



VERKEHRSSBAU PROJEKT GmbH BERLIN  
Ingenieurbüro für Bau- und Verkehrswesen



# Gutachten zu den Unterbau- und Gründungsverhältnissen einschl. Umweltanalytik

**Vorhaben** : Oberbausanierung Straßenbahnlinie

**Objekt** : Sterndamm

**Auftraggeber** : BVG - Berliner Verkehrsbetriebe  
Unternehmensbereich Straßenbahn  
Abt. Bautechnische Anlagen  
BS - BA 21  
Siegfriedstraße 30/44  
10365 Berlin-Lichtenberg

**Aufgestellt** :

Berlin, den 16.09.1998

Dipl.-Ing. Reimer  
Ing. für Baugrund

Tel.-Nr.: (0 30) 42 19 41 10

<b>1</b>	<b>Unterlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Anlagen</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Feststellungen</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Projektverhältnisse</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Streckenverlauf und Morphologie</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>Geologische Verhältnisse</b> .....	<b>12</b>
<b>3.4</b>	<b>Baugrundverhältnisse</b> .....	<b>13</b>
3.4.1	Erkundung des Baugrundes .....	13
3.4.2	Baugrundsichtung .....	14
3.4.2.1	Ober- und Unterbauverhältnisse .....	14
3.4.2.1.1	Geschlossener Oberbau .....	14
3.4.2.1.2	Offener Oberbau (Wendeschleife Südostallee und Sterndamm) .....	16
3.4.2.2	Untergrundverhältnisse .....	17
3.4.3	Lagerungsverhältnisse .....	19
3.4.4	Baugrundeigenschaften .....	20
<b>3.5</b>	<b>Hydrologische Verhältnisse</b> .....	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Kontaminationsuntersuchungen</b> .....	<b>24</b>
4.1	Umfang der chemischen Untersuchungen .....	24
4.2	Anforderungen an die Verwertung von Reststoffen .....	25
4.3	Beurteilung der chemischen Verunreinigung des Ober- und Unterbaus ..	26
<b>5</b>	<b>Schlußfolgerungen</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Allgemeine Baugrundeinschätzung</b> .....	<b>28</b>
<b>5.2</b>	<b>Einfluß des Grundwassers</b> .....	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Frosteinwirkungsgebiet, geotechnische Kategorie</b> .....	<b>28</b>
<b>5.4</b>	<b>Beurteilung der Frostempfindlichkeit</b> .....	<b>29</b>
<b>5.5</b>	<b>Allgemeine Forderungen</b> .....	<b>29</b>
5.5.1	Bemessungsgrundlagen .....	29
5.5.2	Anforderungen an das Tragschichtmaterial .....	30
5.5.3	Mindestanforderungen bezüglich Tragfähigkeit und Verdichtung von Planum und Erdplanum .....	31
5.5.4	Bemessung des Tragschichtsystems .....	31
<b>5.6</b>	<b>Hinweise zum Erdbau</b> .....	<b>35</b>
5.6.1	Allgemeine Hinweise .....	35
5.6.2	Maßnahmen im Bereich organischer Böden und Bauschuttuffüllungen ..	36

<b>5.7</b>	<b>Planumsentwässerung .....</b>	<b>36</b>
5.7.1	Offener Oberbau.....	36
5.7.2	Geschlossener Oberbau .....	37
<b>5.8</b>	<b>Verwertung des anfallenden Schotters und Tragschicht-</b>	
	<b>materials .....</b>	<b>37</b>
<b>5.9</b>	<b>Hinweise zur Leitungsverlegung .....</b>	<b>41</b>
5.9.1	Herstellung der Leitungsgräben .....	41
5.9.2	Verfüllung der Leitungsgräben .....	42
<b>5.10</b>	<b>Erdstoffkennwerte .....</b>	<b>43</b>
<b>5.11</b>	<b>Fahrleitungsmaste .....</b>	<b>43</b>
<b>5.12</b>	<b>Bodenklassen .....</b>	<b>43</b>
<b>5.13</b>	<b>Weiterführende Untersuchungen .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>Schlußbemerkung .....</b>	<b>44</b>

## **1      Unterlagen**

- 1.1      Angebot vom 28.01.1998
- 1.2      Auftrag vom 21.04.1998
- 1.3      Lage- und Höhenplan i.M. 1:500
- 1.4      Geologische Karte Köpenick, i.M. 1:25.000 mit Erläuterungen
- 1.5      Leitungsbestandspläne der einzelnen Medienträger, i.M. 1:250
- 1.6      Schichtenverzeichnisse und Lockergesteinsproben von 30 Rammkernsondierungen (Kleinrammbohrungen nach DIN 4021), die Aufschlußarbeiten wurden im Zeitraum vom 21.04 bis 14.05.1998 durch die Abteilung Baugrund der VEPRO Berlin GmbH durchgeführt.
- 1.7      Schichtenverzeichnisse und Bohrkerne von 12 Straßenkernbohrungen. Die Kernbohrungen wurden am 17.04.1998 durchgeführt.
- 1.8      Sondierprotokolle von 9 Rammsondierungen (DPL-5 nach DIN 4094). Die Rammsondierarbeiten erfolgten vom 21.04. bis 14.05.1998 durch die Abt. Baugrund der VEPRO Berlin GmbH.
- 1.9      Laboruntersuchungen von ausgewählten charakteristischen Bodenproben
- 1.10     Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen BOStrab vom 11. Dezember 1987
- 1.11     Betriebskonzept TRAM, herausgegeben von der BVG, Unternehmensbereich Straßenbahn im Dezember 1994
- 1.12     VDV - Oberbaurichtlinien (OR) und Oberbau - Zusatzrichtlinien (OR-Z), Stand Juli 1995
- 1.13     Herstellung, Instandhaltung und Prüfung der bautechnischen Anlagen, Anweisung Nr. 2 zur BOStrab

- 1.14 Merkblatt über Gleisanlagen in öffentlichen Verkehrsflächen, die von Kraftfahrzeugen befahren werden, FGSV Ausgabe 1993
- 1.15 Merkblatt für Maßnahmen zum Schutz des Erdplanums, FGSV Ausgabe 1980
- 1.16 Bahnübergangsbefestigungen und Eindeckungen von Gleisanlagen, BDE Technische Information Nr. 24, Ausgabe 1981
- 1.17 Gleiseindeckungen für Straßenbahnen und Stadtbahnen, VÖV, Reihe Technik 3.41.1, Ausgabe Mai 1985
- 1.18 DS 836 (VE) Vorschrift für Erdbauwerke, Deutsche Bundesbahn, 01.01.1985
- 1.19 ZTVE-StB 94 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 1994, Fassung 1997
- 1.20 ZTVT-StB 95 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau, Ausgabe 1995
- 1.21 ZTVV-StB 81 Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen im Straßenbau, Ausgabe 1981
- 1.22 ZTVA-StB 97 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 1997
- 1.23 RStO 86/89 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 1986, ergänzte Fassung 1989
- 1.24 RStO-E Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus bei der Erneuerung von Verkehrsflächen, Entwurf 1991
- 1.25 Bodenerkundung im Straßenbau, Teil 1; Richtlinien für die Beschreibung und Beurteilung der Bodenverhältnisse, FGSV Köln
- 1.26 Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 Stand November 1997, Erich Schmidt Verlag

## **2 Anlagenverzeichnis**

### **2.1 Pläne**

- |       |   |       |   |
|-------|---|-------|---|
| 2.1.1 | 1 | Blatt | Übersichtsplan i.M. 1:15.000                    |
| 2.1.2 | 1 | Blatt | Auszug aus der geologischen Karte i.M. 1:25.000 |
| 2.1.3 | 8 | Blatt | Lage- und Aufschlußpläne i.M. 1:500             |

### **2.2 Bodenprofile**

- |  |   |       |  |
|--|---|-------|--|
|  | 4 | Blatt | Baugrundlängsschnitte mit Feststellungen und bautechnischen Empfehlungen i.M. 1:1.000 / 1:50 |
|--|---|-------|--|

### **2.3 Bodenmechanische Untersuchungen**

- |       |    |       |   |
|-------|----|-------|---|
| 2.3.1 | 20 | Blatt | Korngrößenverteilungslinien nach DIN 18 123 |
| 2.3.2 | 6  | Blatt | Zusammenstellung von Erdstoffkennwerten     |

### **2.4 Chemische Untersuchungen**

- |  |    |       |                             |
|--|----|-------|-----------------------------|
|  | 35 | Blatt | Prüfung von Feststoffproben |
|--|----|-------|-----------------------------|

### **3 Feststellungen**

#### **3.1 Projektverhältnisse**

Die BVG plant die Oberbausanierung der Straßenbahnlinie „Sterndamm“ von der Gleisschleife (GS) Südostallee bis zur GS Johannisthal. Die ein- bis mehrgleisige Straßenbahnlinie verläuft flurgleich als straßenbündiger Bahnkörper, abschnittsweise auf einem besonderen Bahnkörper. Zur Übersichtlichkeit wird die untersuchte Strecke im nachfolgenden in drei Abschnitte unterteilt.

##### **GS Südostallee**

Die zweigleisige Zufahrt zur Wendeschleife sowie die sich an die GS anschließenden drei Aufstellgleise besitzen einen geschlossenen Oberbau mit bituminöser Eindeckung, wobei der straßenbündige Bahnkörper nur eingeschränkt vom allgemeinen Straßenverkehr genutzt wird. Im unmittelbaren Bereich der eingleisigen Wendeschleife ist ein besonderer Bahnkörper mit offenem Querschwellenoberbau vorhanden.

Die Gleise im Bereich der Überfahrt Sterndamm / GS Südostallee liegen in Asphalt.

##### **Sterndamm**

Von der Einmündung der GS Südostallee in den Sterndamm bis zum Königsheideweg wird die Strecke auf einem besonderen Bahnkörper geführt. Dabei ist von GS Südostallee bis zur Südostallee auf der westlichen Seite des Sterndamms ein geschlossener, verplatteter Oberbau, ab der Südostallee bis zum Königsheideweg ein offener Oberbau mit Betonschwellen und Schotterbettung vorhanden.

Ab Königsheideweg bis zur GS Johannisthal verläuft die zweigleisige Straßenbahnlinie flurgleich in der Mitte der Straße als straßenbündiger Bahnkörper, ist also Bestandteil der Straße und wird vom allgemeinen Kraftfahrzeugverkehr mitgenutzt. Der Oberbau ist als geschlossener Oberbau mit geschlossenen Fugen ausgeführt. Die Gleise liegen in GVP (Großverbundplatten), im Bereich der Gleisbögen zur GS in Pflaster bzw. Asphalt. Die restliche Straße ist durch Asphalt eingedeckt.

Die im Bereich des offenen Oberbaus vorhandenen Überfahrten sind als geschlossener Oberbau mit Großverbundplatten (GVP) ausgeführt.

