



DB International GmbH  
Baugrund  
Bereich Ost / Südost  
Büro Berlin  
Bornitzstraße 73-75  
10365 Berlin  
Tel. 030 6343-1520  
Fax 030 6343-1531

Zertifiziert nach  
DIN EN ISO 9001:2000  
DQS Reg.-Nr. 005051 QM

## Geotechnischer Bericht

Bauvorhaben: GE S-Bahn Berlin S2  
Strecke 6002, Abschnitt Karow - Bernau, km 11,900 - 22,676

Teilobjekt: EÜ Pölnitzweg, km 15,008

Leistungsphase: Vorentwurfsplanung

Auftraggeber: DB ProjektBau GmbH  
Niederlassung Ost  
Caroline-Michaelis-Str. 5-11  
10115 Berlin


Auftragsnummer: 1 P 81 530 01

Reg.-Nr.: 2007 - 050 - 01

Bearbeiter: Dipl.-Phys. D. Jung  
Dipl.-Ing. J. Engelmann

Dieser Geotechnische Bericht umfasst 25 Seiten und 8 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden. Er ersetzt die Vorabinformation vom 27.04.2007.

Berlin, 06.06.2007

  
.....  
Dipl.-Ing. B. Kratzer

  
.....  
Dipl.-Ing. J. Engelmann

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1 Unterlagen	3
1.2 Vorgang / Aufgabenstellung	4
1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	5
<b>2 Darstellung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse</b>	<b>6</b>
2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	6
2.2 Geologische Situation	7
2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	7
2.4 Hydrologische Verhältnisse	10
2.5 Baugrundmodell	13
2.6 Bodenrechenwerte	14
2.7 Rammfähigkeit des Untergrundes	15
2.8 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens	16
<b>3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Bautechnische Empfehlungen</b>	<b>17</b>
3.1 Gründung der Widerlager	17
3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	19
3.3 Temporäre Hilfsbrücken	21
3.4 Widerlagerhinterfüllungen	23
3.5 Einfluss der Baumaßnahmen auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen	24
3.6 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	24
<b>4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen</b>	<b>25</b>

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 2	Lage- und Aufschlussplan	1 Blatt
Anlage 3	Bohr- und Sondierprofile / Baugrundmodell	
Anlage 3.1	Bohr- und Sondierprofile	2 Blatt
Anlage 3.2	Baugrundmodell	2 Blatt
Anlage 4	Laborversuche Baugrund	
Anlage 4.0	Zusammenfassung	1 Blatt
Anlage 4.1	Körnungslinien	9 Blatt
Anlage 4.2	Zustandsgrenzen	4 Blatt
Anlage 4.3	Korndichte	1 Blatt
Anlage 4.4	Auswertung ungestörter Bodenproben	1 Blatt
Anlage 5	Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens	5 Blatt

Anlage 6	Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen	2 Blatt
Anlage 7	Grundwasserhöhen des Hauptgrundwasserleiters (Ausgabe 2005)	1 Blatt
Anlage 8	Fotodokumentation	1 Blatt

## **1 Einleitung**

### **1.1 Unterlagen**

Neben den gegenwärtig gültigen Normen, Richtlinien und Vorschriften für Erd- und Grundbau standen für die Erstellung dieses geotechnischen Berichtes folgende Unterlagen zur Verfügung:

- /U1/ Leistungsinhalte entsprechend Aufgabenstellung und Honorarangebot vom 22.01.2007
- /U2/ Lagepläne Ivl 6081 BH - BW, M 1:1.000; beigestellt von DB ProjektBau GmbH
- /U3/ Bestandsunterlagen Ingenieurbauwerke, beigestellt von DB ProjektBau GmbH
- /U4/ Schichtenverzeichnisse und Sondierprotokolle  
Rösch & Reimann GmbH, März / April 2007
- /U5/ Laborergebnisse der DB International, Baugrund, März / April 2007
- /U6/ Geologische Karte, Blatt Bernau (3347); Maßstab 1 : 25.000
- /U7/ Geologische Karte, Blatt Schönerlinde (3346); Maßstab 1 : 25.000  
Preußische geologische Landesanstalt 1931/1932
- /U8/ Geologische Übersichtskarte von Berlin und Umgebung, Maßstab 1 : 100.000  
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg in Zusammenarbeit mit  
der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin, 1995
- /U9/ Digitaler Umweltatlas Berlin, Wasserschutzgebiete und Grundwassernutzung, Ausgabe  
2006, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
- /U10/ Digitaler Umweltatlas Berlin, Grundwassergleichenkarte des Hauptgrundwasserleiters  
und des Panketalgrundwasserleiters (Ausgabe 2005), Senatsverwaltung für Stadt-  
entwicklung Berlin
- /U11/ Digitaler Umweltatlas Berlin, Flurabstand des Grundwassers (Ausgabe 2003),  
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin
- /U12/ Hydrologische Daten für die Planung der S-Bahn S2, Abschnitt Karow-Bernau,  
Landesumweltamt Brandenburg, Cottbus, 6.3.2007
- /U13/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 20.12.1999
- /U14/ ZTVE-StB 94 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für  
Erdarbeiten im Straßenbau, Fassung 1997
- /U15/ Spundwandbauwerke im Verkehrswegebau, Hoesch Spundwand und Profil, 07.2001
- /U16/ SHERIF: „Elastisch eingespannte Bauwerke“  
Tafeln zur Berechnung nach dem Bettungsmodulverfahren mit variablen  
Bettungsmoduli, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin – München – Düsseldorf, 1974

/U17/ Grundbautaschenbuch Teil 2, Geotechnische Verfahren

/U18/ Grundbautaschenbuch Teil 3, Grundbauwerke

## 1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Auf der S-Bahnlinie S 2 (Strecke 6002) sollen im Abschnitt Karow - Bernau die vorhandenen S-Bahngleise zwischen km 11,900 und km 22,676 sowie verschiedene Ingenieurbauwerke erneuert werden.

Für die Vorentwurfsplanung wurde die DB International von der DB Projektbau GmbH mit den Baugrunduntersuchungen für die S-Bahnstrecke km 11,900 bis 22,676, die Zugbehandlungsanlage im Bf. Bernau und die zu erneuernden Ingenieurbauwerke beauftragt.

- Durchlass km 12,082
- EÜ Pankegraben km 12,985
- EÜ Feldweg zur Schule km 13,597
- EÜ Wiltbergstraße km 14,458
- EÜ Pölnitzweg km 15,008
- EÜ Mewesstraße km 15,898
- Personentunnel Bf. Röntgental km 16,479
- EÜ Bahnhofstraße km 16,611
- EÜ Schönerlinder Straße km 17,457
- Durchlass Panke km 17,970
- EÜ Schönower Straße km 18,170
- EÜ Diensträume Bf. Zepernick, km 18,180
- Stützmauer Bf. Zepernick, km 18,185 - 18,194
- EÜ Feldweg Zepernick km 18,755
- EÜ Zepernickcher Chaussee km 20,079
- EÜ Weißenseer Straße km 21,943
- Stützwand Bf. Bernau, km 22,335
- Stützwand Bf. Bernau, km 22,480
- Stützwand Bf. Bernau, km 22,621 - 22,719
- Personentunnel Bf. Bernau km 22,660

Gegenstand des vorliegenden geotechnischen Berichts ist die Darstellung und Bewertung der Baugrundverhältnisse sowie die Ermittlung von Bodenkennwerten und Berechnungsannahmen für die EÜ Pölnitzweg, km 15,008.



### 1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Die Ausführung der Erkundungsarbeiten erfolgte im März / April 2007 durch Mitarbeiter der Rösch & Reimann GmbH. Zur Erkundung des Baugrundes und zur Ermittlung der Lagerungsverhältnisse wurden im Bereich des Bauwerks 4 Rammkernbohrungen (RKS), 4 schwere Rammsondierungen (DPH), 2 Drucksondierungen und 1 Bohrung niedergebracht. Alle ausgeführten Aufschlüsse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die im Bereich der Drucksondierung CPT 5.5 angeordnete Bohrung B 5.5 konnte wegen Kabel- und Straßenreparaturmaßnahmen nicht mehr ausgeführt werden.

