

Landesbetrieb Straßenbau NRW

RNL Ville-Eifel

Bahnübergangsbeseitigung
im Zuge des Neubaus der B 265;
Luxemburger Straße L 34 / 18

1. Bericht zum Baugrund

Projekt-Nr.: 2080368_BG_G02

Bonn, den 07.07.2009

1 Auftrag und Unterlagen.....	3
1.1 Auftrag und Situation	3
1.2 Unterlagen	3
2 Durchgeführte Untersuchungen.....	3
3 Untersuchungsergebnisse	5
3.1 Morphologie, Geologie und Tektonik/Erdbeben	5
3.1.1 Morphologie.....	5
3.1.2 Geologie, Tektonik und Erdbeben.....	5
3.2 Hydrogeologie.....	6
3.3 Schichtbeschreibung.....	7
3.3.1 Oberboden	7
3.3.2 Auffüllung	7
3.3.3 Decklehme	8
3.3.4 Kiessande der Niederterrasse	9
3.3.5 Charakteristische Baugrundkennwerte und Boden-/Bohrbarkeitsklassen	11
3.4 Durchlässigkeit der Kiessande	11
3.4.1 Versuchsbeschreibung.....	11
3.4.2 Versuchsergebnisse	12
3.4.3 Bewertung.....	12
3.4.4 Lehmlagen im Kiessand und Maßnahmen.....	13
4 Stützwände, Einschnitt und Böschungen.....	14
4.1 Allgemeine Angaben.....	14
4.2 Ausbildung einer Pfahlwand als Stützwand.....	15
4.2.1 Bemessung	15
4.2.2 Bauausführung Pfahlwand	16
4.2.3 Rückverankerung nach DIN EN 1537 bzw. Mikropfähle nach DIN EN 14199	16
4.3 Trasse	18
4.3.1 Erdplanum/Tragfähigkeit	18
4.3.2 Einschnittsböschungen	19
4.3.3 Schutzschichten entsprechend RIL 836	20
5 Bauausführung	21
5.1 Einbringverfahren	21
5.2 Aushub	21
5.3 Wiederverfüllung.....	22
5.4 Erdplanum/Untergrund.....	23
5.5 Bauzeitliche Böschungen.....	24
5.5 Bauzeitliche Wasserhaltung.....	25
5.6 Bewertung Bodenaushub.....	26
5.7 Kampfmittel und Belange der Bodendenkmalpflege	27
5.8 Betonaggressivität.....	27
5.9 Beweissicherung	28
6 Schlussbemerkung	29

1 Auftrag und Unterlagen

1.1 Auftrag und Situation

Der Landesbetrieb Straßenbau, RNL Ville-Eifel beauftragte am 27.05.2009 mit dem Vertrag Nr. 44-09-5125 die Kühn Geoconsulting GmbH für das o.g. BV eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und die Ergebnisse in einem Baugrundgutachten zusammenzufassen.

In dem Bereich der vorhandenen Kreuzung Luxemburger Straße und Militärring soll die vorhandenen S-Bahn Linie Köln-Hürth unter die Straßenkreuzung geführt werden. Das vorliegende Baugrundgutachten behandelt die Strecke zwischen Strecken-Km ca. 3+050,0 und 3+450,0. Das Gutachten behandelt nicht die Unterführung (Brücke) der Bahnlinie S 18 unter die L 34, die in einem gesonderten Gutachten behandelt wird.

1.2 Unterlagen

- [U 1] Kühn Geoconsulting GmbH im Auftrag
Landesbetrieb Straßenbau, RNL Ville-Eifel
B 265n
Ortsumgehung Hürth-Hermülheim
Streckengutachten
Baugrunduntersuchung
(Auftrags-Nr.: 44-08-9139)
Projekt - Nr. 2080368BG_G01 vom 23. Oktober 2008
- [U 2] Ing.-Büro Schwietering im Auftrag
Landesbetrieb Straßenbau, RNL Ville-Eifel
Bahnübergangsbeseitigung
im Zuge des Neubaus der B 265;
Luxemburger Straße L 34 / 18
-Vorentwurf Lageplan und Höhenplan i.M. 1:500 vom Mai 2009
-Lageplan i.M. 1:500 als dwg-file per E-Mail von ... Juni 2009

Weitere Unterlagen standen uns nicht zur Verfügung. Für das Baugrundgutachten wurden die gängigen Kartenblätter wie die Ingenieurgeologische Karte (IGK) von Köln und die Geologischen und Topographischen Karten mit ausgewertet.