### **GS Johannisthal**

Im Bereich der GS Johannisthal verläuft die eingleisige Straßenbahnlinie flurgleich in der Mitte der Straße als straßenbündiger Bahnkörper und wird vom allgemeinen Kraftfahrzeugverkehr mitgenutzt. In der Winckelmannstraße, zwischen Gleisbogen Haeckelstraße und Vereinsstraße weitet sich die eingleisige Strecke auf zwei Gleise auf, die als Abstell- bzw. Wartegleise zu dienen. Der Oberbau ist als geschlossener Oberbau mit geschlossenen Fugen ausgeführt. Die Gleise liegen in GVP, im Bereich der Weichen und Gleisbögen in Pflaster. Die übrige Straße ist durch Asphalt und / oder Pflaster eingedeckt.

Die Oberleitung ist im Bereich des geschlossenen Oberbaus, an rechts und links der Straße aufgestellten Betonmasten abgespannt, im Bereich des offenen Oberbaus zwischen Südostallee und Königshaideweg an einzelnen Betonmasten mit Ausleger.

Vorgesehen ist in den Bereichen des geschlossenen Oberbaus ein Ausbau der Strecke in Asphaltbauweise als „Rahmengleis mit vollbituminöser Eindeckung“, im Bereich des offenen Oberbaus eine Oberbausanierung mit offenem Querschwellengleis und Schotterbettung. Als Schienenprofil kommt beim geschlossenen Oberbau die Rillenschiene Ri 60, beim offenen Oberbau die Kopfschiene S 49 auf Betonschwellen zum Einsatz.

Weitere Einzelheiten, wie die Eindeckung der Fahrbahnquerungen, lagen zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor, können aber den aktuellen Projektunterlagen entnommen werden.

### 3.2 Streckenverlauf und Morphologie

Im folgenden ist durch den Bearbeiter die Blickrichtung und Kilometrierung von der Einfahrt in die GS Südostallee in Richtung Ausfahrt GS Johannisthal festgelegt worden, wobei die GS Südostallee gesondert betrachtet wird und eine eigene Kilometrierung erhält.

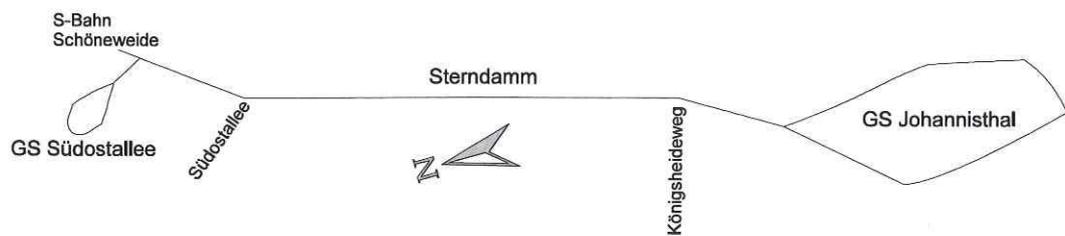


Bild 1: Lageskizze

#### GS Südostallee

Von der Einfahrt in die Gleisschleife Südostallee bis zum Beginn der Wendeschleife besitzt die zweigleisige Strecke einen annähernd nordwestlichen Verlauf bei Höhen um 35 mNN. Die sich anschließende Wendeschleife hat eine Länge von ca. 300 m, sie verläuft zuerst 200 m eingleisig und weitet sich dann auf drei Gleise auf, die als Warte- und Abstellgleise dienen.

Vor der Wendeschleife liegen links Bushaltestellen, rechts die Anlagen des Bf Schöneweide. Die Wendeschleife selber liegt in einem Wäldchen. Außerhalb des Gleises ist ein befestigter Gehweg, innerhalb ein befestigter Wirtschaftsweg vorhanden.



Zum Zeitpunkt der Aufschlußarbeiten fanden im Bereich der GS Südostallee Baumaßnahmen statt, wobei die Zufahrt zur Wendeschleife eine vollbituminöse Eindeckung erhielt und die Wendeschleife einen offenen Oberbau mit Betonschwellen und Schotterbettung.

Bild 2: Blick vom Sterndamm in die GS Südostallee

### **GS Südostallee bis Johannes-Werner-Straße (Einfahrt GS Johannisthal)**

Der betrachtete Abschnitt besitzt einen süd-südwestlichen Verlauf bei Höhen um 35 müNN, dabei verläuft die Strecke zwischen km 0,00 und km 0,80 auf einem besonderen Bahnkörper und anschließend als straßenbündiger Bahnkörper in der Mitte des Sterndamms.

Zwischen der GS Südostallee (km 0,05) und der Südostallee (km 0,15) ist eine Haltestelle vorhanden, die durch Hochborde zur Fahrbahn abgegrenzt wird.

Nach der Überfahrt Südostallee (km 0,20) bis zum Königsheideweg (km 0,80) wird der offene Bahnkörper zum Sterndamm hin durch einen bis zu 7 m breiten Grünstreifen mit Bäumen abgegrenzt. Innerhalb des Grünstreifens sind Parkbuchten angeordnet.

Rechts und links des Sterndamms befinden sich Gebäude.



Bild 3: Überfahrt Südostallee



Bild 4: Überfahrt Königsheideweg

### **GS Johannisthal**

Ab der Winckelmannstraße beginnt die Gleisschleife Johannisthal.

Die eingleisige Strecke verläuft bis zur Johannes-Werner-Straße in der Mitte des Sterndamms und beschreibt dann über Johannes-Werner-Straße, Haecelstraße und Winckelmannstraße bis zur Einmündung in den Sterndamm die Gleisschleife Johannisthal bei Höhen um 34 müNN.

Rechts und links der Strecke liegen Wohngebäude.



Bild 5: Blick vom Königsheideweg Richtung Ausfahrt GS Johannisthal



Bild 6: Johannes-Werner-Straße im Bereich der „Torfstelle“

Entlang der untersuchten Strecke befinden sich folgende Haltestellen:

km	Haltestelle
0,07	GS Südostallee
0,10	Südostallee
0,43	Staudenweg
0,47	Pietschkerstraße
0,84	Königsheideweg
1,18	Hövelstraße
1,54	Vereinsstraße
1,90	Haeckelstraße / Aufstellgleise
2,26	Herweghstraße

Tab. 1: Haltestellen entlang der untersuchten Strecke

Die Straßenbahnlinie kreuzt folgende Straßen:

km	Straße	Eindeckung
0,19	Südostallee	GVP / Asphalt
0,45	Staudenweg	GVP
0,88	Königsheideweg	Großpflaster
1,49	Vereinsstraße	GVP
1,62	Mühlbergstraße	GVP

Tab. 2: Kreuzende Straßen entlang der untersuchten Strecke

### **3.3 Geologische Verhältnisse**

Der geomorphologische Charakter des untersuchten Gebietes wird durch das Warschau Berliner Urstromtal bestimmt, das hier einen SO-NW Verlauf besitzt und mit dem Verlauf der Spree übereinstimmt. Mit einer Höhe von 32 müNN stellt die Spree den tiefsten Punkt dieses Gebietes dar. Das Urstromtal wird im Südwesten durch die Teltow - Hochfläche und im Norden durch die Barnim - Hochfläche eingegrenzt.

Die Geologie dieses Gebietes wurde maßgebend im Pleistozän durch die letzte große Vereisung, die Weichsel - Eiszeit, untergeordnet durch das anschließende Holozän, geprägt. Die aus den Gletschern der abklingenden Weichsel-Kaltzeit austretenden Schmelzwässer begannen den vor den Gletschern liegenden Moränenschutt auszuwaschen und die feineren Bestandteile wegzuführen. Der mitgeführte Sand des Moränenschutts wurde wieder in dem breiten Urstromtal sedimentiert, während die feinsten Bestandteile dem Meer zugeführt wurden. Auf diese Weise entstanden die mächtigen Talsandablagerungen. Dabei handelt es sich fast durchweg um fein- bis mittelkörnige Sande, die nur vereinzelt kleinere Gerölle und Geschiebemergellinsen aufweisen. Die Talsande sind in der Regel in den oberen Metern vollständig kalkfrei. Ein hoher Grundwasserspiegel verursachte eine Humifizierung der Sande. Im Holozän kam es in den Talniederungen und Rinnentälern zur Bildung von Torf, Moorerde und Tonen. Besonders die sandig humosen Moorerden bedecken weite Bereiche der niederen Gebiete, wobei ihre Mächtigkeit im Dezimeterbereich liegt. Nur in tieferen Rinnen und Kolken erreichen die organogenen Böden eine Mächtigkeit über 1 m.

Lithologisch ist im Bereich der geplanten Baumaßnahme unter einer geringmächtigen Ablagerung von holozänem sandigem Humus mit Ablagerungen von pleistozänen glazifluviatilen Talsanden zu rechnen, die im zu untersuchenden Bereich eine Mächtigkeit von mehreren Metern erreichen; die ersten Dezimeter können schwach humos sein.

Im Bereich Staudenweg sowie Haeckelstraße wird die zu untersuchende Strecke jeweils von einer holozänen Rinne tangiert, die mit humosem Sand bis Torf gefüllt ist.

### **3.4 Baugrundverhältnisse**

#### **3.4.1 Erkundung des Baugrundes**

Zur Erkundung der Unterbau- und Gründungsverhältnisse wurden im Untersuchungsgebiet 30 Rammkernsondierungen nach DIN 4021 abgeteuft. Die Regelaufschlußtiefe betrug 3 m, wobei zur hydrologischen Orientierung 9 Aufschlüsse bis auf 6 m abgeteuft wurden.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte wurden im untersuchten Streckenabschnitt 9 Rammsondierungen (DPL-5 nach DIN 4094) durchgeführt.

Die Aufschlußarbeiten erfolgten während einer Streckensperrung. Dazu wurden im Bereich der GVP im Vorfeld 12 Straßenkernbohrung ausgeführt, in Pflasterbereichen erfolgte der Deckenaufbruch von Hand. Unterhalb des Deckenaufbruchs wurde ein Schurf mittels Aufbruchhammer und Handbohrer durch die Mitarbeiter der VEPRO GmbH Berlin angelegt.

Im Bereich des offenen Oberbaus wurde ein Schurf mittels Schottergabel durch den Schotteroberbau angelegt und anschließend eine Handbohrung bis auf 1 m unter Geländeoberkante (GOK) durchgeführt.

Ab ca. 1 m unter GOK erfolgte die Durchführung der Rammkern- und Rammsondierungen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die durchgeführten Aufschlüsse. Die Lage der Aufschlüsse kann auch den beigefügten Lage- und Aufschlußplänen (Anlage 2.1.3) entnommen werden.

<b>Art</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Teufe</b>
Rammkernsondierungen	21	3 m
	9	6 m
Rammsondierungen	9	6 m
Straßenkernbohrungen	12	0,1 - 0,2 m

Tab. 3: Durchgeführte Aufschlüsse

Zur Feststellung möglicher Kontaminationen im Bereich des Ober- und Unterbaus wurden an insgesamt 15 Standorten Umweltproben genommen. Dabei wurden je Standort 2 Proben, jeweils im Bereich der Tragschicht sowie der Bodenschicht unterhalb der Tragschicht, entnommen.