Tabelle 1 Übersicht der durchgeführten Aufschlüsse

Aufschlussnummer	Lage	Tiefe	Höhe Ansatzpunkt (AP)
RKS / DPH 5.1	Hinterfüllbereich Widerlager Bernau	10,0 m	0,79 m unter SO
RKS / DPH 5.2	Hinterfüllbereich Widerlager Karow	10,0 m	0,87 n unter SO
B 5.3 CPT 5.3	Widerlagerfuß Seite Karow, bahnrechts	20,0 m 13,0 m <sup>1)</sup>	4,89 m unter SO
RKS 5.4 DPH 5.4	Widerlagerfuß Seite Bernau, bahnrechts	10,1 m <sup>1)</sup> 10,6 m <sup>1)</sup>	4,91 m unter SO
CPT 5.5	Widerlagerfuß Seite Karow, bahnrechts	10,9 m <sup>1)</sup>	3,97 m unter SO
RKS 5.6 DPH 5.6	Widerlagerfuß Seite Karow, bahnlinks	10,7 m <sup>1)</sup> 10,6 m <sup>1)</sup>	4,45 m unter SO

B ... Bohrung  
 CPT... Drucksondierung  
 RKS... Rammkernbohrung,  
 DPH... schwere Rammsondierung

<sup>1)</sup> Die Erkundungen mussten wegen fehlendem Sondierfortschritt vor Erreichen der Zielteufe abgebrochen werden

Die Lage der Aufschlüsse ist in den Lageplänen der Anlage 2 dargestellt. Die Baugrundprofile sind bezogen auf die Schienenoberkante der S-Bahn in der Anlage 3 aufgetragen. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse /U4/ können bei Bedarf im Archiv der DB International, Baugrund eingesehen werden.

Die Entnahme der gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel. Aus der Bohrung B 5.3 wurden aus der Geschiebemergelschicht 3 ungestörte Proben entnommen. Alle Bodenproben wurden durch den Bearbeiter spezifiziert. Zur genaueren Klassifizierung der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 und Bodenklassen nach DIN 18300 wurden ausgewählte Bodenproben bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen /U5/.

Im Einzelnen wurden für diese Teilobjekt ausgeführt:

- 4 Nasssiebungen nach DIN 18 123,
- 5 kombinierte Sieb-/Schlammanalysen nach DIN 18123,
- 4 Bestimmungen der Atterberg'schen Zustandsgrenzen nach DIN 18122
- 5 Bestimmungen des Wassergehalts nach DIN 18121, Teil 1,
- 1 Bestimmung der Korndichte nach DIN 18124 und
- 1 Bestimmung von Dichte und Porenzahl an ungestörten Bodenproben

Eine Zusammenstellung sowie die Protokolle der Untersuchungen sind in der Anlage 4 abgelegt.

Ferner wurden vier Bodenproben aus Bohrung B 5.3 (Tiefe 2,3 - 4,6 m) entnommen, zu einer Mischprobe vereint und auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht. Eine Bewertung der Analysenergebnisse wird in Abschnitt 2.8 vorgenommen. Die Ergebnisse zu den untersuchten Parametern bezüglich der Beton- und Stahlaggressivität sind in der Anlage 5 enthalten.

## **2 Darstellung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse**

### **2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse**

Der Untersuchungsstandort befindet sich im Nordosten Berlins im Stadtteil Buch zwischen den S-Bahnhöfen Buch und Röntgental. Die vorhandene eingleisige Strecke der S-Bahn und die zweigleisige Fernbahnstrecke verlaufen hier auf einem ca. 4 m hohen Damm. Die Dammkrone besitzt eine Breite von ca. 18 m. In unmittelbarer Nähe des Bauwerks befindet sich keine Bebauung. Auf der bahnrechten Seite verläuft ein Weg am Fuß des Damms, auf der bahnlinken Seite schließen unmittelbar an den Damm Grundstücke an.

Bei dem vorhandenen Bauwerk handelt es sich nach /U3/ um ein 1911/12 errichtetes Brückenbauwerk mit massiven Widerlagern und zwei Überbauten. Die lichte Weite zwischen den Widerlagern beträgt ca. 12 m. Die Brücke besitzt eine lichte Höhe von ca. 4,1 m. Die Dicke der Widerlagerwände ist mit 2,0 m angegeben. Die Höhe der Gründungssohle liegt bei 54,10 m NN, was einer Gründungstiefe von ca. 6,9 m unter Schienenoberkante (SO) der S-Bahn bzw. ca. 1,5 m unter Gelände entspricht. Die Breite der Gründungskörper der Widerlagerwände variiert zwischen ca. 2,7 m (Widerlager Karow) und 3,2 m (Widerlager Bernau). Die Länge der Gründungskörper (ohne Flügelwände) beträgt ca. 20 m.

Eine Fotodokumentation zur örtlichen Situation ist in der Anlage 8 enthalten.

## 2.2 Geologische Situation

Die Geologie im Berliner Raum wird von insgesamt 3 Eiszeiten im Pleistozän (Diluvium) mit den dazugehörigen Interglazialzeiten bestimmt. Die letzte Eiszeit war die Weichsel-Elster Eiszeit, die auch die Oberfläche im Untersuchungsgebiet formte. Die Gletscher lagerten Schutt und Gesteinsmaterial aus dem norddeutschen und baltischen Raum ab. Nach dem Rückzug der Gletscher zeigten sich Grund- und Endmoränen, die aus Ablagerungen von kiesigem bis tonigem Material bestehen. Die Ablagerungen der Grundmoräne sind häufig Geschiebemergel.

Die aus den Gletschern abströmenden Wassermassen lagerten in Tälern, den Urstromtälern, Sedimente ab. In unmittelbarer Nähe des Gletschertores kam es zu zur Sedimentation von grobem Material, weiter stromabwärts wurden feinkörnige Sande abgelagert, die als Schmelzwassersande oder Talsande bezeichnet werden.

Zum Holozän oder Aluvium gehören all jenen Bildungen, die nach Abschluss der Eiszeit entstanden sind. Hier sind besonders Flachmoortorfe zu nennen, die sich an stehenden Gewässern gebildet haben. Es handelt sich hierbei um humusreiche organische Böden.

Gemäß der Geologischen Übersichtskarte Karte von Berlin und Umgebung /U8/ gehört das Untersuchungsgebiet zur Barnim-Hochfläche. Die Hauptablagerungen hier sind Geschiebemergel / -lehme der Grundmoräne und Schmelzwassersande. Teilweise sind auch Wechselagerungen aus Sanden und bindigen Schichten anzutreffen. Die Streckenabschnitte von Karow bis hinter Buch und die letzten 3 km bis Bernau liegen direkt im oberen Panketal. Hier ist in Oberflächennähe mit alluvialen Ablagerungen der Panke, d.h. mit Moorbildungen wie Torfen, Mudden und organisch durchsetzten Sanden und Schluffen zu rechnen.

Der größte Teil der Strecke verläuft in Dammlage. Die Dämme stellen anthropogene Auffüllungen dar. Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass ein Großteil dieser Auffüllungen aus den in der Umgebung vorhandenen Böden besteht, so dass ein Übergang von Auffüllung zum gewachsenen Baugrund nicht immer eindeutig erkennbar ist. Meist sind diese Auffüllungen lockerer gelagert als der natürlich gewachsene Boden.

## 2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte

Mit den im Hinterfüllbereich des Brückenbauwerks abgeteuften Rammkernbohrungen RKS 5.1 und 5.2 wurden als Dammmaterial locker bis mitteldicht gelagerte grob- und gemischtkörnige Sande und Kiese der Bodengruppen [SE,SU,GU] festgestellt. Im unteren Dammbereich sind bei beiden Widerlagerseiten steife und halb feste umgelagerte Geschiebelehme mit Dicken von 1,3 und 1,4 m erkundet worden.

Bis auf RKS 5.1 (Widerlagerseite Bernau), wo eine 1,3 m dicke Geschiebemergelschicht (weiche bis steife Konsistenz) angetroffen wurde, besteht der gewachsene Baugrund unterhalb der

Auffüllungen bis in eine Tiefe von 4,6 ... 6,8 m unter OK Gelände aus enggestuften, bereichsweise schwach schluffigen Sanden lockerer bis dichter Lagerung. Bei RKS 5.6 (Widerlagerseite Bernau) sowie Bohrung B 5.3 (Widerlagerseite Karow) sind in die Sande eingelagerte 0,4 m bzw. 0,6 m dicke Geschiebemergel- / Tonschichten in weicher und steifer Konsistenz erkundet worden.

