

# Gutachten Baugrund

## Vertiefung Sohle Überwerfungsbauwerk

### (Nur zur Information)

|       |                                   |               |
|-------|-----------------------------------|---------------|
| c     | bleibt frei                       |               |
| b     | bleibt frei                       |               |
| a     | bleibt frei                       |               |
| 0     | Ausgangsverfahren: Antragsfassung | 24.10.2007    |
| Index | Änderungen bzw. Ergänzungen       | Planungsstand |

**Vorhabenträgerin:**

DB Netz AG  
Regionalbereich West  
Produktionsdurchführung Köln  
Brügelmannstraße 16 - 18  
50679 Köln



Datum
Unterschrift

**Projektleitung der Vorhabenträgerin:**

DB Netz AG  
Regionalbereich West  
Regionales Projektmanagement I.NI-W-K-S  
Hermann-Pünder-Straße 3  
50679 Köln



Datum
Unterschrift

**Verfasser:**

Kühn Geoconsulting GmbH  
Auf der Kaiserfuhr 39  
53127 Bonn





03.12.2021  
Datum
Unterschrift

Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt

# **DB ProjektBau GmbH**

**BV:**

**Neubau Abstellanlage Köln-Nippes**

**Gutachten G02:**

**Vertiefung der Sohle des  
Überwerfungsbauwerkes**

**1. Bericht zum Baugrund**

Projekt-Nr. 2030109BG\_G02

20. Juli 2003

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Situation und Unterlagen .....                                           | 3  |
| 1.1 Allgemeine Situation und Auftrag .....                                  | 3  |
| 1.2 Planung Absenkung der Sohle des Überwerfungsbauwerkes .....             | 3  |
| 1.3 Unterlagen .....                                                        | 4  |
| 2. Durchgeführte Untersuchungen .....                                       | 5  |
| 3. Untersuchungsergebnisse .....                                            | 6  |
| 3.1 Morphologie und Geologie .....                                          | 6  |
| 3.2 Hydrogeologie .....                                                     | 6  |
| 3.3 Schichtbeschreibung .....                                               | 9  |
| 3.4 Ergebnisse der Untersuchungen des Bauwerkes (Fundamentunterkante) ..... | 13 |
| 4. Gründung Überwerfungsbauwerk .....                                       | 15 |
| 4.1 Allgemeine Angaben .....                                                | 15 |
| 4.2 Einbindung der Fundamente/Frosteinwirkung .....                         | 15 |
| 4.3 Grundbruchberechnung für eine Vertiefung der OK Bettung .....           | 17 |
| 4.4 Verringerung des Wandabstandes bei Vertiefung .....                     | 18 |
| 4.5 Bewertung und Maßnahmen .....                                           | 19 |
| 5. Gründung Gleis .....                                                     | 20 |
| 5.1 Allgemeine Angaben .....                                                | 20 |
| 5.2 Angaben zur Gründung .....                                              | 20 |
| 6. Bauausführung .....                                                      | 22 |
| 6.1 Aushub Boden .....                                                      | 22 |
| 6.2 Erdplanum .....                                                         | 22 |
| 6.3 Wiederverfüllung Boden .....                                            | 22 |
| 6.4 Wiedereinbau Altschotter .....                                          | 23 |
| 6.5 Böschungen .....                                                        | 23 |
| 6.6 Unterfangung .....                                                      | 24 |
| 6.7 Wasserhaltung während der Bauzeit .....                                 | 24 |
| 7. Bewertung Bodenaushub .....                                              | 25 |
| 8. Schlussbemerkung .....                                                   | 26 |

## **1. Situation und Unterlagen**

### **1.1 Allgemeine Situation und Auftrag**

Die DB AG plant derzeit den Ausbau der S-Bahn-Linien S 12/S 13 im Raum Köln. Für die betriebliche Abwicklung der Fahrten im erweiterten Netz ist die Errichtung einer linksrheinischen Abstellanlage auf dem Gelände des ehemaligen Rbf Köln-Nippes vorgesehen.

Die Kühn Geoconsulting GmbH wurde von der DB ProjektBau GmbH über das Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH mit der mit der Baugrunduntersuchung des Planungsbereiches beauftragt.

Der südliche Beginn des Gesamt-Untersuchungsbereiches befindet sich nach Angabe von Herrn Dipl.-Ing. Ahrens (Ing.-Büro Vössing, Abteilungsleiter Verkehrsplanung) etwa auf Höhe der Werkstattstraße in Nippes (Gauss-Krüger-Koordinaten: R: ca. 25 662; H: ca. 56 477), das Nordende liegt etwa auf Höhe des Rangierberges vor der Unterführung Longericher Straße (R: ca. 25 655; H: ca. 56 494).

Der Übersicht halber wurde das Gesamt-Untersuchungsgebiet in 4 Teilbereiche gegliedert, für die jeweils ein Gutachten verfasst wurde. Es handelt sich um die nachfolgend von Süd nach Nord genannten Gutachten/Bereiche:

Gutachten G01: Stützwand und Zuführungsgleis

Gutachten G02: Absenkung der Sohle des Überwerfungsbauwerkes

Gutachten G03: Ertüchtigung der bestehenden Gleiskörper (Gleis 103-108)

Gutachten G04: Neubau einer 12-gleisigen Abstellgruppe (inkl. Anschüttung im Anschluss an das Überwerfungsbauwerk und Feuerwehrezufahrt)

Dieses Gutachten behandelt den 2. Abschnitt: Absenkung der Sohle des Überwerfungsbauwerkes.

### **1.2 Planung Absenkung der Sohle des Überwerfungsbauwerkes**

Das im Gutachten 2030109BG\_G01 vom 16.07.2003 behandelte Zuführungsgleis wird in das Überwerfungsbauwerk geführt. Da in das Bauwerk eine Fahrleitung aufgenommen werden muss, muss die Sohle entsprechend, voraussichtlich bis zu 1,0 m, abgesenkt werden.

### 1.3 Unterlagen

Zur Durchführung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U 1]: Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH:  
Übersichtsplan im Maßstab 1:5.000, Grundlage: DGK 5, Nr. 5007/04; 5007/10;  
5007/11; 5007/16; 5007/17  
zur Verfügung gestellt in digitaler Form als \*.dwg-Datei am 17.04.2003
  
- [U 2]: Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH:  
Lageplan Streckenanbindung (Machbarkeitsuntersuchung Variante D), Anlage Nr. 15,  
Datum 06/00. Maßstab 1:1.000  
Zur Verfügung gestellt als Kopie am 30.04.2003
  
- [U 3]: Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH:  
Lageplan Endzustand, Teil 1 (Machbarkeitsuntersuchung Variante D), Anlage Nr.  
17.1, Datum 06/00, Maßstab 1:1.000  
Zur Verfügung gestellt als Kopie am 30.04.2003
  
- [U 4]: Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH:  
Tunnel/ Grundriss, Längsschnitt, Datum April 2003, Plan-Nr. 002  
Zur Verfügung gestellt in digitaler Form als \*.dwg-Datei am 02.05.2003
  
- [U 5]: Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH:  
Tunnel/ Querschnitte, Datum April 2003, Plan-Nr. 001  
Zur Verfügung gestellt in digitaler Form als \*.dwg-Datei am 02.05.2003
  
- [U 6]: Staatliches Umweltamt Köln:  
Messdaten und Bohrprofile von nahegelegenen Grundwassermessstellen
  
- [U 7]: Kühn Geoconsulting GmbH:  
Bohrprofile von nahegelegenen Untersuchungsbereichen

Weiterhin wurden die gängigen Kartenblätter wie die Topographische Karte und die Geologische/Ingenieurgeologische und Hydrogeologische Karte von Köln etc. ausgewertet.

## **2. Durchgeführte Untersuchungen**

Zwischen dem 03.06.2003 und dem 04.06.2003 wurden im Bereich des Überwerfungsbauwerkes insgesamt 4 Rammkernsondierungen (RKS 8 bis RKS 11) bis zu einer Tiefe von maximal 6,0 m ausgeführt. Weiterhin wurden 5 Baggerschürfe zur Erkundung der Fundamentunterkante durchgeführt.

Die ungefähre Lage der Untersuchungspunkte wurde im Vorfeld mit Herrn Ahrens (Ing.-Büro Vössing, Abteilungsleiter Verkehrsplanung) abgestimmt.