Entnahmeorte der Umweltproben:

BS 01/98	BS 02/98	BS 04/98	BS 06/98
BS 07/98	BS 09/98	BS 11/98	BS 13/98
BS 15/98	BS 17/98	BS 19/98	BS 21/98
BS 23/98	BS 25/98	BS 27/98	

Zusätzlich wurden zur chemischen Untersuchung des Oberbaus an den Standorten der Kernbohrungen die Betonkerne sowie bei den Aufschlüssen BS 07/98, BS 09/98 und BS 11/98 Schotterproben entnommen.

### **3.4.2 Baugrundsichtung**

#### **3.4.2.1 Ober- und Unterbauverhältnisse**

Die Ergebnisse der Aufschlußarbeiten sind als Bodenprofilardarstellung gemäß DIN 4023 (Anlage 2.2) dem Gutachten beigelegt. Die Darstellung zeigt die erkundeten Ober- und Unterbauverhältnisse, die Baugrundsichtung sowie die angeschnittenen Grundwasserstände.

Die Aufschlüsse haben Bezug zur Schienenoberkante.

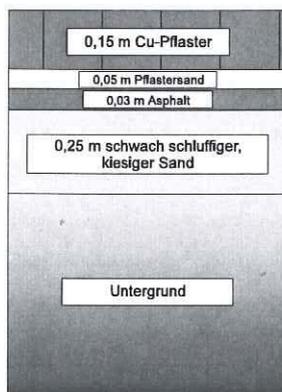
##### **3.4.2.1.1 Geschlossener Oberbau**

Im Bereich des geschlossenen Oberbaus der untersuchten Strecke wurden insgesamt 5 unterschiedliche Bauformen erkundet.

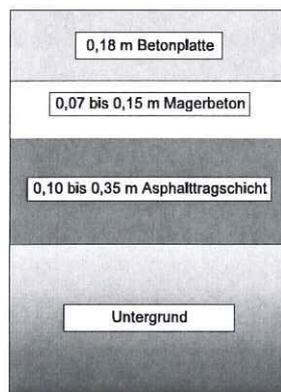
1. Im Bereich der GS Südostallee (BS 01/98) ist unter dem 0,15 m starken Cu-Pflaster und einer 0,05 m mächtigen Schicht aus Pflastersand eine 0,03 m starke Asphaltsschicht vorhanden. Im Liegenden dieser Asphaltsschicht wurde eine 0,25 m mächtige schwach schluffige, kiesige Sandschicht erkundet.

2. In den Aufschlüssen BS 04/98 und BS 05/98 (GS Südostallee bis Südostallee) wurde unterhalb der 0,18 m mächtigen Betonplatten eine 0,07 m bis 0,15 m starke Schicht aus Magerbeton erkundet. Im Liegenden des Magerbetons ist eine 0,10 m bzw. 0,35 m starke Asphalttragschicht vorhanden.
3. Von BS 13/98 (Königsheideweg) bis BS 17/98 (Einfahrt Johannes-Werner-Straße) sowie von BS 21/98 (Haeckelstraße) bis BS 26/98 (Herweghstraße) wurde im Liegenden der 0,12 m bis 0,19 m starken Betonplatten (GVP) und einer 0,05 m bis 0,1 m starken Schicht aus Hartsteinverlegesplitt (HVS) eine 0,10 m bis 0,35 m mächtige Packlage angetroffen.
4. In den Aufschlüssen BS 18/98, BS 19/98 und BS 20/98 (Johannes-Werner-Straße) ist unter der 0,18 m starken GVP und einer 0,05 m starken HVS-Schicht eine 0,16 m mächtige Betontragschicht vorhanden. Ein System von Schächten in der Gleisachse läßt vermuten, daß diese Betontragschicht zum Schutz einer unter den Gleisen vorhandenen Tiefenentwässerung dient.
5. Im Aufschluß BS 27/98 (Ausfahrt GS Johannisthal) wurde im Liegenden der 0,16 m starken GVP und einer 0,1 m starken HVS-Schicht eine 0,14 m mächtige steinige Splitt-Sand Schicht erkundet.

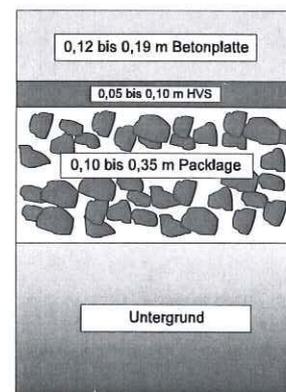
Folgende Bilder geben die bei den Aufschlußarbeiten angetroffenen Ober- und Unterbauverhältnisse wieder:



Bauform 1



Bauform 2



Bauform 3

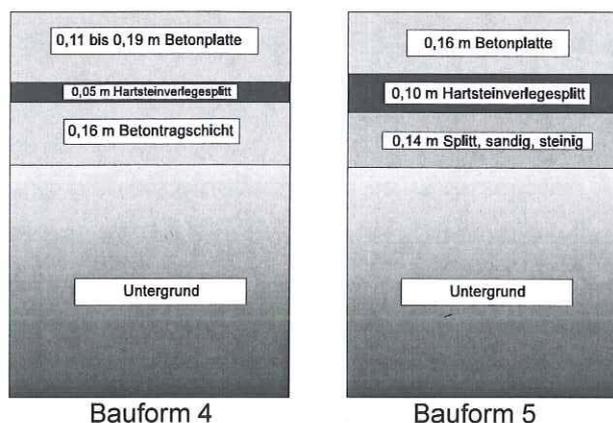


Bild 7: Angetroffene Ober- und Unterbauverhältnisse (geschlossener Oberbau)

### 3.4.2.1.2 Offener Oberbau (Wendeschleife Südostallee und Sterndamm)

- **Oberbau**

Die Bettung besteht aus gebrochenem Naturstein (Schotter).

Die durchschnittliche Schottermächtigkeit beträgt, einschließlich der Schotterverfüllung im Schwellenfach, 0,4 m, wobei die Schottermächtigkeit zwischen 0,2 m (BS 03/98) und 0,7 m (BS 07/98) variiert.

Der Schotter ist im unteren Teufenbereich mit schluffigem Feinsand, der humose Beimengungen aufweist, und Schotterabrieb innig vermengt.

Im Bereich der Wendeschleife Südostallee wurden, nach Beendigung der Aufschlußarbeiten, Oberbauarbeiten durchgeführt, wobei neuer Schotter eingebracht wurde.

- **Unterbau**

Eine Planumsschutzschicht mit Tragschichtfunktion im Sinne der DS 836 EzVE 6 bzw. gemäß TL 918 062, unter Berücksichtigung der vergleichsweise niedrigen Geschwindigkeiten und Achsdrücke beim Straßenbahnbetrieb, ist nicht vorhanden.

Im Bereich von BS 08/98 bis BS 11/98 wurde im Liegenden des Schotters eine 0,1 m mächtige hydraulisch gebundene Bodenschicht angetroffen.

Im Liegenden des Schotter im Aufschluß BS 03/98 (Einfahrt Wendeschleife Südostallee) wurde eine ca. 0,3 m mächtige Packlage erkundet.

Folgende Darstellung gibt schematisch den im untersuchten Abschnitt angetroffenen Ober- und Unterbau im Bereich des offenen Oberbaus wieder:

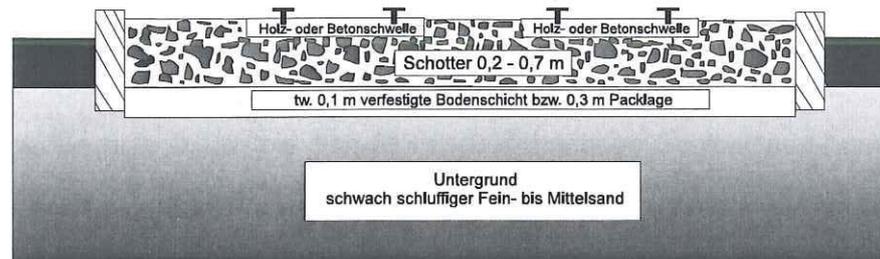


Bild 8: Angetroffene Ober- und Unterbauverhältnisse (offener Oberbau)

### 3.4.2.2 Untergrundverhältnisse

Unter Berücksichtigung der anthropogenen Veränderungen, bestätigen die Baugrundaufschlüsse weitestgehend die geologische Voreinschätzung,.

Im überwiegenden Teil der untersuchten Strecke wurden im Bereich der Planumszone grob- bis gemischtkörnige Bodenarten angetroffen. Diese Schichten wurden als Fein- bis Mittelsande angesprochen, die teilweise schwach schluffige Bestandteile aufweisen. Infolge eingelagerter Ziegel- und Bauschuttreste stellten sich die Böden im oberen Teufenbereich als Auffüllung dar, wobei die Mächtigkeit der Auffüllung zwischen 0,8 m und 2,2 m unter GOK (BS 22/98) schwankte.

Die Sande wurden bis zur Endteufe von max. 6 m unter GOK nicht durchfahren.

Abschnittsweise wurden organogene bis organische Böden angetroffen.

Im Aufschluß BS 08/98 (offener Oberbau) wurde in einer Teufe zwischen 2,6 m und 2,9 m unter GOK ein stark humoser, schluffiger Feinsand erkundet, der einen Glühverlust von  $V_{gl} = 10,0\%$  aufweist und der Bodengruppe OH zuzuordnen ist.

Im Bereich der Aufschlüsse BS 20/98 und BS 21/98 (Johannes-Werner-Straße / Haeckelstraße) wurden zwischen 0,7 m und 2,6 m unter GOK humose bis stark organische Böden angetroffen, die je nach Zusammensetzung den Bodengruppen OH, OT und HZ zuzuordnen sind.

Zur Eingrenzung dieser organogenen bis organischen Böden wurden in diesem Abschnitt drei zusätzliche Rammkernsondierungen abgeteuft. Danach ist unterhalb der Planumszone zwischen der Mühlbergstraße und dem Kurvenbereich zur Haeckelstraße eine 0,1 m bis 1 m (BS 21/98) mächtige Schicht aus humosem bis stark humosem Feinsand vorhanden. Nur im Aufschluß BS 20b/98 wurde ein schluffiger, schwach sandiger Torf in einer Teufe von 1,8 m bis 2,5 m angetroffen.

Folgendes Bild zeigt die im „Eingrenzungsgebiet“ erkundete Bodenschichtung. Einzelheiten können der Anlage 2.2, Blatt 4 entnommen werden.