2 Durchgeführte Untersuchungen

Am 09.07. (zwei Bohrtrupps), 10.07. (zwei Bohrtrupps) und 19.07.2009 führte die Kühn Geoconsulting GmbH 8 Rammkernbohrungen ($\varnothing = 36$ mm) und 6 schwere Rammsondierungen (DPH 1 bis 5 und 5b) nach DIN 22476-T2 durch. Die für die Durchführung der

Geländearbeiten notwendigen Absicherungsmaßnahmen des Bohrtrupps wurden entsprechend der Anweisung/Genehmigung der Stadt Köln (Amt für Straßenverkehrstechnik) durchgeführt.

Weiterhin wurden in 4 Bereichen Versickerungsversuche nach dem USBR Earth Manual zur Feststellung des Durchlässigkeitsbeiwertes vorgenommen.

Die Bohransatzpunkte für die Bohrungen wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Höhenbezug war ein auf [U 1] angegebener Kanaldeckel-KD mit 53,35 m ü. NN. Alle Angaben zu Lage- und Höhe sind vor Baubeginn zu überprüfen.

An 15 der aus den Bohrungen gewonnenen Proben wurden Wassergehaltsbestimmungen nach DIN 18121 durchgeführt und an zwei Proben die Konsistenzgrenzen nach DIN 18122 T1 bestimmt.

Vom 02.06. bis 08.07.2009 fand die Abstimmung mit der Stadt Köln bezüglich der Genehmigung der Bohrungen im Rad-/Gehwegbereich bzw. der Bohrungen in den Grünflächen statt. Es wurden im Mai 2009 die Leitungspläne recherchiert.

Aufgrund eines Leitungsschadens bei der Bohrausführung am 10. Juli 2009 (unbekanntes Signalkabel der HGK), konnten die Arbeiten erst nach Abstimmung und Einweisung durch die HGK am 19.07.2009 fortgesetzt werden. Hier wurden z.T. Schürfe zur Erkundung der Leitungen vorgenommen.

Im Mai 2009 wurde ebenfalls eine Anfrage bei der Stadt Köln-Amt für Umweltschutz gestellt bezüglich des Vorhandenseins von Altlastverdachtsflächen gestellt. Hier ist nur, laut fernmündlicher Auskunft von Herrn Gerhold/Stadt Köln, in der Nähe der Trasse im Bereich einer alten, bereits abgebauten Tankstelle bei Streckenbeginn (ca. nordöstlich Luxemburger Straße 451) eine Verdachtsfläche (Nr. 301102, Sanierung abgeschlossen, geringfügige Restbelastung vorhanden) vorhanden. Inwieweit die Verunreinigungen der Tankstelle sich im Grundwasserbereich bis in den Bereich der Baumaßnahme erstrecken, ist nicht bekannt. Da das BV sich jedoch über dem grundwassergesättigten Bereich befindet, ist eine Verunreinigung eher unwahrscheinlich. Eine schriftliche Stellungnahme seitens der Stadt Köln liegt jedoch trotz zweier Anfragen (Ing.-Büro Schwietering und Kühn Geoconsulting GmbH) nicht vor.

Alle Ergebnisse sind in der Anlage 1 (Lageplan), Anlage 2 (Bohrprofile mit Wassergehalten), Anlage 3 (Konsistenzgrenzenbestimmungen) und Anlage 4 (Versickerungsversuche nach USBR Earth Manual) dargestellt.

Das BV gehört in die Geotechnische Kategorie GK 2 nach Abschnitt 4.2 der DIN 1054/2005.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Morphologie, Geologie und Tektonik/Erdbeben

3.1.1 Morphologie

Die geplante Trasse liegt zwischen Baubeginn und ca. 3+300,0 im Bereich der vorhandenen Gleistrasse bzw. der stadtauswärts führenden Fahrbahn der Luxemburger Straße. Südwestlich vom Brücken- bzw. Durchführungsbauwerk liegt die geplante Gleistrasse dann in einer zwischen der Luxemburger Straße und Gleistrasse befindlichen Grünfläche.