Unter den Sanden stehen ab 4,6 ... 6,8 m unter Gelände Geschiebemergel an. Außer RKS 5.4 (Widerlagerseite Bernau) wurden diese Böden bis zu den Endteufen (max. t = 20 m) nicht durchfahren. Mit der Bohrung B 5.3 wurden in die Geschiebemergel eingelagerte wasserführende Sandschichten mit Dicken zwischen 0,1 ... 0,8 m erkundet. Die Geschiebemergel stellen sich in allen Aufschlüssen als schluffige, stark sandige, bereichsweise schwach kiesige Tone (ST\*, TL) dar. Die Konsistenz variiert zwischen steif, halbfest und bereichsweise fest, wobei die Konsistenz im Regelfall mit der Tiefe zunimmt. Innerhalb des Geschiebemergels wurden bei B 5.3 größere Steine in 10,9 m Tiefe festgestellt.

Die genauen Schichtenverläufe können den Baugrundprofilen der Anlage 3 entnommen werden.

Den erkundeten Böden lassen sich die in folgender Tabelle enthaltenen Kennwerte (Laboruntersuchungen an ausgewählten Einzelproben sowie regionale Erfahrungswerte) zuordnen.

Tabelle 2 Bodenkennwerte und Zuordnungen

Bodenart	Auffüllungen		anstehende Böden	
	grob- bis gemischt-körnige Sande / Kiese	gemischt-körnige Böden mit Plastizität (Geschiebelehm)	grob- bis gemischt-körnige Sande	gemischt- und feinkörnige Böden mit Plastizität (Geschiebemergel)
Bodengruppe nach DIN 18196	[SE,SU, GU,GW]	[SU*, ST*]	SE, SU untergeordnet SU*	ST*, TL
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	n.b.	n.b.	2,1 ... 12,6 25,1 (SU*)	32,6 ... 45,2
Kornanteil $d > 2,0$ mm [%]	n.b.	n.b.	0,1 ... 2,9 0,0 (SU*)	2,2 ... 4,3
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	n.b.	n.b.	2,9 ... 4,7 3,8 (SU*)	60,3 ... 77,9
natürlicher Wassergehalt $w_n$ [%]	n.b.	n.b.	n.b.	7,9 ... 14,0
Korndichte $\rho_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	n.b.	n.b.	n.b.	2,652
Trockendichte $\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	n.b.	n.b.	n.b.	2,162
Porenzahl e [-]	n.b.	n.b.	n.b.	0,227
Porenanteil n [-]	n.b.	n.b.	n.b.	0,185



Fortsetzung Tabelle 2 Bodenkennwerte und Zuordnungen

Bodenart	Auffüllungen		anstehende Böden	
	<b>grob- bis gemischt-körnige Sande / Kiese</b>	<b>gemischt-körnige Böden mit Plastizität (Geschiebelehm)</b>	<b>grob- bis gemischt-körnige Sande</b>	<b>gemischt- und feinkörnige Böden mit Plastizität (Geschiebemergel)</b>
Bodengruppe nach DIN 18196	<b>[SE,SU, GU,GW]</b>	<b>[SU*, ST*]</b>	<b>SE, SU</b> untergeordnet SU*	<b>ST*, TL</b>
Lagerungsdichte	locker, mitteldicht	---	locker, mitteldicht und dicht	---
Fließgrenze $w_L$ [%]	ohne Plastizität	n.b.	ohne Plastizität	18,6 ... 23,8
Plastizitätsgrenze $w_P$ [%]		n.b.		11,5 ... 13,1
Plastizitätszahl $I_P$ [%]		n.b.		7,1 ... 10,8
Konsistenzzahl $I_c$ [-]		n.b.		0,72 ... 1,34
Konsistenzzahl $I_c$ [-] bezogen auf Gesamtprobe		n.b.		0,91 ... 1,35
Konsistenz handspezifiziert		steif, halbfest		weich, steif, halbfest und fest
Durchlässigkeitswert $k_f$ [m/s]				
nach Beyer			$1,9 \cdot 10^{-5} \dots 4,1 \cdot 10^{-4}$	
nach USBR			$3,3 \cdot 10^{-6}$ (SU*)	$6,4 \cdot 10^{-9} \dots 1,2 \cdot 10^{-7}$
Erfahrungswerte	$10^{-5} \dots 10^{-4}$	$10^{-8} \dots 10^{-7}$	$10^{-5} \dots 10^{-4}$	$10^{-9} \dots 10^{-7}$
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	durchlässig	schwach durchlässig	durchlässig	sehr schwach bis schwach durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18 300	3	4	3	4 6 (feste Konsistenz)
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 94	F1 (- F2)	F3	F1 F3 (SU*)	F3
Verdichtbarkeitsklasse	V1	V2 - V3	V1 V2 (SU*)	V2 - V3

Die Tabellenwerte sind labortechnisch ermittelte Einzelergebnisse, keine Mittelwerte.

## 2.4 Hydrologische Verhältnisse

Die Bahntrasse verläuft annähernd parallel zur Panke. Die Strömungsrichtung der Panke ist von Nordost nach Südwest ausgerichtet. Gemäß Digitalem Umweltatlas Berlin, Karte Grundwasserhöhen des Hauptgrundwasserleiters /U10/, verläuft die Strömungsrichtung des Grundwassers ebenfalls von Nordost nach Südwest etwa in Richtung des Verlaufs der Panke. Ein Auszug aus dieser Karte ist in Anlage 7 dargestellt. In der Nähe des Bahnhofs Bernau liegt der Grundwasserspiegel bei NHN +65 m, am Bahnhof Zepernick bei NHN +60,5 m, am Bahnhof Röntgental bei NHN +57,5 m, am Bahnhof Buch bei NHN +53,5 m und am Bahnhof Karow bei NHN +50 m. Bei diesem Grundwasser handelt es sich um gespanntes Grundwasser, das unterhalb der oberen Geschiebemergelschicht ansteht.

Im Panketal befinden sich über dem Geschiebemergel der Barnim-Hochfläche weichselkaltzeitliche und holozäne Sande, die hier einen zusammenhängenden eigenständigen Grundwasserleiter mit ungespannter Grundwasseroberfläche bilden (siehe Bild 1). Der Panketalgrundwasserleiter (GWL 1) liegt somit über dem Hauptgrundwasserleiter (GWL 2). In der Nähe der Bahntrasse liegt der Pegel dieses Grundwasserleiters etwa 1,0 m (Bhf. Buch) bis 2,0 m (Bhf. Karow) niedriger als der Pegel des gespannten Grundwassers (siehe Anlage 7).

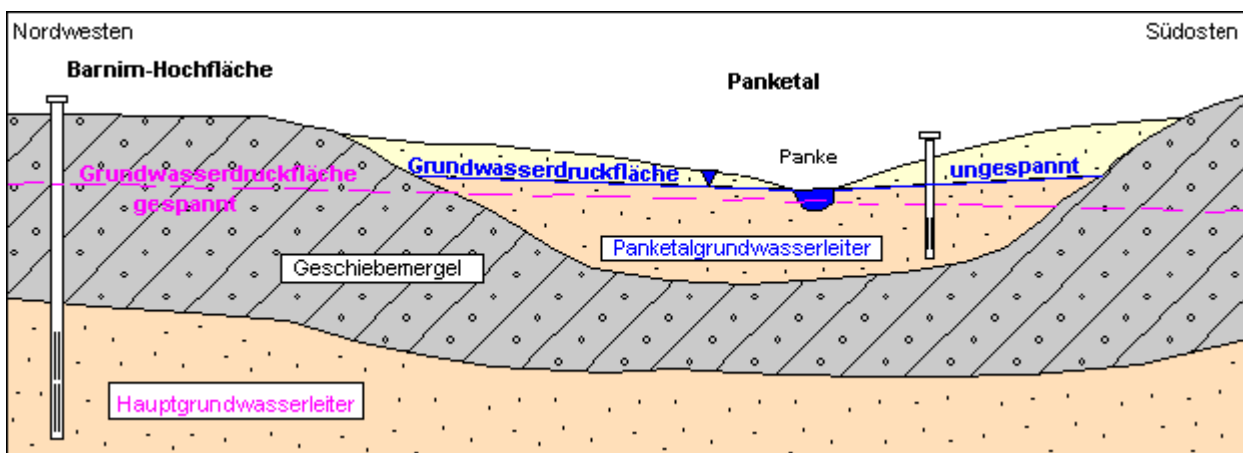


Bild 1 Panketalgrundwasserleiter (1.GWL) über dem Hauptgrundwasserleiter (2.GWL)

Der Abstand des Grundwassers zur Geländeoberfläche (Flurabstand) kann dem „Umweltatlas von Berlin, Flurabstand des Grundwassers“ /U11/ entnommen werden. Im größten Teil der Strecke liegt der Flurabstand zwischen 0,5 und 5,0 m. Nur am Bahnhof Röntgental liegt er zwischen 5 und 10 m und am Karower Kreuz ist er größer als 10 m, wobei es sich hier vermutlich um den Flurabstand des gespannten Grundwassers handeln dürfte.