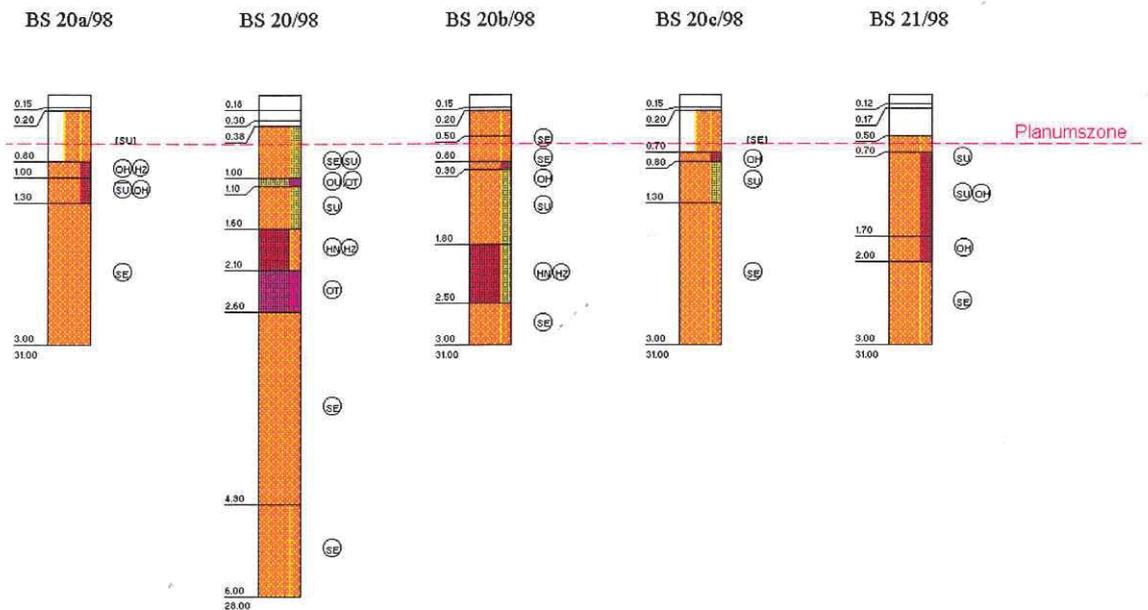


Bild 9: Torfeingrenzung

### 3.4.3 Lagerungsverhältnisse

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen (DPL-5) sind die Sande im Bereich der GS Südostallee bis zum Königsheideweg ab 1,6 m unter GOK mitteldicht bis dicht gelagert.

Ab Königsheideweg bis zum Bauende sind die im Untergrund anstehenden Sande mitteldicht bis dicht gelagert.

Die Ergebnisse der einzelnen Sondierungen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Lage	Teufe unter OK [m]	Schlagzahl N <sub>10</sub>	Lagerungsdichte D
BS 01/98	0,0 - 0,4		Handschachtung
	0,4 - 1,3	3 ... 5	D < 0,3 locker
	1,3 - 2,5	14 ... 26	0,3 < D mitteldicht bis dicht
	2,5 - 6,0	4 ... 12	0,3 ≤ D mitteldicht
BS 05/98	0,0 - 0,6		Handschachtung
	0,6 - 1,6	4 ... 5	D < 0,3 locker
	1,6 - 1,8	9 ... 16	0,3 < D mitteldicht
	5,8 - 6,0	25 ... 27	0,5 ≤ D dicht
BS 08/98	0,0 - 0,8		Handschachtung
	0,8 - 6,0	5 ... 25	0,3 ≤ D mitteldicht
BS 11/98	0,0 - 0,2		Handschachtung
	0,2 - 1,6	1 ... 4	D < 0,3 locker
	1,6 - 6,0	6 ... 27	0,3 < D mitteldicht bis dicht
BS 14/98	0,0 - 0,8		Handschachtung
	0,8 - 1,8	12 ... 18	0,3 < D mitteldicht
	1,8 - 6,0	15 ... 43	0,5 ≤ D dicht
BS 17/98	0,0 - 0,5		Handschachtung
	0,5 - 1,1	6 ... 15	0,3 ≤ D mitteldicht
	1,1 - 6,0	7 ... 41	0,3 < D mitteldicht bis dicht

Fortsetzung S. 20

BS 20/98	0,0 - 0,4		Handschachtung	
	0,4 - 2,0	6 ... 27	0,3 < D	mitteldicht bis dicht
	1,6 - 2,6		n.a.	
	2,0 - 6,0	19 ... 27	0,5 < D	dicht
BS 23/98	0,0 - 0,4		Handschachtung	
	0,4 - 6,0	6 ... 34	0,3 ≤ D	mitteldicht bis dicht
BS 26/98	0,0 - 0,6		Handschachtung	
	0,6 - 5,1	6 ... 14	0,3 ≤ D	mitteldicht
	5,1 - 6,0	15 ... 23	0,5 ≤ D	dicht

Tab. 4: Ergebnisse der Rammsondierungen (DPL-5)

n.a.: nicht auswertbar wegen organischer Bildungen

#### 3.4.4 Baugrundeigenschaften

Die während der Aufschlußarbeiten entnommenen gestörten Bodenproben wurden durch unsere Mitarbeiter visuell und sensorisch angesprochen und beurteilt.

Repräsentative Bodenproben wurden entnommen und hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Kennwerte im Labor der VEPRO GmbH untersucht.

Zur Bestimmung der anstehenden Bodenarten und ihrer Klassifikation wurden die Korngrößenverteilungen (DIN 18 123) sowie, an organisch auffälligen Böden, die Glühverluste (DIN 18 128) und die Wassergehalte (DIN 18 121 T.1) ermittelt.

Aufgrund der visuellen und sensorischen Einschätzung der Bodenproben bei der Erkundung sowie den Laboruntersuchungen charakteristischer Bodenproben können den angetroffenen Böden nachfolgend aufgeführte Eigenschaften zugeordnet werden:

**anstehende und aufgefüllte, grob- bis gemischtkörnige Böden:**

- Fein- und Mittelsande, ± schwach schluffig, ± grobsandig, ± schwach humos, teilweise mit Bauschuttresten

<b>Bodengruppe</b> nach DIN 18 196		SE, SU bzw. [SE, SU]
<b>Ungleichförmigkeitszahl</b> nach DIN 18 196	<b>U</b>	1,8 . . . 4,0
<b>Glühverlust</b> nach DIN 18 128	<b>v<sub>gl</sub></b>	< 2,0 %
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b> nach ZTVE-StB 94		F 1 / F 1 <sup>*)</sup> nicht frostempfindlich
<b>Durchlässigkeitsbeiwert</b> korrelativ aus der KVK	<b>k<sub>f</sub></b>	3,9*10 <sup>-4</sup> . . . 4,0*10 <sup>-5</sup> m/s
<b>Durchlässigkeitsbereich</b> nach DIN 18130 T1		durchlässig
<b>Versickerungsfähigkeit</b> nach RAS-Ew, Bild 53		geeignet bis bedingt geeignet
<b>Verdichtbarkeitsklasse</b> nach ZTVA-StB 89		V 1
<b>Bodenklasse</b> nach DIN 18 300		3

\*) unter Beachtung des Körnungskriteriums

**organogene Böden:**

- Fein- bis Mittelsand, ± stark humos, ± schluffig bzw. Ton, organisch, schluffig, sandig

<b>Bodengruppe</b> nach DIN 18 196		OH	OT
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b> nach ZTVE-StB 94	<b>F</b>	F 2	
<b>Glühverlust</b> nach DIN 18 128	<b>v<sub>gl</sub></b>	10,0 . . . 11,0 %	7,6 %
<b>natürlicher Wassergehalt</b> nach DIN 18 121	<b>w</b>	27,1 %	23,8 %
<b>Bodenklasse</b> nach DIN 18 300		4 / 5*	

\* bei I<sub>c</sub> < 0,5 Bodenklasse 2

**organische Böden:**

- Torf, schluffig, sandig

<b>Bodengruppe</b> nach DIN 18 196		HZ
<b>Frostempfindlichkeit</b> nach DIN 18 196, Tab. 6		sehr groß
<b>Glühverlust</b> nach DIN 18 128	V <sub>gl</sub>	68 %
<b>natürlicher Wassergehalt</b> nach DIN 18 121	w	258,9 %
<b>Bodenklasse</b> nach DIN 18 300		2

Weitere Einzelheiten können den bodenmechanischen Laborergebnissen (Anlage 2.3) entnommen werden.

### 3.5 Hydrologische Verhältnisse

Bei den im April und Mai 1998 durchgeführten Aufschlußarbeiten wurde das Grundwasser in einer Tiefe zwischen 2,8 und 4,3 m unter GOK angetroffen.

Folgende Tabelle gibt die während der Aufschlußarbeiten angetroffenen Grundwasserstände wieder.

Aufschluß	km	Teufe unter GOK [m]	müNN
BS 01/98	0,105 <sup>1</sup>	3,2	≈ 31,8
BS 05/98	0,150	3,5	≈ 31,5
BS 08/98	0,460	3,9	≈ 31,1
BS 11/98	0,750	4,3	≈ 30,7
BS 14/98	1,025	3,5	≈ 31,3
BS 17/98	1,350	3,3	≈ 31,5
BS 19/98	1,550	2,8	≈ 31,9
BS 20/98	1,650	3,2	≈ 31,5
BS 20c/98	1,700	2,9	≈ 31,9
BS 21/98	1,750	2,9	≈ 31,8
BS 22/98	1,850	2,9	≈ 31,8
BS 23/98	1,960	3,2	≈ 31,6
BS 26/98	2,250	3,4	≈ 31,4

Tab. 5: Angetroffene Grundwasserstände <sup>1</sup> Kilometrierung GS Südostallee

Die im Bereich zwischen BS 08/98 und BS 17/98 ermittelten größeren Grundwasserflurabstände sind vermutlich auf den Einfluß des im Königsheideweg gelegenen Wasserwerks Johannisthal zurückzuführen.

Angaben zum HGW, dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand, liegen dem Bearbeiter nicht vor. Diese können im Bedarfsfall bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie Berlin, Abt. IV - Boden- und Gewässerschutz, Wasser- und Abfallwirtschaft - eingeholt werden.

## **4 Kontaminationsuntersuchungen**

### **4.1 Umfang der chemischen Untersuchungen**

Der Prüfungsumfang für die Proben aus den Gleistrassen orientiert sich an den hauptsächlich auf Gleistrassen anzutreffenden Schadstoffklassen bei unspezifischem Verdacht.

Die Bewertung der eventuell vorhandenen Schadstoffe wurde dahingehend erweitert, daß eine Einstufung entsprechend den technischen Regeln der LAGA (Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen bzw. Bauschutt) möglich ist. Damit wird die Grundlage für die Abschätzung der bei den späteren Bauvorhaben anfallenden Kosten zur Bodenentsorgung vorbereitet.