Nach unserer Auswertung der Bohransatzpunkthöhen bzw. der im Höhenplan verzeichneten Geländehöhen liegt die geplante Trasse auf einer Geländehöhe zwischen ca. 52,0 und 54,5 m ü. NN, wobei das Gelände nach Südwesten ansteigt.

3.1.2 Geologie, Tektonik und Erdbeben

Nach Darstellung der geologischen Karte 1:25 000, Blatt 5107 Brühl und der Ingenieurgeologischen Karte von Köln (Blatt 5007) stehen im Untergrund tertiäre Ablagerungen an, die aus Tonen, Schluffen und Sanden bestehen. Das Tertiär beginnt nach dem Schnitt E-F der IGK bei ca. 30,0 m ü. NN. Darüber lagern ca. 20 m dicke Kiessande der Rhein-Niederterrasse, wobei die Mittelterrasse des Rheins weiter in Richtung Hürth beginnt. Dies wird auch durch den stetigen Anstieg der Geländehöhen in Richtung Südwest angezeigt.

Im Rheintal liegen über dem Tertiär die Kiessande der Niederterrasse.

Sowohl im Rheintal als auch auf der Ville liegen die tertiären Ablagerungen bzw. die Kiessande unter geringmächtigen Decklehmen. Im gesamten Bereich zwischen Baubeginn und Straßenkreuzung sind aufgefüllte Böden vorhanden.

Das oben beschriebene Profil wird im Bereich der Straßen, Gleise usw. von aufgefüllten Böden und außerhalb der bebauten Flächen von humosem Oberboden („Mutterboden“) überdeckt.

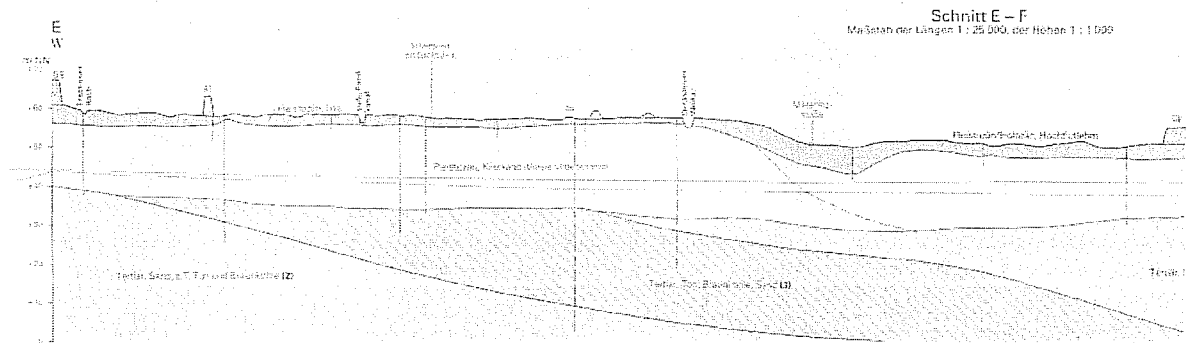


Bild 1: Geologisches Regelprofil (Ausschnitt IGK 1:25.000, Blatt 5007 Köln)

Der Bereich der Baumassnahme liegt nach der neuen DIN 4149 vom April 2005 bzw. der Karte der Erdbebenzonen und Untergrundklassen (GLD NRW-2006) in der Erdbebenzone 2, Untergrundklasse T. Nach DIN 4149:2005-4, Abs. 5.2.3, gehören die aufgefüllten Böden und die Decklehme in Baugrundklasse C sowie die Kiessande der Niederterrasse in Klasse B.

3.2 Hydrogeologie

Bei den Geländeuntersuchungen wurde kein Schicht- oder Grundwasser gemessen. Dies war auch nicht zu erwarten.

Nach der Ingenieurgeologischen Karte von Köln lag der Hochgrundwasserstand beim Grundwasserstand von 1983 bei ca. 40,5...41,0 m ü. NN. Das geplante BV liegt ca. 2,2 km entfernt von Rhein.