Die mit den vorliegenden Erkundungen im März / April 2007 angetroffenen Grundwasserhorizonte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Bei der Ermittlung der NN-Höhen wird von einer SO-Höhe der S-Bahn von NN + 61,00 m ausgegangen.

Tabelle 3 erkundete Grundwasserstände

Aufschluss	Grundwasserspiegel unter Ansatzpunkt	Grundwasserspiegel unter SO	Grundwasserspiegel m NN
RKS 5.1	5,8 m	6,6 m	+54,4 m
RKS 5.2	5,1 m	6,0 m	+55,0 m
B 5.3	1,4 m	6,3 m	+54,7 m
RKS 5.4	1,4 m	6,3 m	+54,7 m
RKS 5.6	1,6 m	6,1 m	+54,9 m

Gemäß /U10/ ist an der EÜ Pölnitzweg mit einem Horizont des 1. Grundwasserleiters (Panketalgrundwasserleiter) bei ca. NHN +54,0 m sowie einem gespannten Grundwasserhorizont des 2. Grundwasserleiters bei NHN +55,0 zu rechnen. Die im März / April 2007 erkundeten Grundwasserstände liegen somit im Bereich der Grundwasserstände aus dem v.g. Kartenwerk. Aufgrund der geringen Durchlässigkeit sowie der wasserstauenden Eigenschaften der vorhandenen Geschiebemergel /-lehme ist in niederschlagsreichen Zeiten mit gestautem Oberflächenwasser auf diesen Horizonten bzw. mit Schichtenwasser in Sandbändern innerhalb dieser Böden zu rechnen. Unterhalb des Geschiebemergels bzw. in den darin eingelagerten Sandschichten sind gespannte Grundwasserverhältnisse vorhanden.

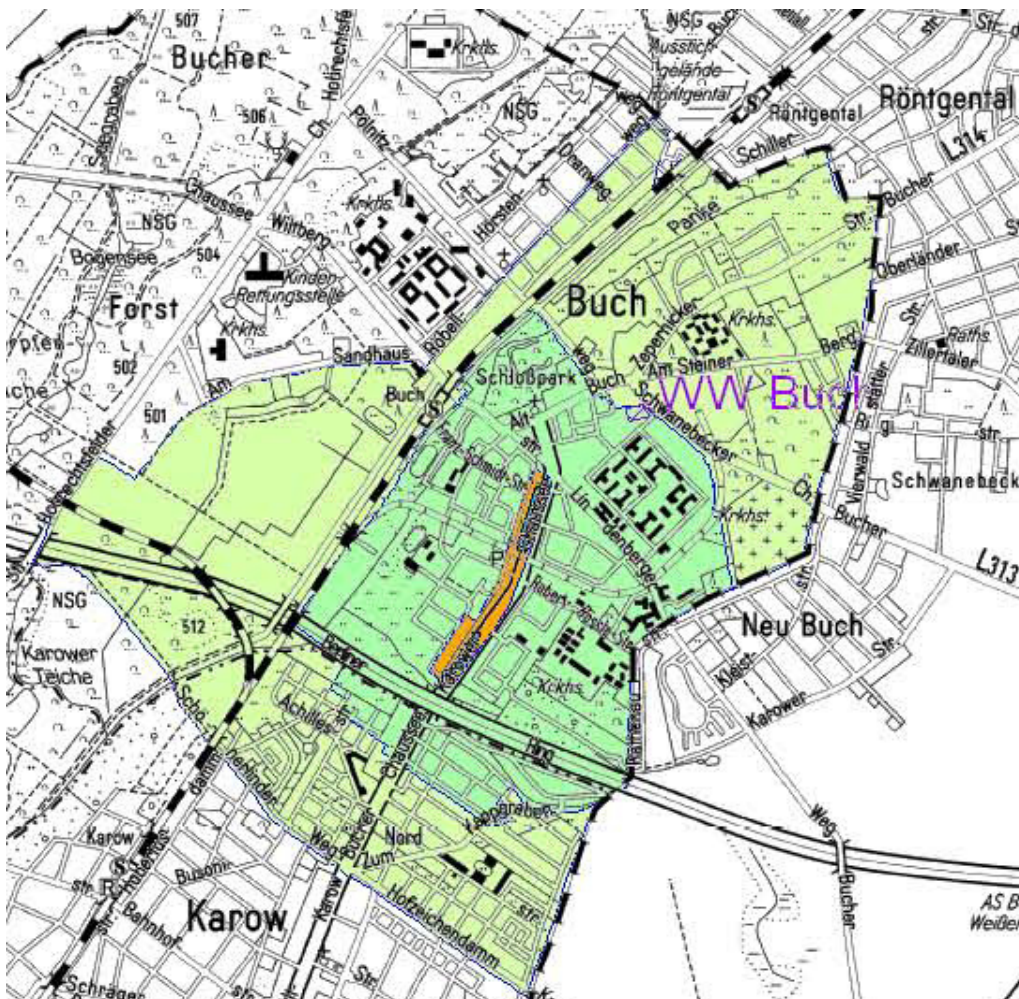
Zur Einschätzung des Schwankungsbereichs des Grundwassers wurden uns vom Landesumweltamt Brandenburg die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Daten von Grundwassermessstellen, die in der Nähe der Bahntrasse liegen, übergeben /U12/. Die Pegel wurden meist zwischen 1979 und 2007 beobachtet. Die Lage der Messstellen (abgekürzt mit den letzten 3 Ziffern der Messstellen-Nr.) ist in Anlage 7 dargestellt.

Tabelle 4 Pegel der letzten 28 Jahre von Grundwasser-Beobachtungsmessstellen

Messstelle	Lage	mittlerer GW-Stand m NN	niedrigster GW-Stand m NN	Höchster GW-Stand m NN
3347 0914	ca. km 18,300 ca. 220 m bahnlinks	61,02	60,32	61,96
3367 0916	ca. km 18,150 ca. 1.000 m bahnrechts	61,07	60,50	61,74
3347 0917	ca. km 18,740 ca. 100 m bahnlinks	61,24	60,39	62,54
3347 0920	ca. km 16,500 ca. 400 m bahnrechts	57,37	56,70	58,10
3347 0959	ca. km 17,500 ca. 900 m bahnrechts	59,27	58,53	60,38

Der Schwankungsbereich innerhalb der beobachteten 28 Jahre gegenüber dem Mittelwert beträgt im Mittel 70 cm nach unten und 95 cm nach oben. Dieser Schwankungsbereich kann auch für die Grundwasserstände an der Bahntrasse angenommen werden.

Im Digitalen Umweltatlas Berlin, Karte Wasserschutzgebiete und Grundwassernutzung /U9/, sind Grundwasserschutzgebiete dargestellt. Einen Auszug aus dieser Karte zeigt Bild 2. Im Bereich Buch erstreckt sich ein Wasserschutzgebiet für das Wasserwerk Buch längs der Trasse von der EÜ Schönerlinder Weg bis kurz vor den Bahnhof Röntgental bei km 16,1. Es sind die Bauwerke EÜ Schönerlinder Weg (km 12,4), EÜ Pankegraben (km 12,985), EÜ Feldweg zur Schule (km 13,597), EÜ Wiltbergstraße (km 14,458), EÜ Pölnitzweg (km 15,008) und EÜ Mewesstraße (km 15,898) betroffen. Bei den Baumaßnahmen in diesem Bereich sind die Bestimmungen für das Wasserschutzgebiet (Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes für das Wasserwerk Buch vom 31. August 1999) zu berücksichtigen. Es dürfen keine wasser-gefährdenden Stoffe in das Grundwasser eingetragen werden.