Der Untersuchungsumfang zur Altlastengefährdungsabschätzung und Bodenklassifizierung bezieht sich auf folgende Parameter:

- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)
- Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA)
- Extrahierbare halogenorganische Verbindungen (EOX)
- Schwermetalle (As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn),  
im Eluat nur bei Klassifizierung > Z 0 in der Originalprobe
- pH-Wert im Feststoff und Eluat
- Leitfähigkeit im Eluat
- Chlorid und Sulfat im Eluat
- Phenole (als Phenolindex wasserdampfvlüchtiger Phenole)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Zusätzlich wurde die Fraktion > 10 mm (Altschotter) auf folgende Parameter untersucht:

- Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)
- Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Aus dem 2,6 km langen, ein- und zweigleisigen Streckenabschnitt wurden an 15 Standorten insgesamt 45 Umweltproben entnommen.

Zur Kostenreduzierung wurden, unter Berücksichtigung der Streckenlänge und unter Beachtung der Vorschriften der LAGA Pkt. 2.6 bzw. 3.1.6, vorerst 3 Standorte je Kilometer untersucht. Bei vorhandener Kontaminierung, d.h. großen Grenzwertüberschreitungen, wird dann das weitere Vorgehen bzgl. Untersuchung der Rückstellproben und/oder Eingrenzung des Kontaminationsbereiches mit dem Auftraggeber abgestimmt.

Aus dem ca. 2,6 km langen Streckenabschnitt gelangten somit 16 Proben aus den Aufschlüssen zur Untersuchung.

Geprüft wurden die Schotterproben aus den Aufschlüssen BS 07/98 und BS 09/98, die durch die Kernbohrungen BK 02/98, BK 03/98, BK 06/98, BK 08/98, BK 10/98 und BK 12/98 entnommenen Betonproben aus den GVP sowie die Proben aus der Tragschicht der Aufschlüsse BS 01/98, BS 04/98, BS 07/98, BS 09/98, BS 15/98, BS 19/98, BS 23/98 und BS 27/98.

## **4.2 Anforderungen an die Verwertung von Reststoffen**

Mineralische Reststoffe sollen vorrangig als Massengüter (Rohstoffersatz) eingesetzt werden. Neben diesem Einbau können sie z.B. auch als Bauzuschlagstoffe oder bei der Herstellung und Verarbeitung von Bauprodukten verwertet werden.

Zur Vereinheitlichung sind für den Einbau Zuordnungswerte festgelegt, die unter Berücksichtigung des Gefährdungspotentials eine umweltverträgliche Verwertung der jeweiligen Reststoffe ermöglichen. Dabei werden mehrere Einbauklassen unterschieden. Die Zuordnungswerte sind Orientierungswerte, Abweichungen können zugelassen werden, wenn im Einzelfall der Nachweis erbracht wird, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Verwendung der mineralischen Rohstoffe / Abfälle nach LAGA Mitteilung 20:

Z-Klasse	Verwendung
Z 0	uneingeschränkter offener Einbau
Z 1.1	eingeschränkter offener Einbau in Flächen mit unempfindlicher Nutzung; nicht in Trinkwasserschutzgebieten, Naturschutzgebieten, Überschwemmungsgebieten
Z 1.2	wie Z 1.1, wenn Vorbelastung > Z 1.1; keine landwirtschaftliche Nutzung
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten Sicherungsmaßnahmen, z.B. Lärmschutzwälle, Straßendämme, Verkehrsflächen, dabei jeweils Abdeckschicht, Grundwasserabstand > 1m
Z >2	Einlagerung in Deponien oder Schadstoff abtrennen bzw. immobilisieren

Tab. 6: Verwendung mineralischer Rohstoffe/Abfälle nach LAGA

Reststoffe, die verwertet werden sollen, sind getrennt zu halten. Sie dürfen grundsätzlich vor der Untersuchung und Beurteilung nicht vermischt werden (Vermischungsverbot). Der Einbau von Reststoffen mit Gehalten > Z 1.1 (Einbauklassen 1.2 und 2) ist zu dokumentieren. Dies sollte gemäß U 1.26 Tabelle I.8-1 erfolgen.

#### **4.3 Beurteilung der chemischen Verunreinigung des Ober- und Unterbaus**

Während der Felduntersuchungen wurden bezüglich einer möglichen Schadstoffkontamination, außer den im Bereich von Haltestellen und Weichen typischen Verschmutzungen in Form von Schmierfetten, keine Auffälligkeiten festgestellt. Weiterhin bestand bei sämtlichen entnommenen Proben anhand der organoleptischen Beurteilung hinsichtlich Farbe und Geruch kein Anfangsverdacht. Die Analyse der Proben erfolgte in einem von der VEPRO Berlin GmbH beauftragten akkreditierten Laboratorium (ANTEUM).

Bei der Klassifizierung ergaben sich für die zur Untersuchung gelangten Proben folgende Zuordnungswerte:

Ort	Entnahmetiefe [m] unter AP	Art	Z-Klasse (LAGA)	für Einstufung > Z 0 relevante Schadstoffe
BS 07/98	0,1 - 0,4	Schotter ≤ 10 mm	>2	Cu
BS 09/98	0,1 - 0,4	Schotter ≤ 10 mm	2	Cu
BK 02/98	0,0 - 0,1	Beton	>2	pH, Leitfähigkeit
BK 03/98	0,0 - 0,1	Beton	>2	pH, Leitfähigkeit
BK 06/98	0,0 - 0,1	Beton	>2	pH, Leitfähigkeit
BK 08/98	0,0 - 0,1	Beton	>2	pH, Leitfähigkeit
BS 10/98	0,1 - 0,3	Beton	>2	Leitfähigkeit
BS 12/98	0,1 - 0,3	Beton	>2	Leitfähigkeit
BS 01/98	0,3 - 0,5	Tragschicht	2	PAK
<b>BS 04/98</b>	<b>0,4 - 0,7</b>	<b>Tragschicht</b>	<b>&gt;2</b>	<b>PAK</b>
BS 07/98	0,4 - 0,6	Tragschicht	0	
BS 09/98	0,5 - 0,6	Tragschicht	1.2	Leitfähigkeit
BS 15/98	0,4 - 0,6	Tragschicht	2	Pb
BS 19/98	0,4 - 0,6	Tragschicht	2	pH
BS 23/98	0,4 - 0,6	Tragschicht	1.2	pH
BS 27/98	0,4 - 0,6	Tragschicht	1.2	MKW, pH

Tab. 7: Z-Klassifizierung

Die Prüfergebnisse sind als Anlage 2.4 beigefügt.

## **5      Schlußfolgerungen**

### **5.1    Allgemeine Baugrundeinschätzung**

Im Bereich des untersuchten Trassenverlaufes liegen, unter Beachtung der anthropogenen Auffüllungen sowie der organogenen Böden, einheitliche Baugrundverhältnisse vor.

Die unterhalb der GVP und der teilweise vorhandenen Tragschicht bzw. unterhalb des Schotters aufgefüllten und anstehenden, grob- bis gemischtkörnigen Böden bilden für die geplante Baumaßnahme, aufgrund der Gleichförmigkeit der Sande, einen bedingt tragfähigen Baugrund.

Zur Herstellung eines ausreichend tragfähigen Erdplanums werden, entsprechend den Baugrund- und geologischen Verhältnissen, besondere Maßnahmen erforderlich. Die gilt insbesondere für den Bereich der organogenen Böden im Trassenabschnitt zwischen der Mühlbergstraße und dem Gleisbogen in die Hackelstraße.

### **5.2    Einfluß des Grundwassers**

Entsprechend den Aufschlußarbeiten vom April und Mai 1998 steht das Grundwasser zwischen 2,8 und 4,3 m unter GOK ( $\cong$  ca. 30,7 ... 31,9 müNN) an.

Gemäß den Festlegungen der ZTVT-StB 94 Pkt. 2.3.3.3 kann für die Planung, selbst bei relativ großen Wasserstandsschwankungen, von günstigen hydrologischen Verhältnissen ausgegangen werden.

### **5.3    Frosteinwirkungsgebiet, geotechnische Kategorie**

Nach der Frostzonenkarte (RSTO-86, Bild 4, Fassung 1996) ist das Gebiet der Straßenbahnlinie der

**Frostzone I**

zuzuordnen.

Nach der DIN 4020 wird das Bauvorhaben in die geotechnische

**Kategorie 1**

eingestuft.

## **5.4 Beurteilung der Frostepfindlichkeit**

Die im Bereich der Planumszone anstehenden überwiegend grob- bis gemischt-körnigen Bodenarten sind nach ZTVE-StB 94, Pkt. 2.3.3.1 [U 1.19] (teilweise unter Beachtung des Körnungskriteriums) der Frostepfindlichkeitsklasse

**F 1 - nicht frostepfindlich -**

zuzuordnen.

**Bei der Bemessung des Oberbaus ist davon auszugehen, daß keine besonderen Frostschutzmaßnahmen erforderlich sind.**

Die in der Planumszone anstehenden, nicht frostepfindlichen können jedoch, unabhängig von den frostepfindlichen Eigenschaften, nicht in jedem Fall die Anforderungen zur Korngrößenverteilung und zur Tragfähigkeit nach Unterlage [U 1.20] erfüllen.

## **5.5 Allgemeine Forderungen**

### **5.5.1 Bemessungsgrundlagen**

Die Bemessung der untersuchten Strecke erfolgt nach den VDV Oberbaurichtlinien und Zusatzrichtlinien [U 1.12], der VÖV - Schriften, Reihe Technik [U 1.17], sowie der RStO-86/89 [U 1.23].

Weiterhin werden die ZTVE - StB 94 [U 1.19] und die ZTVT - StB 95 [U 1.20] berücksichtigt.

Bei der Bemessung und Festlegung der Tragfähigkeit und Verdichtung hat, im Fall der Gleisanlagen innerhalb öffentlicher Verkehrsflächen, die Straße das Primat, es sei denn, daß gegenüber der Straßenbahn eine Unterbemessung vorliegen würde.

**Die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus beträgt für eine äquivalente Bauklasse III gemäß RStO-86/89**

**60 cm.**

Im Trassenabschnitt mit offenem Oberbau erfolgt die Bemessung nach den VDV Oberbau Richtlinien und Oberbau-Zusatzrichtlinien, sowie in Anlehnung an die DS 836 (VE) unter Berücksichtigung der vergleichsweise geringen Geschwindigkeiten und Achsdrücken. Weiterhin finden die ZTVE - StB 94, Ausgabe 1997 und die ZTVT - StB 95 Beachtung.

Bei Straßenquerungen mit geschlossenem Oberbau wird die Bemessung analog der RStO 86, der ZTVT - StB 95 und der ZTVE - StB 94, Ausgabe 1997 vorgenommen. Die Bemessung der Gleiseindeckung für Überwege mit Fußgängerverkehr erfolgt nach VÖV, Gleiseindeckungen für Straßenbahnen und Stadtbahnen, Abschnitt 2.2.2 [U 1.17].