Die Bohr- und Schurfansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Höhenbezug war dabei ein Kanaldeckel auf der Etzelstraße, dessen Höhe bei den Stadtentwässerungsbetrieben Köln angefragt und mit 47,64 m ü. NN angegeben wurde.

Alle Höhen- und Maßangaben sind bauseits vor Baubeginn verantwortlich zu überprüfen.

Parallel zu den Geländearbeiten fand eine Begehung des Untersuchungsbereiches durch einen Diplom-Geologen statt.

Bei dem Staatlichen Umweltamt Köln wurden Recherchen bezüglich nahegelegener Grundwassermessstellen durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in der Anlage 1 (Lageplan mit Bohransatzpunkten), Anlage 2 (Bohrprofil mit Schichtgrenzen), Anlage 3 (Grundwasserdaten), Anlage 4 (Schurfzeichnungen) und 5 (Grundbruch- /Setzungsberechnungen) zusammengefasst.

### **3. Untersuchungsergebnisse**

#### **3.1 Morphologie und Geologie**

##### **3.1.1 Morphologie**

Die Höhe des Geländes innerhalb des Überwerfungsbauwerkes beträgt gemäß der Einmessung der durchgeführten Rammkernsondierungen und Schürfe ca. 46,50 m ü. NN im Süden und ca. 47,00 m ü. NN im Norden. Wir verweisen hier auf den Unterschied von ca. 0,5 m zu den Angaben im zur Verfügung gestellten Längsschnitt [U 4]. Die Höhen sind mit Hilfe von Vermesserunterlagen zu prüfen.

##### **3.1.2 Geologie**

Der Untergrund im Untersuchungsbereich wird von Tertiär (Sand, Schluff, Ton mit eingelagerter Braunkohle) gebildet. Darüber lagern bis zu ca. 30,0 m dicke Kiessande der Niederterrasse des Rheins. Oberhalb der Kiessande befinden sich bis zu mehrere Meter dicke Hochflutablagerungen. Der Abschluss des Bodenprofils wird im Bereich der Untersuchungspunkte durch Auffüllung gebildet, die die Hochflutablagerungen und bereichsweise auch den Kiessand teilweise ersetzt.

##### **3.1.3 Erdbeben**

Im südlichen und westlichen Teil der Niederrheinischen Bucht sind Flachbeben (Herdteufe 7 bis 8 km Tiefe) verbreitet. Nach DIN 4149 liegt das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 2.

#### **3.2 Hydrogeologie**

##### **3.2.1 Grundwasserleiter**

Der oberste Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet wird von den Kiessanden der Rheinterrasse gebildet. Die Dicke dieses Grundwasserleiters beträgt bis zu etwa 30,0 m. Tiefere Grundwasserleiter befinden sich in sandig-kiesigen Schichten des Tertiärs.

##### **3.2.2 Messungen während der Geländearbeiten**

In den durchgeführten Rammkernsondierungen wurde bis zur Endteufe von maximal 6,0 m unter Ansatzpunkt kein Grundwasser festgestellt. In der Rammkernsondierungen RSK 11 wurde eine klopfnasse Lage (Hochflutablagerungen) erbohrt. Es handelt sich hier um Stau-nässe, welche oberhalb hauptsächlich bindiger und damit schlecht durchlässiger Lagen auftritt.

### 3.2.3 Literatur-Daten

Die Ingenieurgeologische Karte, Blatt 5007 Köln, gibt für den Zeitraum April bis Juli 1983 einen Grundwasserstand von ca. 39,30 m ü. NN im Bereich des Überwerfungsbauwerkes an.

### 3.2.4 Recherchierte Messdaten

Beim Staatlichen Umweltamt Köln wurden hinsichtlich nahegelegener Grundwassermessstellen Recherchen durchgeführt.

Demnach liegen in der weiteren Umgebung des Bauvorhabens 9 Grundwassermessstellen, deren Hauptdaten in der Tabelle 1 und deren Lage in der Anlage 3 dargestellt ist.

**Tab. 1: Daten der nahegelegenen Grundwassermessstellen**

| <b>GW-Messstelle Nr.</b> | <b>höchster gemessener Wert [m ü. NN]</b> | <b>niedrigster gemessener Wert [m ü. NN]</b> | <b>Mittelwert [m ü. NN]</b> | <b>Messdauer</b> | <b>Messturnus</b>      |
|--------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------|
| 073313415                | 39,32 (25.04.02)                          | 35,23 (22.02.73)                             | 37,39                       | 1971 – 2002      | monatlich/halbjährlich |
| 073537317                | 38,94 (27.04.88)                          | 35,74 (30.09.98)                             | 37,33                       | 1983 – 2002      | monatlich/täglich      |
| 073553414                | 39,23 (24.01.94)                          | 36,39 (26.10.92)                             | 37,50                       | 1988 – 2002      | monatlich              |
| 073562610                | 39,62 (25.04.02)                          | 37,94 (28.10.92)                             | 38,26                       | 1992 – 2002      | monatlich/halbjährlich |
| 076550710                | 39,46 (25.04.88)                          | 36,13 (26.10.92)                             | 37,44                       | 1992 – 1999      | monatlich              |
| 076611115                | 39,62 (07.05.01)                          | 36,57 (06.10.97)                             | 37,98                       | 1989 – 2003      | überw. wöchentlich     |
| 279376911                | 39,25 (16.04.88)                          | 34,37 (25.11.72)                             | 37,09                       | 1995 – 2003      | überw. monatlich       |
| 279377113                | 40,01 (30.04.88)                          | 35,76 (25.11.72)                             | 38,12                       | 1965 – 2003      | überw. monatlich       |
| 279377915                | 39,38 (14.05.88)                          | 35,48 (27.11.76)                             | 37,71                       | 1973 - 2003      | überw. monatlich       |

### 3.2.5 Grundwasserfließrichtung

In Anlage 3.2 und 3.3 sind die Grundwassergleichen für einen mittleren und einen hohen Wasserstand aufgetragen. Grundsätzlich fließt das Grundwasser bei mittleren bis niedrigen Grundwasserständen in Richtung des Vorfluters Rhein. Bei Hochwasser drängt das Wasser aus dem Rheinbett in den Grundwasserleiter. Daher ändert sich die Grundwasserfließrichtung entsprechend.

Nachfolgend sind die Grundwasserfließrichtungen im Bereich des Grundstückes für Hoch- und Mittel- bzw. Niedrigwasserstand dargestellt.

Für die Ermittlung der Grundwasserfließrichtung bei einem mittleren bis niedrigen Wasserstand wurden Daten der Grundwassermessstellen von Oktober 1988 verwendet. Nach der Konstruktion der Grundwassergleichen ergibt sich eine Grundwasserfließrichtung nach Nordost (siehe Anlage 3.2).

Für die Ermittlung der Grundwasserfließrichtung bei einem hohen Wasserstand wurden gemessene Daten der Messstellen vom März 1995 (Hochwasser im Januar 1995) verwendet. Der Zeitversatz der gewählten Grundwassermessdaten und des maximalen Rheinwasserstandes rührt daher, dass das Grundwasser je nach Entfernung zum Rhein zeitversetzt nach dem Maximalwasserstand des Rheins ansteigt. Nach der Konstruktion der Grundwassergleichen ergibt sich für ein Hochwasser eine Grundwasserfließrichtung nach Nord bzw. Nordnordwest (siehe Anlage 3.3).

#### 3.2.6 Bewertung

Die derzeitige Geländehöhe innerhalb des Bauwerkes (= Oberkante Bettung) liegt ca. 6,5 m bis 7,0 m über dem höchsten gemessenen Grundwasserstand in der Umgebung. Die tiefste im Rahmen der Schürfe ermittelte Fundamentunterkante liegt mit 43,80 m ü. NN etwa 3,8 m über dem höchsten gemessenen Grundwasserstand. Addiert man als Sicherheit die Hälfte der maximalen Schwankungsbreite zum höchsten gemessenen Wasserstand hinzu (40,01 m ü. NN + 2,44 m = 42,45 m ü. NN), liegt die tiefste ermittelte Fundamentunterkante immer noch 1,35 m darüber. Somit ist davon auszugehen, dass das Bauvorhaben nicht durch Grundwasser gefährdet ist.