-  Zone II (engere Schutzzone)
-  Zone III (nach Festsetzung durch Rechtsverordnung)
-  Zone III A (nach Festsetzung durch Rechtsverordnung)
-  Zone III B (nach Festsetzung durch Rechtsverordnung)

Bild 2 Grundwasserschutzgebiet Wasserwerk Buch (aus /U9/)

Im Brandenburger Teil der Strecke (ab ca. km 16,100) sind im unmittelbaren Trassenverlauf keine Wasserschutzgebiete ausgewiesen. Lediglich in der Nähe der Strecke sind kleinere Wasserschutzgebiete in Zepernick und in Schönow vorhanden (siehe Bild 3).



Bild 3 Wasserschutzgebiete in Brandenburg

Die EÜ Pölnitzweg befindet sich in der Wasserschutzzone III A (Widerlager Karow, bahnrechts) bzw. III B (Widerlager Karow, bahnlinks sowie beidseitig Widerlager Bernau) des Wasserwerks Buch.

## 2.5 Baugrundmodell

Im Ergebnis der Baugrunderkundungen und der bodenmechanischen Untersuchungen lässt sich für die Untersuchungsbereiche ein Baugrundmodell entwickeln, welches für die Bewertung der Baugrundverhältnisse herangezogen wird. Dabei wurden Böden mit annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften in Schichtenkomplexe zusammengefasst.

### Schicht 1 Auffüllungen

grob- und gemischtkörnige Sande/Kiese    Bodengruppe: SE, SU, GU, GW  
Schicht 1.1a    locker gelagert  
Schicht 1.1b    mitteldicht gelagert

### Schicht 1 Auffüllungen

Geschiebelehm Bodengruppe: SU\*, ST\*  
Schicht 1.2b steife Konsistenz  
Schicht 1.2c halbfeste Konsistenz

### Schicht 2 grob- und gemischtkörnige Sande

Bodengruppe: SE, SU, SU\*

Schicht 2.1 locker gelagert  
Schicht 2.2 mitteldicht gelagert  
Schicht 2.3 dicht gelagert

### Schicht 3 Geschiebemergel / Geschiebelehm

Bodengruppe: ST\*, TL

Schicht 3.1 weiche Konsistenz  
Schicht 3.2 steife Konsistenz  
Schicht 3.3 halbfeste Konsistenz  
Schicht 3.4 feste Konsistenz

## 2.6 Bodenrechenwerte

Den erkundeten Baugrundsichten können für erdstatische Berechnungen folgende Berechnungskennwerte zugeordnet werden. Oberflächennahe Ober- / Mutterbodenschichten wurden aufgrund ihrer untergeordneten Bedeutung für die Gründung nicht mit Kennwerten versehen.

Tabelle 5.1 Bodenrechenwerte

Bodenart	Schicht 1 (Auffüllung)			
	grob- und gemischtkörnige Sande / Kiese		Geschiebelehm	
Schicht	1.1a	1.1b	1.2b	1.2c
Lagerung/Konsistenz	lo	md	steif	hf
Wichte über Wasser cal $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	17	18	20	21
Wichte unter Auftrieb cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	9	10	10	11
Reibungswinkel cal $\phi'$ [Grad]	30	32,5	29	30
Kohäsion cal $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0	0	10	12
Steifemodul $E_{s,100kPa}$ [MN/m <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	10	20	12	16
Exponent w für Spannungsabhängig- keit von $E_s$ <sup>2)</sup>	0,6	0,6	0,75	0,75

<sup>1)</sup> Der Steifemodul wird nach Ohde ermittelt nach der Gleichung  $E_s = E_{s,100kPa} \left( \frac{\sigma}{100kPa} \right)^w$

<sup>2)</sup> Exponent w für Spannungsabhängigkeit von  $E_s$

Tabelle 5.2 Bodenrechenwerte

	Schicht 2			Schicht 3			
Bodenart	grob- und gemischt-körnige Sande			Geschiebemergel / Geschiebelehm			
Schicht	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4
Lagerung/Konsistenz	md	md	d	weich	steif	hf	f
Wichte über Wasser cal $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18	18,5	19	19	20	21	21
Wichte unter Auftrieb cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	10	10	11	9	10	11	11
Reibungswinkel cal $\phi'$ [Grad]	32,5	35	37,5	28	29	30	30
Kohäsion cal $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0	0	0	6	10	12	12
Steifemodul $E_{s,100kPa}$ [MN/m <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup>	17,5	30	50	10	20	25	30
Exponent w für Spannungsabhängig- keit von $E_s$ <sup>2)</sup>	0,6	0,6	0,6	0,75	0,75	0,75	0,75

<sup>1)</sup> Der Steifemodul wird nach Ohde ermittelt nach der Gleichung  $E_s = E_{s,100kPa} \left( \frac{\sigma}{100kPa} \right)^w$

<sup>2)</sup> Exponent w für Spannungsabhängigkeit von  $E_s$

## 2.7 Rammfähigkeit des Untergrundes

Die erkundeten Baugrundsichten bestehen im Wesentlichen aus aufgefüllten Sanden, Kiesen und Geschiebelehmen sowie den anstehenden Sanden in lockerer bis dichter Lagerung und den Geschiebemergeln in weicher bis halbfester Konsistenz. Eine Klassifizierung der Böden hinsichtlich ihrer Rammfähigkeit (z.B. nach DIN-Norm) gibt es nicht. Die nachfolgende Einschätzung basiert auf der Grundlage der erkundeten Bodenarten, Lagerungsdichten und den Erfahrungen.

Sofern die vorhandenen **Auffüllungen** örtlich keine größeren Bestandteile (Bauschutt o.ä.) enthalten, sind die Sande / Kiese aufgrund der vorhandenen Lagerung leicht bis mittelschwer rammfähig. Die vorhandenen steifen und halbfesten Geschiebelehme im unteren Teil der Auffüllungen werden als mittelschwer rammfähig eingeschätzt. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass in locker gelagerten Auffüllungen Verdichtungssetzungen durch Rammarbeiten auftreten können.

Die Lagerungsdichte der anstehenden **Sande** kann anhand der Sondierungen als locker bis dicht beschrieben werden. In Abhängigkeit von der Lagerungsdichte sind die Sande leicht bis mittelschwer rammfähig (locker gelagert) und mittelschwer bis schwer rammfähig (mitteldicht und dicht gelagert). Bei zunehmender Rammtiefe und größer werdender Lagerungsdichte ist mit

erschwerter Rammfähigkeit zu rechnen, so dass Rammhilfen erforderlich werden können. Bei Rammungen in locker gelagerten Sanden ist mit Verdichtungssetzungen zu rechnen.

Die **Geschiebemergel** sind in weich-steifer Konsistenz mittelschwer bis schwer rammfähig. Bei einer steifen, halbfesten und festen Konsistenz sind diese Böden nur schwer rammbaar, so dass Rammhilfen eingeplant werden müssen. Mit wachsender Rammtiefe bzw. fester werdender Konsistenz ist mit zunehmenden Erschwernissen bei Rammungen zu rechnen. Es wird an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass einige Erkundungen wegen fehlendem Sondierfortschritt im Geschiebemergel vor Erreichen der Zielteufe abgebrochen werden mussten.

Aufgrund der geologischen Entstehungsgeschichte können im Untersuchungsbereich Findlinge (Steine und Blöcke) nicht ausgeschlossen werden. Größere Steine wurden an der EÜ Pölnitzweg bei der Bohrung B 5.3 angetroffen.

Bei der Planung von Rammarbeiten empfehlen wir zur Auswahl der Rammtechnologie und -geräte eine Fachfirma einzuschalten und ggf. Proberammungen vorzusehen. Die von uns vorgenommenen Einschätzungen zur Rammbaarkeit schließen nicht die Erfahrungen von Baufirmen bei der Durchführung von Rammarbeiten mit ähnlichen Baugrundverhältnissen aus.

## **2.8 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens**

Zur Beurteilung der Betonaggressivität und Stahlkorrosivität wurde aus 4 Bodenproben der Bohrung 5.3 aus den Tiefen 2,3 - 4,6 m eine Mischprobe gebildet und auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht.

Ausgehend von den Analyseergebnissen ist der untersuchte Boden nach DIN 4030 nicht betonangreifend. Es sind somit keine besonderen baustofftechnischen und / oder beton-technologischen Maßnahmen nach DIN 1045 zur Erzielung eines dauerhaften Betons erforderlich.

Die Untersuchung des Bodens auf die Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe ergab die Bodenklasse 1b (schwach aggressiv). Die Korrosionswahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion ist gering und für Flächenkorrosion sehr gering.

Die Einzelergebnisse zu den untersuchten Parametern sind in der Anlage 5 des vorliegenden Berichts enthalten.