## **5.5.2 Anforderungen an das Tragschichtmaterial**

### Kiestragschichten

Kiestragschichten bestehen aus Kies-Sand Gemischen, gegebenenfalls unter Zusatz von gebrochenen Mineralstoffen.

Als untere Tragschicht können auf dem Untergrund, nach intensiver Nachverdichtung, Kiestragschichten zum Einsatz kommen.

**Dabei sind die Lieferkörnungen und Korngrößenverteilungen gemäß ZTVT - StB 95 Pkt. 2.2.4 ff zu beachten.**

Die Tragschichten müssen auch im eingebauten, verdichteten Zustand eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit gewährleisten. Der Korngrößenanteil  $< 0,063$  mm darf daher nicht mehr als 7,0 Gew.% betragen. Die Anforderungen an den Verdichtungsgrad und Verformungsmodul nach ZTVT - StB 95 bzw. Pkt. 5.5.3 des vorliegenden Gutachtens sind einzuhalten.

### Asphalttragschichten

Allgemeine Anforderungen an Asphalttragschichten enthält die ZTVT - StB 95 Abschnitt 4.

Auf Grund der besonderen Beanspruchung sollte die Mischgutart CS mit B 65 zum Einsatz kommen.

Tragschichten aus RC-Materialien

Als Tragschichtmaterial können auch geprüfte güteüberwachte Mineralstoffe, entsprechend RC-Material (Breckkorngemisch 0/45 oder 0/32), verwendet werden. Näheres ist in der ZTVT - StB 95, Abschnitt 1.4 enthalten.

**5.5.3 Mindestanforderungen bezüglich Tragfähigkeit und Verdichtung von Planum und Erdplanum**

Verdichtungsanforderungen nach RStO-86/89 [U 1.23]:

<b>OK ungebundene Tragschicht</b>	$E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ ( $D_{Pr} \geq 103\%$ )
<b>Untergrundplanum</b>	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ( $D_{Pr} \geq 95\%$ )

Im Bereich des offenen Oberbaus gilt eine Planumsneigung von  $\geq 1:25$  (4%), dabei wird als Planumsquerschnitt bei zweigleisigen Strecken i.d.R. ein Dachprofil, auch im Bogen, angewendet (siehe dazu VDV OR 8.5-Z 1, Bl. 03). Für eingleisige Bahnen in gerader Strecke, gilt Bl. 02 der o.g. Zusatzrichtlinie.

**5.5.4 Bemessung des Tragschichtsystems**

Als maßgebende Bodenarten stehen im gesamten Streckenabschnitt Bodenarten an, die der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 zuzuordnen sind.

**Der Einbau einer Frostschutzschicht ist nicht erforderlich.**

Tragschichten, die den geltenden Regelwerken entsprechen, sind nicht oder nicht durchgängig vorhanden. Die vorhandenen ungebundenen Tragschichten entsprechen in ihrer Kornzusammensetzung und dem zulässigen Größtkorn nicht den entsprechenden Vorschriften (siehe Pkt. 5.5.2 des vorliegenden Gutachtens).

Aufgrund der Gleichförmigkeit der vorhandenen Sande bilden die anstehenden Böden einen bedingt tragfähigen Baugrund, auf dem sich auch durch intensive Nachverdichtung die geforderte Tragfähigkeit auf ungebundenen Tragschichten von

$$E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$$

nicht erreichen lässt (vgl. Pkt. 5.6 „Hinweise zum Erdbau“ des vorliegenden Gutachtens).

**Zur Sicherstellung eines dauerhaft stabilen Tragschichtsystems und zur Vermeidung von Schäden am Unterbau ist der Einbau einer Tragschicht (Kies-Sand- oder Schottertragschicht oder alternativ RC-Material) in einer Dicke von  $d \geq 25$  cm im gesamten Untersuchungsabschnitt erforderlich.**

Für den geschlossenen Oberbau wird folgender Bauablauf empfohlen:

- (1) Aufnahme der vorhandenen Gleiseindeckung und Rückbau der Gleisanlagen
- (2) Aushub bis 0,25 m unter OK künftiges Planum bzw. 0,60 m unter die geplante Gradientenlinie ( $\cong$  Untergrundplanum). Dabei angetroffene Betondecken und gröbere Bauschuttreste sind zu entfernen und durch verdichtungsfähige Böden zu ersetzen.
- (3) Intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit geeignetem Verdichtungsgerät, ggf. mit mechanischer Stabilisierung, Einwalzen von Fehlkorn.
- (4) Verdichtungsforderung auf der Aushubsohle:  $D_{Pr} = 0,95$   
Messung der vorhandenen Verformungsmoduln ( $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ )
- (5) Profilierung des Untergrundplanums
- (6) Einbau und Verdichtung der Kies-Sand- bzw. Schottertragschicht (alternativ RC-Material) in einer Dicke von  $\geq 0,25$  m
- (7) Durchführung des Verdichtungsnachweises
- (8) Gestaltung des Oberbaus nach den Anforderungen der RStO-86/89 bzw. den Anforderungen der BVG (siehe dazu Regelquerschnitte „Rahmengleis, volle bituminöse Eindeckung“, und „eingepflastertes Rahmengleis auf bituminöser Tragschicht“).

Für die konstruktive Gestaltung des Oberbaus wird folgender Aufbau vorgeschlagen:

bei Rahmengleis auf bituminöser Tragschicht

35 mm	Deckschicht	(z. Bsp. Splittmastixasphalt 0/11 S)
35 mm	Asphaltbinder 0/22	
140 mm	Fließbeton B 25	
150 mm	bituminöse Tragschicht	(Asphalttragschicht 0/22 Mischgutart CS)
<u>250 mm</u>	Tragschicht	(Kiessand und/oder Schotter, RC-Material)
<b>610 mm</b>	<b>Konstruktionsdicke</b>	<b>(&gt;600 mm frostsicherer Straßenaufbau)</b>

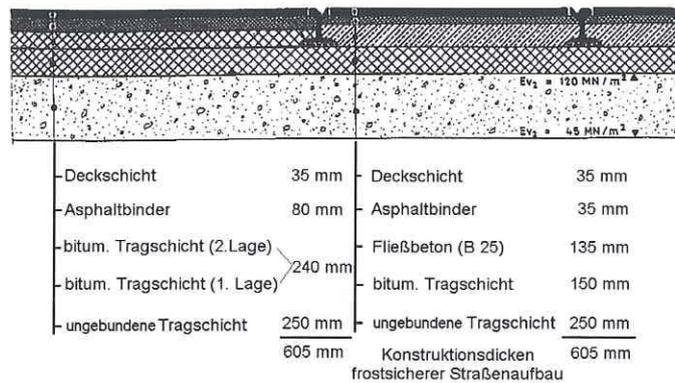


Bild 10: Beispiel eines Rahmengleis, volle bituminöse Eindeckung

bei eingepflastertem Rahmengleis

140 mm	Pflaster	
70 mm	Pflasterbeton	
150 mm	bituminöse Tragschicht	(Asphalttragschicht 0/22 Mischgutart CS)
<u>250 mm</u>	Tragschicht	(Kiessand und/oder Schotter)
<b>610 mm</b>	<b>Konstruktionsdicke</b>	<b>(&gt;600 mm frostsicherer Straßenaufbau)</b>

Für den offenen Oberbau wird folgender Bauablauf empfohlen:

- (1) Rückbau der vorhandenen Gleisanlagen und Aufnahme des Schotters
- (2) Aushub bis 0,25 m unter OK künftiges Planum bzw. 0,85 m unter die geplante  
Gradiente. Dabei angetroffene Überschotterstärken und gröbere Bauschutt-  
reste sind auszutauschen und durch verdichtungsfähige Böden zu ersetzen.
- (3) Nachverdichtung der Aushubsohle mit geeignetem Verdichtungsgerät
- (4) Verdichtungsforderung auf der Aushubsohle:  $D_{Pr} = 0,95$ ,  
Messung der vorhandenen Verformungsmoduln
- (5) Profilierung des Untergrundplanums, Planumsneigung  $\geq 1:25$ , Anlegen der  
Planumsentwässerung
- (6) Einbau und Verdichtung der (Kies-Sand) Tragschicht in einer Dicke von  
 $d \geq 0,25$  m
- (7) Durchführung des Verdichtungsnachweises
- (8) Einbau der Bettung (Bettungsschotter K 1) in einer Stärke von 250 mm  
(offener Oberbau)
- (9) In Gleisbereichen, die vom öffentlichen Verkehr mitbenutzt werden  
(Überfahrten), ist der Oberbau nach Anforderung der BVG (Regelquerschnitt)  
zu gestalten.

Für die konstruktive Gestaltung des Oberbaus wird folgender Aufbau vorge-  
schlagen:

bei offenem Oberbau auf besonderem Bahnkörper

190 mm	Schotterverfüllung Schwellenfach	
250 mm	Schottertragschicht	Schotter K1 30/65 mm
<u>250 mm</u>	ungebundene Tragschicht	Kies-Sand Gemisch oder RC-Material
<b>690 mm</b>	<b>Konstruktionsdicke</b>	<b>(&gt;600 mm frostsicherer Straßenaufbau)</b>

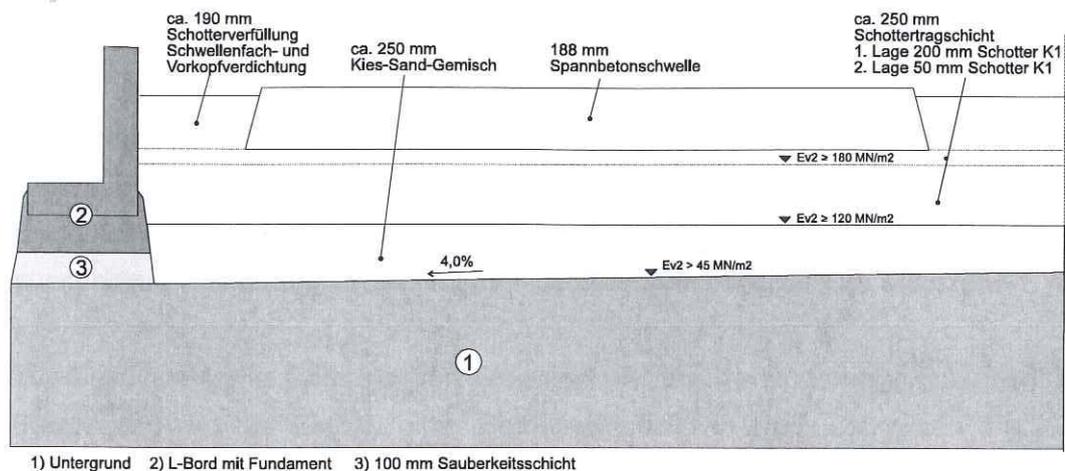


Bild 11: konstruktive Gestaltung des Oberbaus

## 5.6 Hinweise zum Erdbau

### 5.6.1 Allgemeine Hinweise

Das Tragverhalten der im Untergrund anstehenden grob- bis gemischtkörnigen Böden ist durch Nachverdichtung zu verbessern. Dadurch sollen oberflächennahe Störzonen und Lagerungsstörungen im Untergrund beseitigt, sowie das Tragverhalten flächenmäßig harmonisiert werden.

