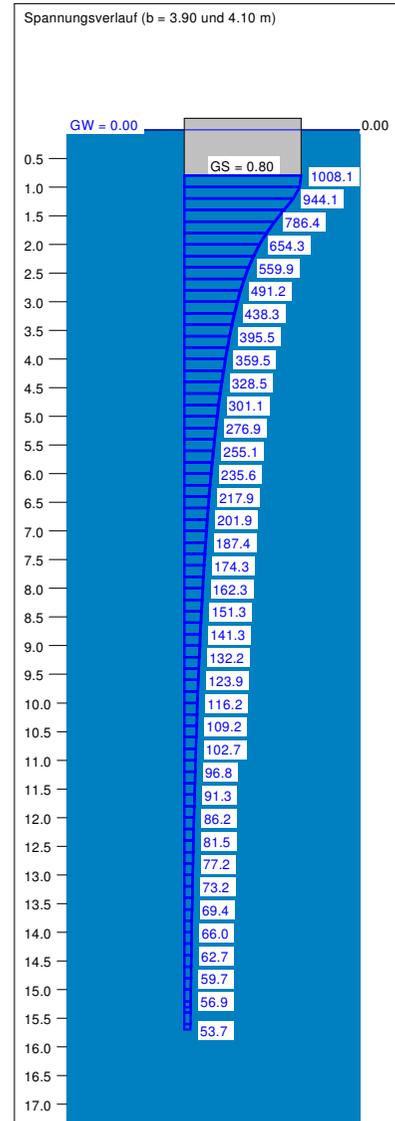
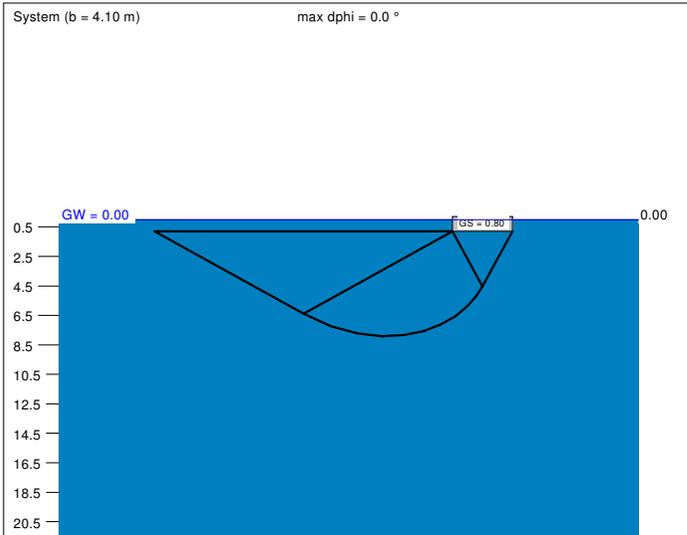
## Grundbruchberechnung Mittelstützen

GEO - UND UMWELTTECHNIK  
 DIPL.-ING. P. BAHNSEN  
 DR.-ING. F. BÖCKMANN  
 INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH  
 BERATENDE INGENIEURE

Anlage 6  
 08.02.2016

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

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	22.0	12.0	32.5	10.0	50.0	0.00	Geschiebemergel, mind. halbfest



Berechnungsgrundlagen:  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (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 = 0.80 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenztiefe spannungsvariabel bestimmt  
 — Sohldruck  
 — Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>n,d</sub> [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>0</sub> [m]	UK LS [m]
7.00	3.90	984.3	26871.5	690.7	4.91	32.5	10.00	12.00	9.60	15.31	7.56
7.00	4.00	996.2	27894.5	699.1	5.04	32.5	10.00	12.00	9.60	15.51	7.74
7.00	4.10	1008.1	28931.0	707.4	5.17	32.5	10.00	12.00	9.60	15.70	7.91

$\sigma_{E,k} = \sigma_{01k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{01k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{01k} / 1.99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