### **3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Bautechnische Empfehlungen**

#### **3.1 Gründung der Widerlager**

Aus den Aufschlussprofilen in Anlage 3 ist ersichtlich, dass die Gründungssohlen bei einer Gründungstiefe von 1,5 m unter GOK ( $\approx 6,9$  m unter SO) innerhalb der anstehenden locker gelagerten Sande der Schicht 2.1 liegen. Unter den v.g. Sanden stehen mitteldicht und dicht gelagerte Sande sowie weiche bis feste Geschiebemergel an.

Für die Bemessung der Fundamente sind die zulässigen Bodenpressungen erforderlich. Diese müssen so gewählt werden, dass:

- a) die Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 gewährleistet ist und
- b) keine bauwerksschädlichen Setzungen und Setzungsunterschiede eintreten.

Zur Ermittlung der zulässigen Bodenpressungen wurden in Anlage 6 unter Einhaltung einer zweifachen Sicherheit und lotrecht mittiger Belastung Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen mit dem Programm Footing der Fa. GGU Braunschweig durchgeführt. Bei einer Gründung auf Streifenfundamenten wurden für die Berechnungen folgende Annahmen getroffen:

- Fundamentlänge: 20 m
- Fundamentbreite: 2,0 ... 4,0 m
- Berechnungsprofile: Widerlager Karow  $\Rightarrow$  B 5.3  
Widerlager Bernau  $\Rightarrow$  RKS 5.6
- Gründungstiefe: 1,5 m unter OK Gelände

Bei den Berechnungen gehen wir weiterhin davon aus, dass sich die neuen Gründungen im vorbelasteten Bereich der alten Gründungen befinden, so dass die Setzungsrechnungen mit dem Wiederbelastungsmodul  $E_{SW}$  erfolgten. Die Wiederbelastungsmodule sind dabei bis zur Größe der Aushubentlastung anwendbar. Die Größe des Wiederbelastungsmoduls  $E_{SW}$  wird bei den Geschiebemergeln (Schicht 3) als 2-facher Erstbelastungsmodul  $E_S$  und bei den Sanden (Schicht 2) als 1,5-facher Erstbelastungsmodul angesetzt. Da uns zum jetzigen Zeitpunkt keine detaillierten Angaben zum Bauwerk (z.Bsp. vorhandene und zukünftige Sohlspannung, neue Fundamentabmessungen) vorliegen, wurden vereinfachend für den gesamten Baugrund die Wiederbelastungsmodule angesetzt. Sind die Sohlspannungen des neuen Bauwerkes höher als die des vorhandenen Bauwerkes, liegen die berechneten Setzungen unter den zu erwartenden Setzungen.

Zur Homogenisierung der Gründungsverhältnisse wird empfohlen, die im Bereich des Widerlagers Karow mit der Bohrung B 5.3 nur wenige Dezimeter unter der Gründungssohle festgestellte Tonschicht im Rahmen der Gründungsmaßnahmen auszubauen und durch ein

nichtbindiges Kies-Sand-Gemisch (U>6) zu ersetzen. Dementsprechend wurde die Berechnung für dieses Widerlager mit einem Gründungspolster ausgeführt.

In Abhängigkeit von den Fundamentbreiten ergeben sich die zulässigen Bodenpressungen wie folgt:

Tabelle 6 zulässige Bodenpressungen und Setzungen für Flachgründungen

	$\sigma_{zul}$ für zweifache Grundbruchsicherheit [kN/m <sup>2</sup> ]		$\sigma_{zul}$ für Setzung von 2 cm [kN/m <sup>2</sup> ]	
	b = 2,0 m	b = 4,0 m	b = 2,0 m	b = 4,0 m
Widerlager Karow (mit Gründungspolster)	545 (s = 4,6 cm)	550 (s = 7,2 cm)	240	150
Widerlager Bernau	545 (s = 5,2 cm)	675 (s = 9,7 cm)	210	140

Die Zwischenwerte bzw. die Setzungen in Abhängigkeit von den Bodenpressungen und Fundamentbreiten können den Diagrammen der Anlage 6 entnommen werden.

**Folgerungen:**

Bei den in Gründungssohle vorhandenen Sanden und den tiefer liegenden Geschiebemergeln ist eine Flachgründung der neuen Widerlager im vorbelasteten Bereich möglich.

Die angegebenen zulässigen Bodenpressungen dienen einer Vorbemessung und sollten nach Vorliegen der genauen Pläne und Lastangaben des Bauwerkes anhand von Grundbruch- und Setzungsberechnungen überprüft und gegebenenfalls präzisiert werden. Sollten die neuen Gründungskörper außerhalb des Vorbelastungsbereichs angeordnet werden, sind für die Berechnungen die Erstbelastungsmoduln  $E_s$  entsprechend Punkt 2.6 zu verwenden.

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen ist nicht auszuschließen, dass sich in Höhe der Gründungssohle Geschiebemergel / -lehme befinden (s. B 5.3 und RKS 5.1). Es wird empfohlen, zur Homogenisierung der Gründungsverhältnisse diese Schichten im Rahmen der Gründungsmaßnahmen auszubauen und durch ein nichtbindiges Kies-Sand-Gemisch (U>6) zu ersetzen.

Eine Erhöhung der Bodenpressungen bzw. eine Verringerung der Setzungen kann durch ein entsprechend dimensioniertes Gründungspolster erreicht werden. Beim Einbau eines Gründungspolsters ist zu beachten, dass dieses einen Überstand besitzen muss, der mindestens so groß wie dessen Dicke ist, da sich die Fundamentlast im Kiessand etwa unter 45° ausbreitet. Das nichtbindige Kies-Sand-Gemisch ist im erdfeuchten Zustand in Lagen mit  $d \leq 0,30$  m einzubauen und zu verdichten. Für das Gründungspolster können folgende Bodenrechenwerte zum Ansatz gebracht werden:

- |                              |                                     |
|------------------------------|-------------------------------------|
| • Wirksamer Reibungswinkel   | cal $\varphi'$ = 37,5°              |
| • Wirksame Kohäsion          | cal $c'$ = 0 kN/m <sup>2</sup>      |
| • Wichte des feuchten Bodens | cal $\gamma$ = 19 kN/m <sup>3</sup> |
| • Steifemodul                | $E_s$ = 50 MN/m <sup>2</sup> .      |

Bei einer Gründungsordinate oberhalb der derzeit vorhandenen Gründungsordinate ist nach Abbruch der bestehenden Gründungskörper das v.g. nichtbindige Kies-Sand-Gemisch (U>6) bis zur neuen Gründungsordinate einzubauen.

Vor den Gründungsarbeiten sind in der Aushubsohle anstehende Sande mit geeigneten Verdichtungsgeräten nachzuverdichten. In der Aushubsohle verbleibende Geschiebemergel / -lehme sind nur mit einer Glattschaufel abzuziehen und vor Durchnässung zu schützen. Dynamische Anregungen sind zu vermeiden. Eine erforderliche frostfreie Gründungstiefe (Abstand von UK Fundament zu der dem Frost ausgesetzten Oberfläche) ist mit mind.  $t \geq 0,8$  m zu gewährleisten.

Bei einer Herstellung von getrennten Fundamenten für die Überbauten der S-Bahn und Fernbahn ist die gegenseitige Beeinflussung von Nachbarfundamenten zu prüfen und zu beachten.

### 3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Für den Abbruch der alten Gründungen und die Herstellung der neuen Widerlager sind Baugruben erforderlich. Ein für die Baugruben erforderlicher Verbau kann ebenso wie sonstige Verbaumaßnahmen mit den Rechenwerten aus Abschnitt 2.6 berechnet werden. Die „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben – EAB“ sind zu beachten. Weiterhin gelten die Hinweise zur Rammfähigkeit des Baugrundes aus Abschnitt 2.7. Nach dem Entfernen des Verbaus sind aufgelockerte Bereiche unbedingt nachzuverdichten. Für die Herstellung von Baugruben sind die Forderungen, Empfehlungen und Hinweise der DIN 4124 zu beachten.

Für notwendige Rückverankerungen des Baugrubenverbaus mittels Verpressanker können in Abhängigkeit von der Krafteintragungslänge sowie den vorhandenen Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen die Grenzlaster näherungsweise nach den Diagrammen von OSTERMAYER (Grundbautaschenbuch, Teil 2) angesetzt werden.