Bei der Wahl des Verdichtungsgerätes sind die erforderliche Überdeckung vorhandener unterirdischer Ver- und Entsorgungsleitungen sowie das verdichtungsunwillige Verhalten gleichkörniger Sande (siehe Pkt. 5.1 des vorliegenden Gutachtens) zu berücksichtigen. Zur Gewährleistung der Mindesttragfähigkeit von  $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$  wird das Einwalzen von Fehlkorn in das Untergrundplanum empfohlen.

Als äußerst effizient hat sich auch eine Verbesserung der gleichkörnigen Sande durch Einwalzen von Fehlkorn erwiesen. Dazu könnte der beim Rückbau von Gleisen in anderen Bauvorhaben gewonnene Schotter eingesetzt werden, der in einer Stärke von 10 bis 15 cm in das Untergrundplanum einzuwalzen ist.

Die mechanische Stabilisierung hat außerdem baupraktische und kostenmäßige Vorteile gegenüber einer Zementstabilisierung vor Ort (mixed in place). Bei der spezifischen Oberfläche der gleichkörnigen Sande müssten ca. 7 - 8 Gew.% Zement eingearbeitet werden, wozu zudem ein spezieller Maschinenpark erforderlich ist. Aus diesem Grund wird auf diese Variante nachfolgend nicht mehr eingegangen.

### **5.6.2 Maßnahmen im Bereich organischer Böden und Bauschuttauffüllungen**

Zur Homogenisierung des Tragverhaltens im Bereich der organogenen und organischen Böden in der Johannes-Werner-Straße von BS 20a/98 (km 1,60) bis BS 21/98 (km 1,75) ist der Boden bis 0,5 m unter Oberkante zukünftiges Erdplanum auszuhalten und durch verdichtungsfähige, frostsichere Böden zu ersetzen.

Zur Gewährleistung einer stabilen Gleislage und zur Verhinderung von schädlichen Setzungen wird der Einbau einer Betontragschicht in einer Dicke von  $d \geq 20$  cm empfohlen. Wird eine Decke aus Asphalt auf die Betontragschicht aufgebracht ist Pkt. 3.3.3 der ZTVT-StB 95 zu beachten.

Sinnvoll wäre, eventuell mit gleichzeitig stattfindenden Leitungsarbeiten, ein vollständiger Austausch der Torfschichten (2,6 m unter GOK), um eine gründliche und endgültig Sanierung dieser Torfstelle zu erreichen.

In Bereichen von Auffüllungen mit groben Bauschuttresten sind diese ebenfalls auszuhalten und durch verdichtungsfähige Böden zu ersetzen.

## **5.7 Planumsentwässerung**

Zur Erhaltung des einwandfreien Zustandes des Unterbaus ist darauf zu achten, daß seine Entwässerung wirksam bleibt. Das Oberflächenwasser ist sicher abzuleiten, einsickerndes Wasser darf die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigen.

Hinsichtlich der Entwässerung des Planums wird auf die OR 3.11 (VDV) und die EzVE 8 zur DS 836 verwiesen.

### **5.7.1 Offener Oberbau**

Die im Untergrund aufgefüllten bzw. anstehenden Sande sind auf der Grundlage der ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte zur Versickerung geeignet bis bedingt geeignet.

Bei Grundwasserflurabständen von über 3,5 m unterhalb der Bettung ist mit keiner Durchfeuchtung des Untergrundplanums bzw. der Tragschicht zu rechnen. Anfallendes Niederschlagswasser kann versickern, so daß nach Meinung des Gutachters keine besonderen Entwässerungsanlagen im Unterbau erforderlich sind.

Um eine sichere Versickerung zu gewährleisten ist auf eine hydraulisch gebundene Tragschicht zu verzichten bzw. die teilweise vorhandene, hydraulisch abgebundene Bodenschicht im Bereich des Sterndamms ist aufzunehmen.

### **5.7.2 Geschlossener Oberbau**

Im Bereich des geschlossenen Oberbaus kann auf eine Planumsentwässerung verzichtet werden, wenn sichergestellt ist, daß durch den Deckenschluß das Eindringen von Oberflächen- und Niederschlagswasser in den Unterbau verhindert wird. Das anfallende Wasser ist über entsprechende Quergefälle der Straße zuzuleiten und über die Straßeneinläufe abzuleiten.

Eine Schienenentwässerung ist erforderlich. Diese ist nach den Grundsätzen der VDV OR 8.8 zu gestalten.

## **5.8 Verwertung des anfallenden Betons, Schotter und Tragschichtmaterials**

### **Beton**

Die chemische Untersuchung der Betonproben ergaben jeweils einen Zuordnungswert nach LAGA von  $Z > 2$ , für den die Leitfähigkeit sowie der pH-Wert im Eluat verantwortlich war. Hinsichtlich der restlichen untersuchten Schadstoffe wurde ein  $Z 1.2$  bzw.  $Z 1.1$  ermittelt, für den die Gehalte an MKW bzw. Chrom, Arsen, PAK und Chlorid verantwortlich sind.

Die in der Großverbundplatte und damit auch im Bohrkern enthaltene Stahlarmierung wurde vor der Untersuchung entfernt und war nicht Bestandteil der geprüften Probe.

Bei einem Zuordnungswert  $Z > 2$  ist nur die Einlagerung in Deponien möglich. Da für den Zuordnungswert  $Z > 2$  nur die Leitfähigkeit und teilweise der pH-Wert verantwortlich sind, ist im Einzelfall zu prüfen ob die Leitfähigkeit und der pH-Wert allein ein Ausschlusskriterium darstellen.

Empfohlen wird die Verwertung / Entsorgung des anfallenden Betons aus den GVP über eine Betonrecycling Firma. Werden die GVP zu Recyclingbaustoffen aufbereitet, gelten die Technischen Regeln für die Verwertung von Bauschutt.

### **Schotter**

Hinsichtlich der Art und Größe der Kontamination ergaben sich einheitliche Werte.

Für den **Bettungsrückstand  $\leq 10$  mm** im Schotter wurde ein Zuordnungswert von  $Z > 2$  (BS 07/98) bzw. Z 2 (BS 09/98) ermittelt für den der Gehalt an Kupfer verantwortlich ist. Hinsichtlich der restlichen untersuchten Schadstoffe wurden überwiegend Werte von Z 1.1 und Z 1.2 ermittelt.

Da die Untersuchung des **Altschotters (Fraktion  $> 10$  mm)** keine Kontamination bezüglich anhaftender Schadstoffe in Form von MKW, PAK und PCB ergab, ist, bei entsprechenden Reinigungsmaßnahmen, zumindest ein Teil des Schotters als altbrauchbares Bettungsmaterial wiederverwendbar oder bei anderen Bauvorhaben einsetzbar. Zu favorisieren ist daher die üblicherweise angewandte chemisch-physikalische Aufbereitung in einer Behandlungsanlage (Waschanlage). Dieses Verfahren ist geeignet für chemisch-physikalische Verschmutzungen, die siebtechnisch nicht entfernbar sind.

Bei einem Zuordnungswert von Z 2 ist für den **Bettungsrückstand ( $\leq 10$  mm)** der eingeschränkte Einbau mit definierten Sicherungsmaßnahmen wie z.B. Lärmschutzwälle, Straßendämme mit Abdeckschicht und einem Grundwasserabstand  $> 1$  m möglich.

Mit einem Zuordnungswert von  $Z > 2$  bleibt für den **Bettungsrückstand ( $\leq 10$  mm)** nur der Einbau / Ablagerung in Deponien. Alternativ sind die Schadstoffe abzutrennen bzw. zu immobilisieren.

Da zum Zeitpunkt der Aufschlußarbeiten im Bereich des offenen Oberbaus der Wendeschleife Südostallee eine Oberbausanierung stattfand, wurde auf die Untersuchung des neuen, unverschmutzten Schotters verzichtet.

### **Tragschichtmaterial**

Bei der Untersuchung des Tragschichtmaterials wurden Bereiche mit unterschiedlicher Kontamination (nachfolgend als „Kontaminationsabschnitte“ bezeichnet) ermittelt.

### **GS Südostallee bis Südostallee**

Im Bereich der Gleisschleife sowie des Trassenabschnitts bis Südostallee wurden Zuordnungswerte von **Z 2 bis Z >2** ermittelt, für die der Gehalt an PAK und MKW verantwortlich ist.

Mit einem Zuordnungswert von **Z >2** bleibt nur die Ablagerung des kontaminierten Bodens in Deponien bzw. das Abtrennen oder Immobilisieren der verantwortlichen Schadstoffe.

### **Südostallee bis Königsheideweg**

Bei der chemischen Untersuchung des „Tragschichtmaterials“ aus dem Bereich des offenen Oberbaus wurde keine Kontamination durch Schadstoffe festgestellt (Z 0). Einzig der pH-Wert aus der untersuchten Probe des Aufschlusses BS 09/98 ergab einen Zuordnungswert von **Z 1.2**. Hier sollte geprüft werden ob der pH-Wert allein ein Ausschlußkriterium darstellt.

Mit einem Zuordnungswert **Z 0** ist ein uneingeschränkter offener Einbau möglich.

Der Zuordnungswert **Z 1.2** stellt die Obergrenze für den offenen Einbau unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen dar. Maßgebend für die Festlegung der Werte ist in der Regel das Schutzgut Grundwasser.

Zu Beachten ist dabei das Verschlechterungsverbot, danach dürfen Böden mit dem Zuordnungswert **1.2** in hydrologisch günstigen Gebieten eingebaut werden, wenn die Vorbelastung des Bodens **> Z 1.1** beträgt.

Aufgrund der im Vergleich zu den Zuordnungswerten Z 1.1 höheren Gehalten an Schadstoffen ist bei der Verwertung bis zur Obergrenze Z 1.2 ein Erosionsschutz (z.B. geschlossene Vegetationsdecke) erforderlich.

### **Königsheideweg bis Johannes-Werner-Straße**

In der BS 15/98 wurde für das Tragschichtmaterial ein Zuordnungswert von Z 2 ermittelt, für den der Gehalt an Blei verantwortlich ist. Hinsichtlich der restlichen untersuchten Parameter wurde ein Z 0 ermittelt.