#### 3.2.7 Wasserschutzzone

Der Untersuchungsbereich befindet sich gemäß der Wasserschutzgebietsübersichtskarte des Staatlichen Umweltamtes Köln (Stand 02/2001) außerhalb von geplanten oder festgesetzten Wasserschutzgebieten.

### **3.3 Schichtbeschreibung**

#### **3.3.1 Auffüllung**

Aufgefüllter Boden wurde in allen durchgeführten Rammkernsondierungen erbohrt. Die Auffüllung reicht zwischen ca. 1,4 m (RKS 8) und 2,8 m (RKS 10) unter Gelände. Die Unterkante der Auffüllung liegt zwischen etwa 45,06 m ü. NN (RKS 8) und 44,16 m ü. NN (RKS 10). Im Bereich der Rammkernsondierung RKS 9 wurde ab einer Tiefe von 1,1 m unter Ansatzpunkt kein weiterer Bohrfortschritt erreicht (KBF in Anlage 2). Die Sondierung ist hier vermutlich auf das Fundament getroffen. Aufgefüllter Boden wurde außerdem in den Schürfen angetroffen, im Bereich der Schürfe 2 und 4b reichte die Auffüllung bis ca. 0,2 m bzw. > 0,2 m unter das Fundament. Wir weisen darauf hin, dass die Rammkernsondierungen neben dem Bestandsgleis durchgeführt wurden, da im Direktbereich der Gleise aufgrund der größeren Schotterdicke kein Bohrfortschritt erreicht wurde.

Bei der Auffüllung handelt es sich im oberen Bereich der Rammkernsondierungen RKS 8 bis RKS 10 um Schotter mit Anteilen von Sand, Lava, Asche und Beton. Darüber hinaus setzt sich die Auffüllung aus schwach bis stark sandigem Kies, aus kiesigem Sand sowie aus sandigem, schwach kiesigem und schwach tonigem Schluff zusammen. In den aufgefüllten Böden sind Anteile von Ziegel, Asche, Schlacke und Kohle enthalten. Bei der Auffüllung unterhalb der Fundamente handelte es sich um stark schluffigen und schwach kiesigen Sand sowie um sandigen Kies.

Die rolligen Anteile der Auffüllung sind gemäß der Bohrwiderstände überwiegend locker bis mitteldicht gelagert, die bindigen Anteile besitzen eine steife und untergeordnet halbfeste bis feste Konsistenz. Es muss mit größeren Blöcken (Bohr-/Rammhindernisse) in der Auffüllung gerechnet werden.

Bei der Auffüllung handelt es sich nach DIN 18 300 um Bodenklasse 4 (Schluffgehalt > 15%) und Bodenklasse 3 (Schluffgehalt < 15%). In Abhängigkeit von Häufigkeit und Steingröße können auch die Bodenklassen 5 bis 7 auftreten. Durchnässen die bindigen Anteile der Auffüllung beim Aushub, so gehen sie in die Bodenklasse 2 über.

Bodenkennwerte für die Auffüllung oberhalb der Fundamentunterkante:

|                |                           |   |                                        |                   |
|----------------|---------------------------|---|----------------------------------------|-------------------|
| Raumgewicht    |                           |   |                                        |                   |
| erdfeucht      | 17,0                      | — | 18,0                                   | kN/m <sup>3</sup> |
| unter Auftrieb | 9,0                       | — | 10,0                                   | kN/m <sup>3</sup> |
| Kohäsion       | 5,0 <sub>(Schluff)</sub>  | — | 0,0 <sub>(Sand, Kies, Schotter)</sub>  | kN/m <sup>2</sup> |
| Reibungswinkel | 27,5 <sub>(Schluff)</sub> | — | 32,5 <sub>(Sand, Kies, Schotter)</sub> | °                 |
| Steifeiziffer  | 7,5 <sub>(Schluff)</sub>  | — | 60,0 <sub>(Sand, Kies, Schotter)</sub> | MN/m <sup>2</sup> |

Bodenkennwerte für die Auffüllung unterhalb der Fundamentunterkante  
 (bei mindestens steifer Konsistenz der bindigen Bestandteile):

|                |                                         |   |                              |                   |
|----------------|-----------------------------------------|---|------------------------------|-------------------|
| Raumgewicht    |                                         |   |                              |                   |
| erdfeucht      | 17,0                                    | — | 18,0                         | kN/m <sup>3</sup> |
| unter Auftrieb | 9,0                                     | — | 10,0                         | kN/m <sup>3</sup> |
| Kohäsion       | 2,5 <sub>(schluffiger Sand/Kies)</sub>  | — | 0,0 <sub>(Sand, Kies)</sub>  | kN/m <sup>2</sup> |
| Reibungswinkel | 27,5 <sub>(schluffiger Sand/Kies)</sub> | — | 35,0 <sub>(Sand, Kies)</sub> | °                 |
| Steifeiziffer  | 25,0 <sub>(schluffiger Sand/Kies)</sub> | — | 60,0 <sub>(Sand, Kies)</sub> | MN/m <sup>2</sup> |

Die höhere Steifeiziffer der Auffüllung unterhalb der Fundamente ist auf die bessere Verdichtung durch die Auflast des Bauwerkes zurückzuführen.

### 3.3.2 Hochflutablagerungen

Hochflutablagerungen wurden nur in den Rammkernsondierungen RKS 8 und RKS 11 erbohrt. Hier reichen sie zwischen 1,8 m (RKS 8) und 1,9 m (RKS 11) unter Gelände. Die Dicke der Hochflutablagerungen liegt zwischen ca. 0,25 m (RKS 11) und 0,4 m (RKS 8). Innerhalb des Überwerfungsbauwerkes sind die Hochflutablagerungen größtenteils durch Auffüllung ersetzt. Lediglich in den zurückspringenden Bereichen (Ausbuchtungen), in denen sich keine Fundamente befinden stehen noch Hochflutablagerungen in einer Dicke von > 0,8 m (siehe Schurf 4a, Anlage 4) an.

Es handelt sich bei den Hochflutablagerungen um schwach bis stark fein- bis mittelsandigen, schwach tonigen und bereichsweise schwach kiesigen Schluff. Die Konsistenz der Hochflutablagerungen ist überwiegend steif.

Nach DIN 18 300 handelt es sich um Bodenklasse 4. Durchnässen die Hochflutablagerungen beim Aushub, so gehen sie in die Bodenklasse 2 über.

Bodenkennwerte (bei mindestens steifer Konsistenz der bindigen Anteile):

|                |      |   |      |                   |
|----------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht    |      |   |      |                   |
| erdfeucht      | 18,0 | – | 19,0 | kN/m <sup>3</sup> |
| unter Auftrieb | 9,0  | – | 10,0 | kN/m <sup>3</sup> |
| Kohäsion       | 7,5  | – | 2,5  | kN/m <sup>2</sup> |
| Reibungswinkel | 27,5 | – | 30,0 | °                 |
| Steifeziffer   | 10,0 | – | 15,0 | MN/m <sup>2</sup> |

### 3.3.3 Kiessande

Die Kiessande beginnen zwischen ca. 1,8 m (RKS 8) und 2,8 m (RKS 10) unter Geländeoberkante und bezogen auf NN zwischen etwa 44,66 m ü. NN (RKS 8) und 44,16 m ü. NN (RKS 10). In der Sondierung RKS 9 wurde die Oberkante Kiessand nicht erreicht, da die Bohrung bereits in der Auffüllung abgebrochen werden musste (s. o.). Die Unterkante des Kiessandes wurde in den durchgeführten Rammkernsondierungen nicht erreicht. Gemäß vorliegender Schichtverzeichnisse von Großbohrungen auf dem Grundstück des ehemaligen Eisenbahnausbesserungswerkes Köln-Nippes (s. a. Gutachten G01, Anlage 1 und 2) bzw. gemäß der beim Staatlichen Umweltamt recherchierten Schichtenverzeichnisse (s. a. Anl. 3) erreichen die Kiessande eine Dicke zwischen ca. 16,3 m und 29,40 m. Die Dicke Kiessand nimmt hierbei in Richtung Osten (bzw. in Richtung Rhein) ab. Gemäß Ingenieurgeologischer Karte stehen oberflächennah in Richtung Rhein stärker braunkohlehaltige Schichten des Tertiärs an, die vermutlich nicht so stark erodiert wurden, wie die sandigeren Schichten, die Richtung Westen anstehen.