Tabelle 7 Grenzlasten für Verpressanker in nichtbindigen Böden

Schicht	Krafteintragungslänge $l_0$	Grenzlast beim Bruch $F_{ult}$ [kN]
Schicht 2.2 Sande, mitteldicht	4 m	350
	5 m	400
	6 m	450
	7 m	475
	8 m	500
Schicht 2.3 Sande, dicht	2 m	300
	3 m	450
	4 m	550
	5 m	650
	6 m	700

Grundlagen: Verpresskörperdurchmesser  $d_0 = 100...150$  mm und Überlagerung  $\geq 4$  m

Tabelle 8 Grenzwerte der mittleren Mantelreibung für Verpressanker in bindigen Böden

Schicht	Krafteintragungslänge $l_0$	Grenzwerte der mittleren Mantelreibung $\tau_M$ [kN/m <sup>2</sup> ] (mit Nachverpressung)
Schicht 3.2 Geschiebemergel, steif	5 m	200
	6 m	180
	7 m	165
	8 m	150
Schicht 3.3 Geschiebemergel, halbfest	5 m	300
	6 m	270
	7 m	250
	8 m	230

Für zylindrische Verpresskörper können die Grenzlasten überschläglich mit den o.g. Mantelreibungswerten wie folgt ermittelt werden:  $F_{ult} = \pi * d_0 * l_0 * \tau_M$ . Bei nachverpressten Ankern sollten dabei die Verpresskörperdurchmesser  $d_0$  dem Bohrdurchmesser gleichgesetzt werden.

Eine Angabe von Grenzlasten für Verpressanker ist für die erkundeten locker gelagerten Sande bzw. die weichen Geschiebemergel /-lehme nach den v.g. Diagrammen nicht möglich.

Die tatsächlich aufnehmbaren Ankerkräfte sind an Probeankern im Rahmen einer Eignungsprüfung nachzuweisen. An jedem fertig gestellten Anker ist eine Abnahmeprüfung durchzuführen.

Das Grundwasser wurde in einer Tiefe von 1,4 ... 1,6 m unter OK Gelände (= ca. 6,0 ... 6,3 m unter SO) erkundet. Bei einer Gründungstiefe von 1,5 m unter OK Gelände und Einbau eines Gründungspolsters sind somit Maßnahmen zur Wasserhaltung und zur Auftriebssicherheit zu berücksichtigen. Die Grundwasserabsenkungen zur Trockenlegung der Baugruben können mittels einer geschlossenen Grundwasserhaltung bzw. einer offenen Grundwasserhaltung erfolgen. Die offenen Wasserhaltungen sind dabei jedoch bis zu einem Absenkziel von max. 1 m zu begrenzen bzw. können zur Abfangung von Sicker-, Schichten- und Oberflächenwasser in den Baugruben angewendet werden.

Bei einer Absenkung des Grundwasserspiegels innerhalb der Baugrubenumschließung müssen die Baugrubenwände ausreichend tief in den Untergrund einbinden, um einen hydraulischen Grundbruch auszuschließen. Es ist zu beachten, dass unterhalb der Geschiebemergel bzw. in den darin eingelagerten Sandschichten gespannte Grundwasserverhältnisse vorhanden sind.

Bei einer flächigen Grundwasserabsenkung ist zu berücksichtigen, dass im Absenkungsbereich der Auftrieb entfällt und das Raumgewicht des Bodens sich erhöht. Die dadurch bewirkte zusätzliche Belastung des Baugrundes kann zu Setzungen an vorhandenen Bebauungen und Verkehrswegen innerhalb des Absenkbereiches führen.

Bei notwendig werdenden Grundwasserabsenkungen empfehlen wir in jedem Fall entsprechende Pumpversuche im Vorfeld der Baumaßnahme auszuführen.

### **3.3 Temporäre Hilfsbrücken**

Soll der Eisenbahnbetrieb während der Baumaßnahmen aufrechterhalten bleiben, ist der Einbau von Hilfsbrücken erforderlich. Für die Auflagerung der Hilfsbrücken schlagen wir vor, diese ggf. über Querträger auf den Trägern der Verbauwände aufzulagern. Wenn die Spundwände des Baugrubenverbaus als Widerlager für die Hilfsbrücke verwendet werden sollen, sind diese für die vertikalen und horizontalen Lasten zu dimensionieren. Ein einheitliches Berechnungsverfahren für die vertikale Tragfähigkeit von Spundwänden gibt es nicht. Grundsätzlich liefert nach DIN 1054 eine Probelastung sicherere Ergebnisse als eine Dimensionierung auf der Basis von Erfahrungswerten. Hier wird eine Dimensionierung für vertikale Lasten auf der Basis von /U15/ vorgeschlagen.

Die Lastabtragung einer Spundwand erfolgt über Spitzendruck und Mantelreibung. Spundbohlen können wie Rammpfähle betrachtet werden. Als Spitzendruckfläche darf die Umhüllende des Wandquerschnitts angesetzt werden, wenn eine Pfropfenbildung gewährleistet ist. Dies ist dann der Fall, wenn die Bohlen mindesten 5 m in den tragfähigen Boden einbinden. Tragfähiger Boden bedeutet nichtbindige Böden mit einem Spitzenwiderstand der Drucksonde von mindestens

7,5 MN/m<sup>2</sup> (mitteldichte Lagerung) oder bindige Böden mit einem  $c_u$ -Wert von mindestens 100 kN/m<sup>2</sup> (steife Konsistenz).

Bei Spundwandprofilen mit einem Abstand der Stege > 400 mm ist die Spitzendruckfläche abzumindern, da der Pfropfen nicht mehr die gesamte Fläche abdeckt. Es sind die Abminderungsfaktoren  $\kappa$  nach Radomski anzuwenden (/U15/). Sie liegen zwischen  $\kappa = 0,29$  für das Profil Larssen 601 und  $\kappa = 0,87$  für das Profil Hoesch 2500.

Die Pfahlsitzenwiderstände und die Mantelreibungswerte für gerammte Stahlpfähle können nach Schenck /U18/ wie folgt angenommen werden.

Tabelle 9 Spitzendruck und Mantelreibung für Rammpfähle (nach Schenck /U18/)

		Spitzendruck $\sigma_{sf}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	mittlere Mantelreibung $\tau_{mf}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Schicht 2.1	anstehende Sande, locker	---	10
Schicht 2.2	anstehende Sande, mitteldicht	2,0	20
Schicht 2.3	anstehende Sande, dicht	5,0	35
Schicht 3.1	Geschiebemergel / -lehm weiche Konsistenz	---	5
Schicht 3.2	Geschiebemergel / -lehm steife Konsistenz	1,0	20
Schicht 3.3	Geschiebemergel / -lehm halbfeste Konsistenz	2,0	40
Schicht 3.4	Geschiebemergel / -lehm feste Konsistenz	6,0	70

Die Berechnung der Tragfähigkeit auf der Basis von Erfahrungswerten liegt erfahrungsgemäß auf der sicheren Seite. Mit Hilfe von Probelastungen ist i.A. eine wirtschaftlichere Bemessung möglich.

Abminderungsfaktoren beim Einsatz von Rammhilfen bei Rammpfählen:

Tabelle 10 Abminderungsfaktoren

	Vorbohren	Spülhilfe
Mantelreibung	0,5 bei $d - d_B \leq 50$ mm	0,9
	0,6 bei $d - d_B > 50$ mm	
	1,0 bei $d - d_B > 150$ mm	
Spitzendruck	1,0 <sup>1)</sup>	1,0 <sup>1)</sup>

d Pfahl-  $\varnothing$  bzw. –breite

$d_B$   $\varnothing$  Bohrung

<sup>1)</sup> gilt nur, wenn Rammhilfe 1,0 m oberhalb der Pfahlsitze endet

Die horizontalen Bettungsmoduli für Spundwände ergeben sich nach Sherif /U16/ wie folgt:

- für nichtbindige Böden kann  $k_s$  mit der Tiefe linear zunehmend angesetzt werden zu

$$k_s(x) = k_{su} \cdot x / L$$

$k_{su}$  ... Lagerungsdichtebeiwert  
 $x$  ... Tiefe unter GOK  
 $L$  ... Einspannlänge der Spundwand