Der Zuordnungswert Z 2 bedingt einen eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen. Dadurch soll der Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert werden. Ein Einbau ist unter nachstehenden definierten technischen Sicherungsmaßnahmen bei bestimmten Baumaßnahmen möglich:

- im Straßen- und Wegebau, bei der Anlage von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten sowie sonstigen Verkehrsflächen als
  - Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht und
  - gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht
- bei Erdbaumaßnahmen (kontrollierten Großbaumaßnahmen) in hydrologisch günstigen Gebieten als
  - Lärmschutzwall mit mineralischer Oberflächenabdichtung  $d \geq 0,5$  m und  $k_f \leq 10^{-8}$  m/s und darüberliegender Rekultivierungsschicht und
  - Straßendamm (Unterbau) mit wasserundurchlässiger Fahrbahndecke und mineralischer Oberflächenabdichtung  $d \geq 0,5$  m und  $k_f \leq 10^{-8}$  m/s im Böschungsbereich mit darüberliegender Rekultivierungsschicht.

Der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand soll mindestens 1 m betragen.

Der Einbau ist zu dokumentieren, wobei Großbaumaßnahmen zu bevorzugen sind.

### **Johannes-Werner-Straße bis Ausfahrt GS Johannisthal**

In diesem Trassenabschnitt wurden für das Tragschichtmaterial Zuordnungswerte von Z 1.1 bis Z 2 ermittelt, wobei der Zuordnungswert Z 2 (BS 19/98) durch den pH-Wert, die Zuordnungswerte Z 1.1 bzw. Z 1.2 durch den MKW-Gehalt verursacht wurden. Auch hier sollte geprüft werden ob der pH-Wert allein ein Ausschlußkriterium für die eingeschränkte Wiederverwertung darstellt.

Entsprechend den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen sind den „Kontaminationsabschnitten“ nachfolgend aufgeführte Wiederverwendungsbereiche zuzuordnen:

<b>Trassenabschnitt</b>	<b>Wiederverwendungsbereich gem. Z-Klassifikation</b>
GS Südostallee bis Südostallee	Einbau in Deponien oder Immobilisieren der Schadstoffe
Südostallee bis Königsheideweg	eingeschränkter offener bis uneingeschränkter offener Einbau
Königsheideweg bis J.-Werner-Str.	eingeschränkter Einbau mit definierten Sicherungsmaßnahmen
J.-Werner-Str. bis Ausfahrt GS	eingeschränkter offener Einbau, Vorbelastung $Z > 1.1$

Tab. 8: Wiederverwendungsbereiche Tragschichtmaterial

## **5.9 Hinweise zur Leitungsverlegung**

### **5.9.1 Herstellung der Leitungsgräben**

Unterirdische Leitungen, die kreuzend oder gleichlaufend mit Gleisen im Bahnkörper verlegt werden, sind so herzustellen, daß sie keine Schäden an der Gleislage verursachen, nicht die Entwässerung beeinflussen, spätere Oberbauarbeiten nicht behindern und eine Gefährdung von Bahn- und Leitungsbetrieb möglichst ausschließen. Einzelheiten dazu sind in der DIN 1998 enthalten.

Zur Vermeidung von Streustromkorrosion sind Maßnahmen gemäß DIN VDE 0115 zu ergreifen und mit den Leitungsträgern abzustimmen. Kreuzende Leitungen sind in Schutzrohren zu verlegen.

Für die Herstellung der Leitungsgräben gilt nach DIN 4124 folgender Ausschachtwinkel:

**grob- bis gemischtkörnige Bodenarten: 45°**

Dieser Ausschachtwinkel gilt für den erdfeuchten Zustand der erkundeten Bodenarten bei freier abgeboachter Baugrube.

Eine Auflockerung des anstehenden Bodens ist zu vermeiden. Die Grabensohle ist ohne Nachweis der Verdichtung mit geeigneten Geräten nachzuverdichten.

Der ausgehobene Boden ist je nach Eignung zum Wiedereinbau, Hinterfüllen und Überschütten zu verwenden.

Die Rohrbettung ist so auszubilden, daß je nach Rohrart unzulässige Längsbiegungen sowie punkt- und linienförmige Auflagerungen vermieden werden. Für die Ausbildung der Auflager gilt die DIN 4033.

### **5.9.2 Verfüllung der Leitungsgräben**

In der Leitungszone sind steinfreie Böden mit einem Größtkorn von 20 mm zu verwenden. Die anstehenden grob- bis gemischtkörnigen Böden sind unter den vorstehenden Bedingungen zur Verfüllung geeignet. Die Schüttlagen sollten in der Leitungszone 15 - 25 cm und oberhalb 20 - 40 cm nicht überschreiten. Die Böden sind auf 97 % Proctordichte mit geeignetem Verdichtungsgerät zu verdichten.

Bei Leitungsgräben innerhalb von Straßenkörpern gelten bei den anstehenden Bodenarten folgende Verdichtungsgrade:

Bodengruppe:	SE	SU
Planum bis 0,5 m Tiefe:	$D_{Pr} = 100 \%$	$D_{Pr} = 100 \%$
darunter:	$D_{Pr} = 98 \%^{*3}$	$D_{Pr} = 97 \%$

## 5.10 Erdstoffkennwerte

Für erforderliche erdstatische Berechnungen können nach DIN 1055, T 2 folgende Bodenkennwerte (Rechenwerte) angehalten werden:

**Fein- und Mittelsande, tw. grobsandig, ± schwach schluffig**

Bodengruppe nach DIN 18 196		SE - SU	
Reibungswinkel	cal $\varphi'$	34,0	°
Wichte	cal $\gamma$	18,0	kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb	cal $\gamma'$	10,0	kN/m <sup>3</sup>
Kohäsion	cal $c'$	0	
Steifeziffer	bis 1,5 m unter Gelände $E_S$	15,0	MN/m <sup>2</sup>
	darunter $E_S$	20,0	MN/m <sup>2</sup>

## 5.11 Fahrleitungsmaste

Die im untersuchten Streckenabschnitt vorhandene Abspannung der Fahrleitungen an den Betonmasten waren nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Daher werden im vorliegenden Gutachten keine Aussagen zu Mastgründungen (Rammrohrgründung o. ä.) getätigt.

## 5.12 Bodenklassen

Nach DIN 18 300 sind die erkundeten Bodenarten folgenden Bodenklassen zuzuordnen:

- grob- bis gemischtkörnige Böden : Bodenklasse 3**
- organische Böden : Bodenklasse 4/5**
- Aufbruch vorhandener Befestigung : zum Nachweis**

### **5.13 Weiterführende Untersuchungen**

Zur Eingrenzung der ermittelten Kontamination der Tragschicht im Bereich des Aufschlusses BS 04/98 (km 0,07) sind zusätzliche chemische Untersuchungen der Tragschicht, im geeigneten Radius um den Kontaminationsherd, erforderlich.

## **6 Schlußbemerkungen**

Die zur Baugrunderkundung und Begutachtung abgeteufte Rammkernsondierungen nach DIN 4021 stellen punktförmige Aufschlüsse dar und sind für den anstehenden Baugrund repräsentativ.

Sollten örtlich andere Verhältnisse angetroffen werden, so sind erforderliche Maßnahmen aus eventuellen Abweichungen durch die Beteiligten vor Ort zu beraten.

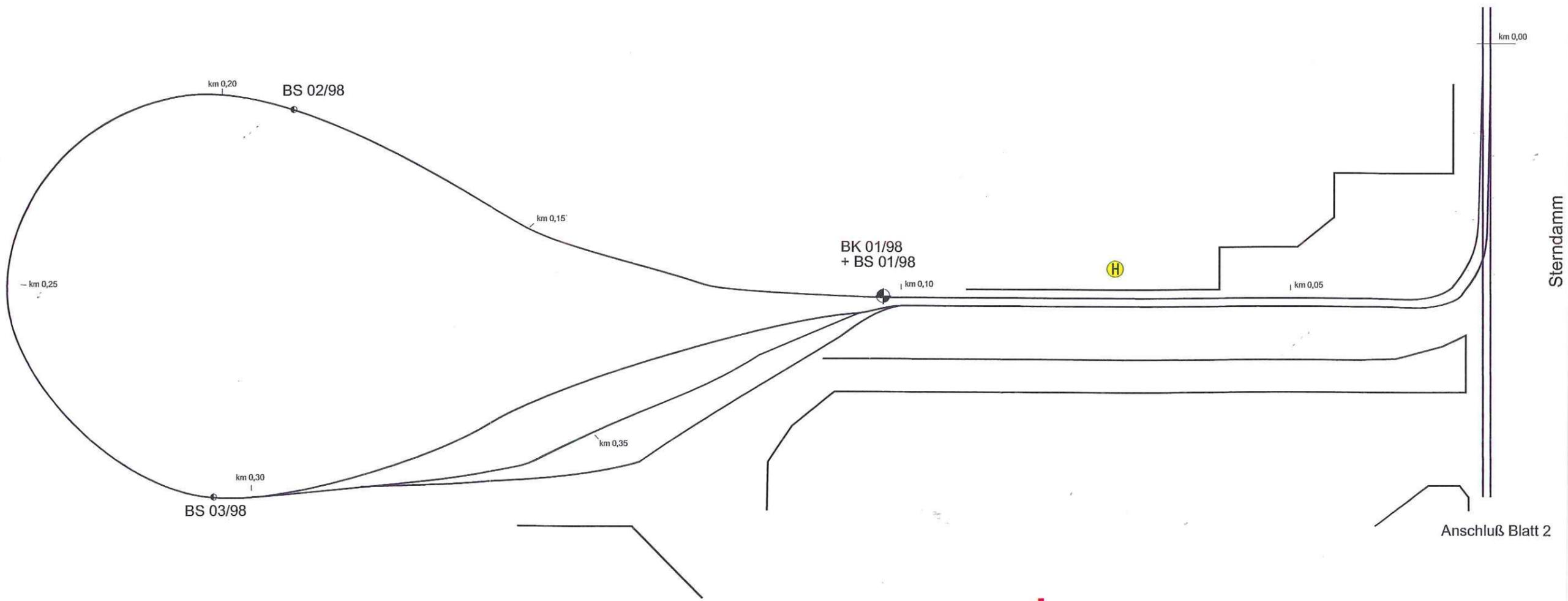
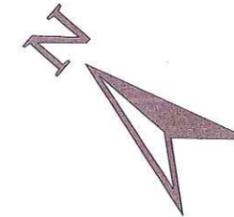
Ansonsten steht der Bearbeiter auf Anforderung des Auftraggebers für Konsultationen, auch während der Bauzeit, zur Verfügung.

*Rei*



Aufschluß  
 BS 01/98 + BK 01/98 + DPL-5  
 BS 02/98  
 BS 03/98

km  
 0,105  
 0,190  
 0,295



Blatt 1

Verkehrsbau Projekt GmbH Storkower Straße 134 10407 Berlin Tel.: (030) 42 19 41 10 Fax: (030) 42 19 42 21	<b>Bauvorhaben:</b> Oberbausanierung Straßenbahnlinie Sterndamm  <b>Planbezeichnung:</b> Lage- und Aufschlußplan	Plan-Nr: 2.1.3.1
		Projekt-Nr: 410/98
		Datum: 09/98
		Maßstab: 1 : 500
		Bearbeiter: Dipl.-Ing. Heiss