Die Kiessande setzen sich aus teilweise schwach kiesigem bis kiesigem Sand und sandigem Kies zusammen.

Gemäß Bohrwiderstand ist der Kiessand überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert.

Nach DIN 18 300 handelt es sich bei dem Kiessand um Bodenklasse 3 (Schluffgehalt < 15%) und untergeordnet bei Auftreten von schluffigen Lagen um Bodenklasse 4 (Schluffgehalt > 15%). Es können auch Steinlagen der Bodenklasse 5 vorkommen. Verkittete Lagen (z. B. durch CaCO<sub>3</sub>-Ausfällungen) sowie Findlinge fallen in Bodenklasse 6 und 7.

Bodenkennwerte:

|                |       |   |       |                   |
|----------------|-------|---|-------|-------------------|
| Raumgewicht    |       |   |       |                   |
| erdfeucht      | 20,0  |   |       | kN/m <sup>3</sup> |
| unter Auftrieb | 12,0  |   |       | kN/m <sup>3</sup> |
| Kohäsion       | 2,5   | – | 0,0   | kN/m <sup>2</sup> |
| Reibungswinkel | 35,0  | – | 40,0  | °                 |
| Steifeziffer   | 100,0 | – | 120,0 | MN/m <sup>2</sup> |

### 3.3.4 Tertiär

Die Oberkante Tertiär liegt gemäß der vorliegenden Schichtverzeichnisse von Großbohrungen zwischen etwa 19,8 m und 32,1 m unter Gelände bzw. zwischen ca. 23,20 m ü. NN und 16,83 m ü. NN (s. a. Anl. 3.1). Wie in Abschnitt 3.3.3 erläutert, steigt die Oberkante Tertiär in Richtung Osten bzw. in Richtung Rhein an.

Es handelt sich bei dem Tertiär um Wechsellagerungen von Schluffen, Tonen und Sanden mit Braunkohlelagen.

Eine Beeinflussung des Bauvorhabens durch tertiäre Schichten findet nicht statt.

### 3.3.5 Zusammenfassung Schichtverhältnisse und Bodenkennwerte

Relevant für das Bauvorhaben sind die Schichten oberhalb des Tertiärs und somit die Auffüllung, die Hochflutablagerungen und der Kiessand.

In Tabelle 2 sind die Baugrundkennwerte vereinfachend für die nachfolgenden Berechnungen zusammengefasst.

**Tab 2: Baugrundkennwerte**

|                                     | Auffüllung oberhalb Fundamentunterkante | Auffüllung als Bodenaustausch den Fundamenten | ehem. unter | Hochflutablagerungen | Kiessand |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|----------------------|----------|
| Wichte (erdf.) [kN/m <sup>3</sup> ] | 17,5                                    |                                               | 17,5        | 18,5                 | 20,0     |
| Reibungswinkel [°]                  | 30,0                                    |                                               | 30,0        | 28,5                 | 37,5     |
| Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ]       | 2,5                                     |                                               | 0,0         | 5,0                  | 0,0      |
| Steifemodul [MN/m <sup>2</sup> ]    | *15,0                                   |                                               | **30,0      | 12,5                 | 100,0    |

\* Die Auffüllung ist überwiegend bindig

\*\* wird aus Sicherheitsgründen im unteren Bereich angesetzt

### 3.4 Ergebnisse der Untersuchungen des Bauwerkes (Fundamentunterkante)

#### 3.4.1 Beschreibung Bauwerksbestand

Die Gesamtlänge des Überwerfungsbauwerkes beträgt ca. 210,0 m. Die Breite des Bauwerkes beträgt in dem südlichen Teil (auf ca. 84,0 m Länge) etwa 9,0 m und im nördlichen Teil (auf ca. 113,0 m Länge) etwa 5,0 m. In dem nördlichen ca. 13,0 m langen Endstück steigt die Breite dann wieder auf 7,5 m an und nimmt zum Ausgang hin auf ca. 5,7 m ab.

Die Bauwerkswände sind, nicht, wie im zur Verfügung gestellten Grundriss [U 4] dargestellt, gerade ausgebildet. Im südlichen, breiteren Teil besteht etwa alle 4,5 m eine 4,5 m breite, ca. 1,5 m tiefe und ca. 3,0 m hohe Ausbuchtung. Im nördlichen, schmalen Teil besteht ca. alle 20,0 m eine 0,3 m tiefe und 1,5 m breite Ausbuchtung.

#### 3.4.2 Ergebnisse der Schürfe

Insgesamt wurden 6 Baggerschürfe erstellt und durch einen Diplom-Geologen aufgenommen. Die Lage der Schürfe ist in Anlage 1 und die Schurfzeichnungen in Anlage 4 dargestellt. Die Schürfe konnten nur im südlichen, breiteren Teil des Überwerfungsbauwerkes bzw. an dessen Nordausgang durchgeführt werden, da ansonsten eine Unterhöhlung des bestehenden Gleis nicht vermeidbar gewesen wäre.

Die Schurftiefen zur Erkundung der Fundamentunterkante lagen zwischen ca. 1,0 m (Schurf 4a) und 3,1 m (Schurf 1). In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse der Schürfe zusammengefasst.

**Tab. 3: Ergebnisse der Baggerschürfe**

| Schurf Nr./<br>Schnitt Nr. | OK Bettung [m ü.<br>NN] | FUK [m u. An-<br>satzpunkt] | FUK [m ü. NN] | Tiefe Schurf [m<br>ü. NN] |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| S 1/Schnitt 1              | 47,00                   | 2,60                        | 44,40         | 43,90                     |
| S 1/Schnitt 2              | 47,00                   | 3,00                        | 44,00         | 43,90                     |
| S 1/Schnitt 3              | 47,00                   | * > 0,80                    | * < 46,20     | 46,20                     |
| S 2/Schnitt 1              | 46,60                   | 1,45                        | 45,15         | 44,60                     |
| S 2/Schnitt 2              | 46,60                   | 1,60                        | 45,00         | 44,55                     |
| S 3/Schnitt 1              | 46,55                   | 1,85                        | 44,65         | 44,45                     |
| S 4a/Schnitt 1             | 46,50                   | -----**                     | -----**       | 45,50                     |
| S 4b/Schnitt 2             | 46,50                   | 1,30                        | 45,20         | 45,00                     |
| S 5/Schnitt 1              | 46,50                   | 2,70                        | 43,80         | 43,90                     |

\* Der Schurf konnte hier nicht vertieft werden, ohne das Gleis zu unterhöhlen

\*\*kein Fundament vorhanden, Wand endet ca. 0,2 unter OK Bettung

FUK = Fundamentunterkante

Der obere Bereich der Fundamente verläuft mit einem Winkel von entweder um ca. 60° (im südlichen, breiteren Teil) oder um ca. 45° (im nördlichen schmalen Teil) in Richtung Bauwerksmitte. Der untere Fundamentteil (meist 0,5 m bis 0,8 m) verläuft senkrecht bis zur Unterkante. Im Bereich des Schurfes 4b krägt der untere Fundamentteil etwa 0,35 m aus.

In fast allen Schürfen stellte sich der Beton bis zur Fundamentunterkante als relativ einheitlich dar. Lediglich im Bereich des Schurfes 3 bestand der untere Teil des Fundamentes aus einem ca. 0,6 m hohen Magerbetonklotz.

#### 3.4.3 Ergebnisse der Bohrungen

Zwischen Schurf 2 und Schurf 1 besteht ein relativ langer Bereich (ca. 100,0 m) des Bauwerks, in dem aus Platzmangel (s. o.) keine Schürfe durchgeführt werden konnten. Die Rammkernsondierung RKS 9, die etwa 1,0 m von der Außenwand durchgeführt wurde, traf in einer Tiefe von ca. 1,1 m auf das Fundament. Somit beträgt der Einfallwinkel des Fundamentes Richtung Bauwerksmitte hier etwa 45°. Vermutlich wird das Fundament hier ähnlich ausgebildet sein wie das im Schurf 1 erkundete Fundament.

Die Rammkernsondierung RKS 11 wurde in einer der oben beschriebenen Ausbuchtungen durchgeführt. Hier wurde, wie auch im Schurf 4a, kein Fundament angetroffen.