Tabelle 11 Beiwerte  $k_{su}$  für nichtbindige Böden nach /U16/

	Schicht 2.1 lockere Lagerung	Schicht 2.2 mitteldichte Lagerung	Schicht 2.3 dichte Lagerung
über Wasser	$k_{su} = 0,8 \text{ MN/m}^3$	$k_{su} = 2,6 \text{ MN/m}^3$	$k_{su} = 6,4 \text{ MN/m}^3$
unter Wasser	$k_{su} = 0,5 \text{ MN/m}^3$	$k_{su} = 1,6 \text{ MN/m}^3$	$k_{su} = 4,2 \text{ MN/m}^3$

- für bindige Böden kann  $k_s$  konstant angesetzt werden zu

$$k_s(x) = \alpha / L$$

$\alpha$  ... Konsistenzbeiwert  
 $L$  ... Einspannlänge der Spundwand

Tabelle 12 Beiwerte  $\alpha$  für bindige Böden nach /U16/

	Schicht 3.2 steife Konsistenz	Schicht 3.3 halbfeste Konsistenz	Schicht 3.4 feste Konsistenz
$c_u$ -Wert	50 - 100 kN/m <sup>3</sup>	100 - 200 kN/m <sup>3</sup>	> 200 kN/m <sup>3</sup>
$\alpha$	8 MN/m <sup>2</sup>	16 MN/m <sup>2</sup>	32 MN/m <sup>2</sup>

### 3.4 Widerlagerhinterfüllungen

Mit den im Damm hinter den Widerlagerkörpern ausgeführten Aufschlüssen wurden Böden erkundet, die nicht den Materialanforderungen nach Ril 836 für einen Übergang zwischen Ingenieurbauwerk und Erdbauwerk entsprechen. Mit dem Neubau des Bauwerkes muss auch die Hinterfüllung gemäß den Forderungen der Ril 836 bzw. dem „Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung von Bauwerken“ der FGSV so ausgebildet werden, dass Setzungen am Übergang zwischen Kunstbauwerk und Erdbauwerk infolge:

- Konsolidierung des Untergrundes,
- Eigenverformung der Hinterfüllung und
- Verkehrsbelastung

minimiert werden.

Bei Einordnung der vorhandenen Strecken in die Streckenkategorie P 160, M 160, G 120, R 120 mit dem Kriterium „Ertüchtigung / Instandhaltung“ sind nach Ril 836, Modul 836.0504, Bild 2 für die Hinterfüllung wasserdurchlässige, grobkörnige Kiessande (GW, GI, SW, SI nach DIN 18196) mit  $D_{pr} \geq 1,0$  einzubauen. Um die geforderten Verdichtungskriterien zu erreichen, müssen die v.g.

Böden im erdfeuchten Zustand in Lagen  $\leq 0,30$  m eingebaut und verdichtet werden. Die Verdichtung ist nachzuweisen, einzubauendes Material auf seine Eignung hin zu prüfen. Zur Qualitätssicherung im Hinterfüllbereich ist der Prüfumfang gemäß Seite 3, Absatz 7 der Ril 836, Modul 836.0504 einzuhalten.

### **3.5 Einfluss der Baumaßnahmen auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen**

Im Zuge der Baumaßnahme ist, insbesondere bei Rammarbeiten, mit Setzungen im Gleisbereich zu rechnen. Falls keine Gleissperrungen für die Baumaßnahme zur Verfügung stehen, ist während der Rammarbeiten in jedem Fall eine Langsamfahrstelle als bahnseitige Schutzmaßnahme einzurichten. Eine kontinuierliche Beobachtung und Überwachung des vorhandenen Dammes, der Gleisanlagen und der in unmittelbarer Nähe befindlichen Oberleitungsmaste ist während und auch nach Beendigung der Arbeiten erforderlich. Die Rammsysteme sind so zu wählen, dass möglichst geringe Erschütterungen wirken.

Im Zuge der Bauausführung ist auf eine intensive Verdichtung bis unmittelbar an den Verbau zu achten, um die Setzungen der nach dem Ziehen des Verbaus verbleibenden Hohlräume infolge dynamischer Belastung des Bahnkörpers möglichst gering zu halten. Bei Nichtbeachtung kann es an den Streckengleisen zu Setzungen bzw. Verwindungen kommen.

Eine Beweissicherung im Vorfeld der Maßnahmen wird empfohlen.

### **3.6 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen**

Die aufgefüllten Sande, Kiese und Geschiebelehme sind unter Aushaltung von Schotter- oder Bauschuttbeimengungen ebenso wie die anstehenden Sande und Geschiebemergel z.B. für die bautechnische Wiederverwendung in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Materialeigenschaften, Wasserdurchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit o.ä. geeignet (z.Bsp. Geländeauffüllungen). Aufgeweichte bindige Böden sind vor einer Wiederverwendung zu behandeln (Zumischung von Grobkorn, Austrocknung).

Auffüllungen und anstehende Böden aus frostsicheren grob- bis gemischtkörnigen Sanden und Kiesen (Bodengruppe SE, SU, GW, GU) ohne nennenswerte Fremdbestandteile können im Rahmen der Gleisumbaumaßnahmen als Ausgleichsmaterial für die durch den vollständigen Schotterausbau entstandenen Fehlschichten bis zur OK Erdplanum eingebaut werden.

Ausgebaute Oberböden sollten nur zur Rekultivierung zur Anwendung kommen.

Die v.g. Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die bautechnische Wiederverwendbarkeit der Aushubböden. Vor einer Wiederverwendung sind die Ergebnisse von abfalltechnischen Untersuchungen unbedingt zu berücksichtigen.

Alle entnommenen Bodenproben waren bei der Spezifizierung organoleptisch unauffällig.



#### 4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die EÜ Pölnitzweg, km 15,008 dargestellt. Gegenstand der Baugrunduntersuchungen ist die Ermittlung von Bodenkennwerten und Berechnungsannahmen für die Gründung des neuen Brückenbauwerks sowie die Beurteilung des Bodens hinsichtlich der Aggressivität gegenüber Stahl und Beton.

Zur Erkundung des Baugrundes wurden 4 Rammkernbohrungen (RKS), 4 schwere Rammsondierungen (DPH), 2 Drucksondierungen (CPT) und 1 Bohrung (B) und mit Tiefen zwischen 10,0 und 20,0 m niedergebracht. Die qualitative Beschreibung der Bodenverhältnisse wurde durch bodenphysikalische Laborversuche unterstützt.

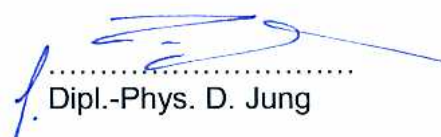
Die erkundeten Baugrundsichten bestehen aus enggestuften grob- bis gemischtkörnigen Sanden in lockerer bis dichter Lagerung und Geschiebemergel von weicher bis halbfester, bereichsweise auch fester Konsistenz. Die Auffüllungen für den Damm bestehen aus grob- und gemischtkörnigen Sanden / Kiesen in lockerer und mitteldichter Lagerung sowie steifen und halbfesten Geschiebelehm. Das Grundwasser wurde in einer Tiefe von 1,4 ... 1,6 m unter OK Gelände (= ca. 6,0 ... 6,3 m unter SO) erkundet. Bei einer Gründungstiefe von 1,5 m unter OK Gelände und Einbau eines Gründungspolsters sind somit Maßnahmen zur Wasserhaltung und zur Auftriebssicherheit zu berücksichtigen.

Bei den anstehenden Böden ist unter Berücksichtigung der im vorliegenden Bericht aufgeführten Hinweise, Forderungen und Empfehlungen eine Flachgründung der neuen Fundamente auf Streifenfundamenten möglich. Die angegebenen zulässigen Bodenpressungen dienen einer Vorbemessung und sollten nach Vorliegen der genauen Pläne und Lastangaben des Bauwerkes anhand von Grundbruch- und Setzungsberechnungen überprüft und gegebenenfalls präzisiert werden.

Die punktförmig durchgeführten Bodenuntersuchungen geben einen guten Überblick über die vorhandenen Untergrundverhältnisse, sie schließen jedoch Abweichungen von den dargestellten Baugrundverhältnissen nicht aus. Wir empfehlen uns einzuschalten, wenn sich Abweichungen vom Gutachten ergeben oder planungstechnische Änderungen durchgeführt werden, die Einfluss auf die Gründungsmethodik haben.

Für Rückfragen zu diesem Bericht stehen wir gern zur Verfügung. Unsere Untersuchungen zum Teilobjekt EÜ Pölnitzweg, km 15,008 sind hiermit abgeschlossen.

aufgestellt:



.....  
Dipl.-Phys. D. Jung