Die Rammkernsondierungen RKS 8 und RKS 10 lagen 2,5 m bzw. 1,5 m von der Tunnelwand entfernt und somit außerhalb von Fundamenten.

#### 3.4.4 Anstehender Boden unterhalb der Fundamente

Unterhalb der Fundamente steht entweder gewachsener Kiessand (Schurf 1, Schurf 3, Schurf 5) oder Bodenaustausch (Schurf 2 und Schurf 4b) an. Bei dem Bodenaustausch handelt es sich um sandigen Kies (Schurf 2) bzw. stark schluffigen und schwach kiesigen Sand (Schurf 4b). Im Schurf 2 folgen unterhalb von 0,2 m Bodenaustausch Hochflutablagerungen der gleichen Dicke. Darunter steht gewachsener Kiessand an. Im Bereich des Schurfes 4a, der in einer der Ausbuchtungen durchgeführt wurde, stehen unterhalb der Wand Hochflutablagerungen in einer Dicke von > 0,8 m an.

#### **4. Gründung Überwerfungsbauwerk**

##### **4.1 Allgemeine Angaben**

Grundsätzlich wurde mit Hilfe der durchgeführten Schürfe festgestellt, dass die Fundamentunterkante des Bauwerkes nicht einheitlich ist. Sie liegt zwischen ca. 45,20 m ü. NN (Schurf 4b) und 43,80 m ü. NN (Schurf 5), steigt jedoch nicht gleichmäßig in einer Richtung an.

##### **4.2 Einbindung der Fundamente/Frosteinwirkung**

Köln liegt im Frosteinwirkungsgebiet I nach der Vorschrift für Erdbauwerke DS 836 bzw. gemäß RStO 01 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen).

Die Einbindetiefe des Bauwerkes muss somit mind. 0,8 m betragen, um eine frostfreie Gründung zu gewährleisten.

Grundsätzlich sollte die Vertiefung so gering wie möglich gehalten werden. Bei einer Vertiefung der derzeitigen Geländeoberkante ergibt sich die in Tabelle 4 dargestellte Einbindetiefe der Fundamente.

**Tab. 4: Einbindetiefen der Fundamente bei Vertiefung der Sohle**

| Schurf Nr./<br>Schnitt Nr. | OK<br>BETTUNG<br>[m ü. NN] | FUK<br>[m ü. NN] | derzeitige Einbindung<br>Fundament [m] | Einbindung bei<br>0,5 m Vertiefung<br>[m] | Einbindung bei<br>1,0 m Vertiefung<br>[m] |
|----------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| S 1/Schnitt 1              | 47,00                      | 44,40            | 2,60                                   | 2,10                                      | 1,60                                      |
| S 1/Schnitt 2              | 47,00                      | 44,00            | 3,00                                   | 2,50                                      | 2,00                                      |
| S 1/Schnitt 3              | 47,00                      | < 46,20          | >0,80                                  |                                           |                                           |
| S 2/Schnitt 1              | 46,60                      | 45,15            | 1,45                                   | 0,95                                      | 0,45                                      |
| S 2/Schnitt 2              | 46,60                      | 45,00            | 1,60                                   | 1,10                                      | 0,60                                      |
| S 3/Schnitt 1              | 46,55                      | 44,65            | 1,90                                   | 1,40                                      | 0,90                                      |
| S 4a/Schnitt 1             | 46,50                      | -----            |                                        |                                           |                                           |
| S 4b/Schnitt 2             | 46,50                      | 45,20            | 1,30                                   | 0,80                                      | 0,30                                      |
| S 5/Schnitt 1              | 46,50                      | 43,80            | 2,70                                   | 2,20                                      | 1,70                                      |

Eine frostfreie Einbindung (gemäß oben genannter Vorgabe) aller untersuchten Fundamentbereiche ist somit nur bei einer Vertiefung von maximal 0,5 m der derzeitigen Geländeoberkante gewährleistet. Wenig problematisch stellt sich die Situation dar, wenn unterhalb der Gründungssohle nichtbindige Schichten (Schurf 1, 3 und 5) anstehen, die von der Frosteinwirkung nicht wesentlich beeinflusst werden. In den genannten Schürfen liegt die Fundamentunterkante allerdings so tief, dass selbst bei einer Vertiefung um 1,0 m die Frostfreiheit noch gewährleistet ist.

Ungünstige Bedingungen bezüglich der Einbindetiefe wurden im Bereich der Schürfe 2 und 4 ermittelt. Im Schurf 2 ist bei einer Vertiefung der Bettung von  $> 0,65$  m die Frostfreiheit nicht mehr gewährleistet. Außerdem stehen unterhalb des Fundamentes unter einer 0,2 m dicken Bodenaustauschschicht (Kiessand) noch 0,2 m Hochflutablagerungen über dem gewachsenen Kiessand an.

Im Schurf 4a wurde im Bereich der Ausbuchtung der Wand lediglich eine Einbindetiefe der Wand von 0,2 m unter OK Bettung festgestellt. Voraussichtlich sind in allen Ausbuchtungen keine Fundamente vorhanden (siehe auch Ergebnis der Rammkernsondierung RKS 11). Hier wird zunächst davon ausgegangen, dass der Tunnel als Bogenbauwerk ausgeführt wurde, um tiefe Ausschachtungen bis zum Kiessand auf der Gesamtlänge des Bauwerkes zu sparen. Die Wände in den Ausbuchtungen wären dann nicht tragend. Dies muss jedoch seitens der Statik geprüft werden. Grundlage muss eine genaue vermessungstechnische Aufnahme der Bauwerkswand sein. Wird festgestellt, dass die Wände tragend sind, ist bereits im jetzigen Zustand keine ausreichende Frostsicherheit gegeben. Es müssen dann Maßnahmen zur Tieferführung der Wand getroffen werden. Hierbei muss beachtet werden, dass bei Tieferausschachtung das Herausrieseln von rolligem Material verhindert werden muss, da sonst die Hinterfüllung des Bauwerkes aufgelockert wird.

Im Bereich des Schurfes 4b wurde die geringste Einbindetiefe eines Fundamentes ermittelt. Außerdem steht unter der Gründungssohle ein Bodenaustausch mit bindigen Anteilen an. Wird hier die Oberkante Bettung um mehr als 0,5 m abgesenkt, können Frostschäden nicht ausgeschlossen werden.

Gemäß der Vorschriften (DS 836 bzw. RStO 01) müssen die Fundamente vertieft werden, wenn keine frostsichere Einbindung besteht. Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass Frost innerhalb eines Tunnelbauwerkes nicht intensiv angreifen kann, da es sich um ein überschüttetes Bauwerk handelt und somit an der Außenwand eine ausreichende Einbindung der Fundamente besteht.

#### 4.3 Grundbruchberechnung für eine Vertiefung der OK Bettung

Für eine Vertiefung der Geländeoberkante muss überprüft werden, ob die Standsicherheit der Fundamente gewährleistet ist. Die Überprüfung findet mittels einer Grundbruchberechnung statt. Die Überprüfung der Grundbruchsicherheit wird für eine Einbindung der Fundamente von 0,8 m (minimale Einbindung bei 0,5 m Absenkung der OK Bettung) und für eine Einbindung von 0,3 m (minimale Einbindung bei 1,0 m Absenkung der OK Bettung) durchgeführt. Die nur gering einbindende Wand im Bereich der Ausbuchtungen wird zunächst nicht berücksichtigt, da zuerst geklärt werden muss, ob diese eine tragende Funktion hat.

Anhand der in Abschnitt 3.3.5 angegebenen Bodenkennwerte sind für mittig-lotrechte Fundamentbelastungen die zulässigen Bodenpressungen berechnet worden. Hierbei wurde unterhalb des Fundamentes ein ungünstiges Schichtmodell angenommen.

Schichtmodell :        bis 0,2 m Auffüllung (ehem. Bodenaustausch)  
                              bis 0,2 m Hochflutablagerungen  
                              bis > 15,0 m Kiessand

Die Fundamentbreiten wurden gemäß der im Grundriss [U 4] dargestellten Wandbreiten zwischen ca. 2,1 m und 2,3 m zuzüglich des auskragenden Fundamentbereiches zwischen ca. 0,7 m bis 1,2 m angesetzt. Es ergeben sich somit Fundamentbreiten zwischen ca. 2,8 m und 3,5 m.

Bei einer Einbindetiefe von mind. 0,8 m (frostfrei) wurde bei einem geforderten Grundbruchsicherheitsbeiwert  $\text{ETA}=2,0$  (Lastfall 1 nach DIN 1054) folgende zulässige Bodenpressungen bei ermittelt:

**Tab 5.1: Zulässige Bodenpressungen für 0,8 m Einbindung (siehe Anlage 5.1)**

|                                             |       |       |       |
|---------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Fundamentbreite [m]                         | 2,5   | 3,0   | 3,5   |
| ca. zul. Bodenpressung [kN/m <sup>2</sup> ] | 348,0 | 388,0 | 426,0 |

Bei einer Einbindetiefe von mind. 0,3 m (nicht frostfrei) wurde bei einem geforderten Grundbruchsicherheitsbeiwert  $\text{ETA}=2,0$  (Lastfall 1 nach DIN 1054) folgende zulässige Bodenpressungen bei ermittelt:

**Tab 5.2: Zulässige Bodenpressungen für 0,3 m Einbindung (siehe Anlage 5.2)**

|                                             |       |       |       |
|---------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Fundamentbreite [m]                         | 2,5   | 3,0   | 3,5   |
| ca. zul. Bodenpressung [kN/m <sup>2</sup> ] | 258,0 | 296,0 | 332,0 |

Die Setzungen werden durch die langandauernde Auflast bereits abgeschlossen sein und werden deshalb nicht berücksichtigt.

Für die Vertikallasten bestehen hinsichtlich des Grundbruches keine Bedenken, sofern die o. g. zulässigen Bodenpressungen eingehalten werden. Da auch Horizontallasten (v. a. Erd-druck) auf das Bauwerk treffen werden, sind vom Statiker die Lastersatzbreiten zu ermitteln, sofern eine außermittige Belastung der Fundamente entsteht. Anschließend müssen die zulässigen Bodenpressungen für die Lastersatzbreiten festgelegt werden. Fallen in den un-günstigen Fundamentbereichen (Schurf 4 und 2) höhere als die zulässigen Bodenpressun-gen an, müssen Maßnahmen zur Vertiefung der Fundamente (Unterfangung) getroffen wer-den.

**Anmerkung:** Wir weisen darauf hin, dass bei den o. g. Angaben von den ungünstigsten er-mittelten Verhältnissen (die Fundamente betreffend) ausgegangen wurde, die im Bereich der Schürfe 4 bzw. 2 festgestellt wurden. Generell kann nicht ausgeschlossen werden, dass in dem nicht untersuchten, für die Ausführung von Baggerschürfen zu schmalen, Bereich noch geringere Fundamenttiefen vorliegen. Deshalb müssen bei Aushub noch Kontrollschürfe angelegt werden.

#### **4.4 Verringerung des Wandabstandes bei Vertiefung**

Es ist zu berücksichtigen, dass die Fundamente mit einem Winkel von 45° bzw. 60° zur Bauwerksmitte hin verlaufen. In dem südlichen, breiteren Bauwerksteil ist Vertiefung bezüg-lich des Platzbedarfes eher unproblematisch. Im nördlichen, schmaleren Teil ergibt sich fol-gendes Bild: Der Abstand von Wand zu Wand beträgt etwa 5,0 m. Die Fundamente springen jeweils ca. 0,2 m bis 0,3 m vor, so dass sich der Abstand zwischen den Fundamenten im ungünstigsten Fall auf ca. 4,4 m verringert.

Ausgehend von einem Winkel der Fundamente von ca. 45° (ungünstig) wird sich der Ab-stand zwischen den Fundamenten bei einer Vertiefung um 0,5 m auf ca. 3,3 m bzw. bei einer Vertiefung um 1,0 m auf ca. 2,2 m reduzieren.

Je nach Platzbedarf des zu errichtenden Gleises bzw. je nach erforderlicher Vertiefung müs-sen die Fundamente evtl. seitlich abgestemmt werden. Die Lastabstrahlung des Gleises auf die Fundamente ist zu berücksichtigen. Hier bedarf es einer Abstimmung mit dem Statiker.

Der Teilabbruch der Fundamente im Bauwerksinnern sollte als (Eventual-)Position in die Ausschreibung mit aufgenommen werden, um Nachträge zu vermeiden.

#### **4.5 Bewertung und Maßnahmen**

Eine Vertiefung der derzeitigen Oberkante Bettung um  $\leq 0,5$  m stellt sich grundsätzlich als machbar dar, ohne dass zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden müssen. Bei einer Vertiefung von  $> 0,5$  m sind bezüglich des Grundbruches ebenfalls noch relativ hohe Bodenpressungen zulässig. Bezüglich der zulässigen Bodenpressungen bei außermittig belasteten Fundamenten muss noch eine Überprüfung der Grundbruchsicherheit nach Angabe der Ersatzflächenbreite durch den Statiker stattfinden.

Bei einer Vertiefung von  $> 0,5$  m ergeben sich in Teilbereichen Probleme (Schurf 2 und Schurf 4) durch die fehlende frostsichere Einbindung der Fundamente. Es muss geprüft werden, ob auf eine Einbindung von 0,8 m im Tunnelinneren aufgrund der geringeren Frosteinwirkung verzichtet werden kann. Soll die Frostsicherheit gemäß DS 836 bzw. RStO 01 gewährleistet sein, müssen Maßnahmen für die Herstellung der Frostsicherheit getroffen werden.

Eine Vertiefung der Fundamente mittels Unterfangung ist sehr aufwendig und sollte daher möglichst vermieden werden, dass heißt, die Vertiefung sollte so gering wie möglich gehalten werden bzw. 0,5 m nicht überschreiten.

Nach einer vermessungstechnischen Aufnahme der Bauwerkswand muss geprüft werden, ob die nur gering einbindenden Wände in den Ausbuchtungen eine tragende Funktion haben. Wenn ja, müssen hier entsprechende Vertiefungen durchgeführt werden.

Das geplante Gleis ist möglichst mittig anzuordnen, da sich insbesondere in dem schmaleren Teil des Bauwerkes durch die Vertiefung und das Einfallen der Fundamente in Richtung Bauwerksmitte der Abstand verringert. Evtl. müssen die Fundamente seitlich abgebrochen werden.

## **5. Gründung Gleis**

### **5.1 Allgemeine Angaben**

Im Überwerfungsbauwerk wird ein Gleis voraussichtlich mit geringem Gefälle in Richtung Süden errichtet. Die genaue Tiefenlage des Gleises hängt von der erforderlichen Vertiefung der Bettung im Überwerfungsbauwerk ab und steht derzeit noch nicht fest.

Nach Angabe von Herrn Feltges (Ing.-Büro Vössing) wird die maximale Geschwindigkeit der Züge im Bereich des Gleises unter 80,0 km/h liegen, so dass hier die Streckenkategorie R 80 angenommen wird.

Für den Unterbau unter den Gleisen sind die Regelanforderungen gemäß DS 836 zu beachten. Gemäß DS 836 liegt Köln im Frosteinwirkungsgebiet I.

### **5.2 Angaben zur Gründung**

Grundsätzlich stellt sich die Auffüllung, auf der das neue Gleis bzw. die Schutzschicht aufgebaut wird als relativ inhomogen dar. Im Erdplanum wird unabhängig von der Größe der Vertiefung teilweise Kiessand und teilweise Schluff bzw. schluffiger Kiessand anstehen.

Die Dicke der Schutzschicht muss gemäß DS 836 in der Streckenkategorie R 80 im Frosteinwirkungsgebiet I 0,3 m betragen. Voraussetzung ist, dass auf dem Erdplanum ein  $E_{v2}$ -Wert von mindestens 45,0 MN/m<sup>2</sup> (Höhe  $E_{v2}$ -Wert ist von der Streckenkategorie abhängig) erreicht wird. Die Proctordichte muss bis in eine Tiefe von  $\geq 1,0$  m 95 % betragen.

Erfahrungsgemäß werden die geforderten Werte in Teilen des Erdplanums nicht erreicht, da der anstehende Boden nicht ausreichend verdichtungsfähig ist.

Wir empfehlen, nach einer Nachverdichtung zunächst Verdichtungsüberprüfungen auf dem Erdplanum durchzuführen. Werden die geforderten Werte nicht erreicht, müssen ergänzende Maßnahmen zur Stabilisierung des Erdplanums (Bodenaustausch) vorgenommen werden.

Gemäß Richtlinie DS 836 ist bei Schotteroberbau i.d.R. eine gering durchlässige abdeckende Planumsschutzschicht einzubauen ist, die bei gering durchlässigem Untergrund durch eine dränierende, kapillarbrechende Zwischenschicht aus durchlässigem Bodenmaterial oder aus einem dränierenden Filtervlies vom Untergrund zu trennen ist. Da innerhalb des Bauwerkes kein Wasser auf das Erdplanum trifft, kann auf eine Dränschicht zwischen Schutzschicht und Untergrund verzichtet werden.

Zur Herstellung der Filterstabilität ist das Erdplanum ggf. von der Schutzschicht durch ein filterstabiles Geotextil (gem. BN 918039) zu trennen. Alternativ müssen in den Bereichen, in denen die anstehende Auffüllung im Untergrund verbleibt, Kornverteilungsanalysen des Materials durchgeführt werden, um die Schutzschicht hinsichtlich ihrer Körnung (nur innerhalb der Vorgaben möglich) entsprechend anzupassen.

Die Schutzschicht muss auf 100% Proctordichte (bzw.  $E_{v2} = 80,0 \text{ MN/m}^2$ ) verdichtet werden, die Verdichtung muss nachgewiesen werden.

## **6. Bauausführung**

### **6.1 Aushub Boden**

Beim Aushub fallen die Bodenklassen 4 (bindige Auffüllung, untergeordnet Hochflutablagerungen) und 3 (nichtbindige Auffüllung) an. In Abhängigkeit von Häufigkeit und Steingröße können in der Auffüllung auch die Bodenklassen 5 bis 7 auftreten. Vernässen die bindigen Böden oder liegen sie im Grundwasser, so gehen sie beim Aushub in die Bodenklasse 2 über.

Alle Angaben zu den Bodenklassen beziehen sich auf die DIN 18 300.

Je nach Lage des Gleises im Überwerfungsbauwerk und je nach erforderlicher Vertiefung der Bettung ist der Abbruch von Beton im Fundamentbereich erforderlich.

### **6.2 Erdplanum**

Die Hochflutablagerungen und die bindige Auffüllung sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTVE-StB 94/Fassung 97). Bei Zutritt von Wasser und/oder Befahren mit Gerät weichen sie tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten. Der Aushub muss deshalb in den Hochflutablagerungen und in der Auffüllung mit Schneide über Kopf erfolgen.

In den Bereichen, in denen das Erdplanum während der Bauzeit befahren werden soll, müssen entsprechende Baustraßen (z. B. mit Schotter) angelegt werden.

Alle Maßnahmen zum Schutz des Erdplanums gegen Oberflächenwasser gem. VOB sind unbedingt zu beachten.

### **6.3 Wiederverfüllung Boden**

Die bindige Auffüllung und die Hochflutablagerungen weisen erfahrungsgemäß nicht den optimalen Wassergehalt auf und können deshalb nur mit Zusatzmaßnahmen ausreichend verdichtet werden. Nur in unbelasteten Bereichen, in denen Sackungen in Kauf genommen werden können, kann dieses Material zur Verfüllung verwendet werden. Eine Trennung der bindigen und der verdichtungsfähigen, rolligen Auffüllung beim Aushub ist baupraktisch voraussichtlich nicht machbar.

Im Bereich belasteter Flächen muss die Verfüllung von Arbeitsräumen mit gut verdichtbarem Material (z. B. Material, welches auch für die Schutzschicht verwendet wird) mit lagenweiser Verdichtung erfolgen. Hier sind 100 % der einfachen Proctordichte zu erreichen und nachzuweisen. Gleiches gilt für den Einbau von Bodenaustausch.

#### **6.4 Wiedereinbau Altschotter**

Die bestehende Schotterbettung soll, wenn möglich, wiederverwendet werden. An insgesamt 6 Proben des Schotters außerhalb des Tunnels wurden Kornverteilungsanalysen durchgeführt. Wir verweisen hierbei auf die Gutachten G03 (Ertüchtigung der bestehenden Gleiskörper) und G04 (Neubau einer 12gleisigen Abstellgruppe).

Es wurde festgestellt, dass der Schotter Anteile  $< 22,4$  mm Korngröße enthält. Insbesondere in den Schotterbereichen zwischen den Gleisen tritt ein hoher Kornanteil ( $> 40$  %) unterhalb dieser Korngröße auf. Ebenso ist der untere Bereich des Schotters stärker durch Boden, Verwurzelungen etc. verunreinigt.

Eine Aufbereitung des Schotters wird vor der Wiedernutzung erforderlich sein. Hinsichtlich der Verwertung des Altschotters ist die Richtlinie der Deutschen Bahn „Verwertung von Altschotter“ (880.4010) zu beachten (s. a. Abschnitt 7).

#### **6.5 Böschungen**

In den überwiegenden Bereichen wird die Anlage der Böschung von dem Einfallwinkel der Fundamente abhängen.

Ansonsten kann unter Beachtung der DIN 4124 während der Bauzeit in der Auffüllung mit  $45^\circ$  und in den Hochflutablagerungen mit  $60^\circ$  geböscht werden. Die Böschungen sind müssen trocken gehalten werden.

Die angegebenen Böschungswinkel gelten nur für Böschungen im erdfeuchten Zustand; bis zu Böschungshöhen von maximal 5,0 m und sofern im Bereich der Böschungskrone die in DIN 4124 angegebenen Abstände für Lasteintragung (Verkehrslasten etc.) eingehalten werden.

## **6.6 Unterfangung**

Eine Unterfangung der Fundamente nach DIN 4123 muss nur für den Fall eingesetzt werden, dass durch die Vertiefung keine ausreichende Frostsicherheit bzw. Grundbruchsicherheit mehr gegeben ist. Die Fundamente müssen hierbei abschnittsweise unterfangen werden. Da in dem schmalen Teil des Bauwerkes kein ausreichender Platz für die Anlage einer Böschung, die in genügendem Abstand zum gegenüberliegenden Fundament liegt, besteht, ist die Unterfangung auf beiden Seiten gleichzeitig auszuführen.

Da hauptsächlich im Kiessand unterfangen wird und die rolligen Lagen zum Herausrieseln neigen muss für eine abschnittsweise, konventionelle Unterfangung nach DIN 4123 unbedingt eine Abstützung der Brust- und der Seitenwände nach DIN 4124 vorgesehen werden.

Wir weisen daraufhin, dass gem. DIN 4123 ein statischer Nachweis der Unterfangung notwendig ist.

Aufgrund der großen Fundamentbreite ist alternativ eine HDI-Unterfangung einzusetzen. Hierbei müsste ein Kleingerät, welches auch für Arbeiten im Keller eingesetzt wird, verwendet werden. Grundsätzlich muss für den Einsatz einer HDI-Unterfangung die genaue Fundamentunterkante in allen zu unterfangenden Bereichen bekannt sein, so dass noch einige ergänzende Suchschürfe angelegt werden müssen. Evtl. werden Kernbohrungen durch die Bestandsfundamente erforderlich, um die HDI-Unterfangung durchzuführen. Es ist unbedingt eine weitere Abstimmung zwischen Tiefbauer, Spezialtiefbauer, Statiker und Baugrundgutachter erforderlich.

## **6.7 Wasserhaltung während der Bauzeit**

Aufgrund des Bauwerksdachs ist die Aushubsohle nicht von Durchnässung durch Niederschlägen betroffen. Wird anderweitiger Wassereintrag vermieden, müssen keine Maßnahmen für eine Wasserhaltung betrieben werden.

Es ist zu beachten, dass beim Aushub, beim dem es aufgrund des trockenen Planums stark stauben kann, kein Wasser eingesetzt werden darf.

## **7. Bewertung Bodenaushub**

Beim Aushub fällt Auffüllungsmaterial (schwach bis stark sandiger Kies, kiesiger Sand sowie sandiger, schwach kiesiger und schwach toniger Schluff mit Anteilen von Ziegel, Asche, Schlacke und Kohle) an.

Weiterhin muss das bestehende Schotterbett abgetragen werden. Der Schotter enthält Anteile von Sand, Lava, Asche und Beton. Oberflächlich ist der Schotter außerdem durch Müll wie Spraydosen, Glasflaschen, Dosen etc. verunreinigt.

Neben der „Verunreinigung“ des Schotters durch Boden, ist eine Verunreinigung durch Mineralöle, Schmierstoffe, Schwermetalle und Herbizide im Gleisbereich möglich. Eine Analyse des Schotters und des aufgefüllten Bodens bezüglich Schadstoffgehalten wird voraussichtlich erforderlich.

Von der Deutschen Bahn AG, Fachbereich Sanierungsmanagement, wird ein Bodenverwertungs- und Entsorgungskonzept (BoVEK) unter Berücksichtigung der Richtlinie der Deutschen Bahn „Verwertung von Altschotter“ (880.4010) aufgestellt.

Die erbohrten Proben der aufgefüllten Böden werden von der Kühn Geoconsulting GmbH für ein halbes Jahr bis Dezember 2003 gekühlt aufbewahrt und können für eine Analytik verwendet werden.

## **8. Schlussbemerkung**

Die Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Abweichungen von den hier beschriebenen Verhältnissen sind zwischen den Bohr-/Rammansatzpunkten möglich.

Da sich das Bauvorhaben in einem frühen Planungsstadium befindet, benötigen wir Informationen über Planungsänderungen, damit das Gutachten dementsprechend überarbeitet werden kann.

Dem geotechnischen Sachverständigen muss Gelegenheit zur Überprüfung des Baugrunds (Gründungssohlen, Böschungen etc.) während der Aushubarbeiten gegeben werden.

Bonn, den 20. Juli 2003

Kühn Geoconsulting GmbH

Dipl.-Geol. G. Kühn

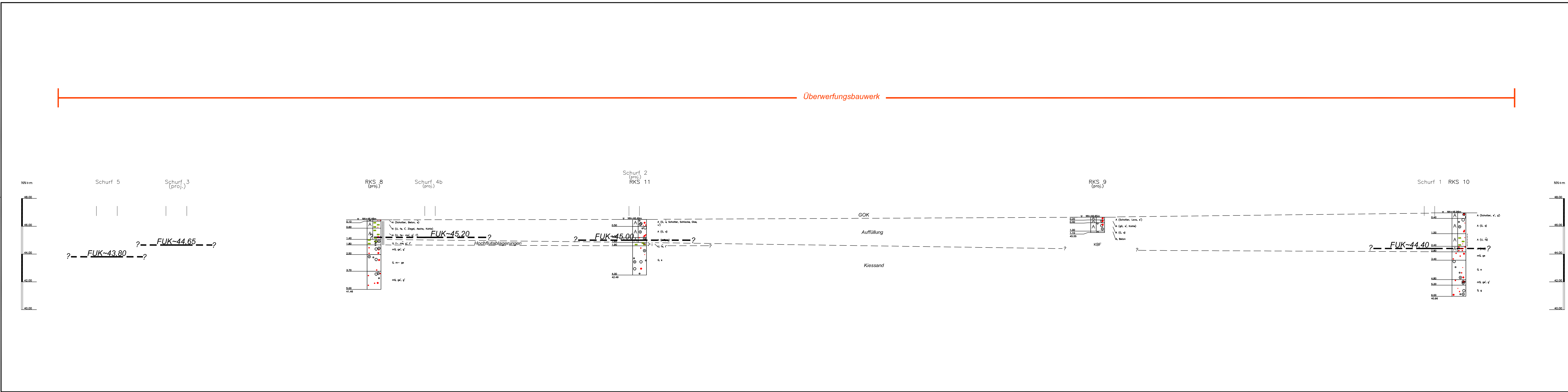
Dipl.-Geol.'in M. Schwermann

**Anlagen:**

1. Lageplan
2. Profile
3. Grundwasserpläne
4. Detailskizzen der Baggerschürfe
5. Grundbruch-/Setzungsberechnungen

**Verteiler:** Ing.-Büro Vössing, Herrn Ahrens/Herrn Feltges, 3x





Anlage 2

2030109\_BG\_G02\_A2P

Blattgröße: 1530 \* 297

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

RKS

Rammkernsondierung

BODENARTEN

Auffüllung

Kies

Sand

Schluff

Steine

Ton

kiesig

sandig

schluffig

steinig

tonig

A

G

S

U

X

T

g

s

u

x

t

KORNGRÖßENBEREICH

f

m

g

fein

mittel

grob

KONSISTENZ

weich

fest

steif

FUK

Fundamentunterkante

EBA

Baugrundgutachten

G02: Absenkung der Sohle des Überwerksbauwerkes

EBA

Außenstelle Köln

bauaufsichtlich geprüft

Gz

Datum

Unterschrift

Dem Prüfexemplar gleichgestellt

Mitzeichnung der Fachdienste :

KÜHN Geoconsulting GmbH

Auf der Kaiserfuhr 39

53127 Bonn

Datum:

30.06.2003

Datum:

28.07.2003

Datum:

Datum:

gez:

TS

gez:

TS

gez:

gez:

d

c

b

a

1

Ausfertigung

Nr.

Änderungen bzw. Ergänzungen

Tag

Name

INGENIEURBÜRO

VÖSSING

Bearbeitet im Auftrag der DB ProjektBau GmbH

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH

Baumstrassenstr. 1

50667 Köln

Tel. 0221/90629-0

Köln, den 21.05.2002

unterschrift

Blatt Nr.

Auftrag Nr.

3679

geprüft

Datum

bearbeitet

Datum

gezeichnet

Datum

Die Übereinstimmung der Zeichnung mit der Ausführung bestätigt

den

Aufgestellt/Zur Vorlage beim EBA genehmigt

Frankfurt/M. den

24. Okt. 2007

für den Auftragnehmer

für die DB ProjektBau GmbH

IB-W-TP Knt

geprüft in Bezug auf

Statik

Konstruktion

Fahrdynamik

DB ProjektBau GmbH

Überfachliche Baugruppe

Niederlassung Mitte

Pragelstrasse 10

60528 Frankfurt a.M.

Köln, den

B-W-TP Knt

Zur Ausführung freigegeben

DB

Planungsphase:

Vorentwurfsplanung

Maßstab:

1 : 200

1 : 100

Abstellanlage

Köln - Nippes

1. Baustufe

Profil Abstellanlage

Bestand

Plan Nr.

3724\_V30LP02\_2BA

Ausgabe vom

03.06.03

Ersatz für

Ursprung

EBA

Baugrundgutachten

G02: Absenkung der Sohle des Überwerksbauwerkes

EBA

Außenstelle Köln

bauaufsichtlich geprüft

Gz

Datum

Unterschrift

Dem Prüfexemplar gleichgestellt

Mitzeichnung der Fachdienste :

KÜHN Geoconsulting GmbH

Auf der Kaiserfuhr 39

53127 Bonn

Datum:

30.06.2003

Datum:

28.07.2003

Datum:

Datum:

gez:

TS

gez:

TS

gez:

gez:

d

c

b

a

1

Ausfertigung

Nr.

Änderungen bzw. Ergänzungen

Tag

Name

INGENIEURBÜRO

VÖSSING

Bearbeitet im Auftrag der DB ProjektBau GmbH

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH

Baumstrassenstr. 1

50667 Köln

Tel. 0221/90629-0

Köln, den 21.05.2002

unterschrift

Blatt Nr.

Auftrag Nr.

3679

geprüft

Datum

bearbeitet

Datum

gezeichnet

Datum

Die Übereinstimmung der Zeichnung mit der Ausführung bestätigt

den

Aufgestellt/Zur Vorlage beim EBA genehmigt

Frankfurt/M. den

24. Okt. 2007

für den Auftragnehmer

für die DB ProjektBau GmbH

IB-W-TP Knt

geprüft in Bezug auf

Statik

Konstruktion

Fahrdynamik

DB ProjektBau GmbH

Überfachliche Baugruppe

Niederlassung Mitte

Pragelstrasse 10

60528 Frankfurt a.M.

Köln, den

B-W-TP Knt

Zur Ausführung freigegeben

DB

Planungsphase:

Vorentwurfsplanung

Maßstab:

1 : 200

1 : 100

Abstellanlage

Köln - Nippes

1. Baustufe

Profil Abstellanlage

Bestand

Plan Nr.

3724\_V30LP02\_2BA

Ausgabe vom

03.06.03

Ersatz für

Ursprung