Da das theoretische Bemessungshochwasser ¹BHW 200 (=1x Überschreitung in 200 Jahren) mit ca. +11,81 m Kölner Pegel über dem 1983er (=ca. +10,0 m Kölner Pegel) Rheinhochwasser liegt, ergibt sich bei einem entsprechenden Aufschlag von diesen 1,80 m auf das 1983er Hochgrundwasser **ein theoretisches Hochgrundwasser_{BHW200} von ca. 42,80 m ü. NN.**

¹ Angabe vom ehemaligen StUA Köln; Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz

Dies wäre eine sehr ungünstige Annahme da, nach den bisherigen Erfahrungen, Rheinhochwasserstände > 10,0 m Kölner Pegel nicht lange andauern und daher auf rheinferne Grundwasserstände (>1,0 km) keinen großen Einfluß haben. Daher waren auch die Grundwasserstände in den rheinernen Bereichen im Zuge der Rheinhochwässer von 1983 und 1988 (beide ca. +8,0 m Kölner Pegel) höher als im Zuge der extremeren Rheinhochwässer von 1993 und 1995 (beide ca. +10,6...10,7 m Kölner Pegel).

Bei einem theoretischen Hochgrundwasser_{BHW200} von ca. 42,80 m ü. NN liegt das Grundwasser noch ca. 3,7 m unterhalb der OK Gradienten im tiefsten Punkt (=ca. 46,5 m ü. NN).

Es muss allerdings grundsätzlich damit gerechnet werden, dass in den aufgefüllten Böden, den Decklehen und über der „Schluffschicht“ in den Kiessanden (bei B 4/DPH 3) in Abhängigkeit von den Niederschlagsverhältnissen Schicht-/Stauwasser auftritt.

Anmerkungen: Die Bezeichnung „Schichtwasser“ ist nach der DIN 4049-Hydrologie nicht definiert. Hier wird der Begriff Schichtwasser auf nicht permanent oder gering bis geringst ergiebiges Untergrundwasser angewandt. Das Schichtwasser ist niederschlagsabhängig und an Schichthorizonte oberhalb der Sättigungszone gebunden. Weiterhin sind die „Schichtwasserhorizonte“ durch erdfeuchte Schichten von dem eigentlichen Grundwasser getrennt. In dem Kommentar von Floss (1997) zu der ZTVE (Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, S. 260/261) sind ausdrücklich Maßnahmen in Einschnittsbereichen gegen „Schichtwasser“ vorgesehen.

Das geplante BV liegt in der geplanten Wasserschutzzone III b (Hürth-Efferen).

3.3 Schichtbeschreibung

3.3.1 Oberboden

In den Bohrungen B 1 und B 3 wurde Oberboden in einer Dicke von ca. 0,2 m erbohrt. In den anderen Bereichen muss im Bereich der Grünflächen mit aufgefüllten Oberboden bis 0,4 m Dicke gerechnet werden.

3.3.2 Auffüllung

Die Auffüllung reicht zwischen ca. 0,25 m (B 2) und 4,0 m (B 4) unter Gelände. In den Bohrungen B 1 und B 3 wurden keine aufgefüllten Böden erbohrt.

Die übliche Dicke beträgt, mit Ausnahme der Auffüllung bei B 4, ca. 0,25....1,0 m. In der

Bohrung B 8 wurde im Gleisschotter gebohrt; hier musste die Bohrung aufgrund des Kabelschadens abgebrochen werden. Im Bereich der B 4 auf der Verkehrsinsel wurde bis zu 4,0 m dicke aufgefüllte Kiessande erbohrt. Dies ist wahrscheinlich in Zusammenhang mit den hier verlaufenden Kanältrassen bzw. Leitungen zu sehen; ggf. handelt es sich jedoch um eine alte Verfüllung.

In den Bohrungen wurden sandige Schluffe und z.T. bindige bis schwach bindige Kiessande angetroffen, die bereichsweise mit Ziegeln, Betonresten, Schwarzdeckenresten (untergeordnet) und Bauschutt durchsetzt sind.

Im Bereich der Straße wurde nicht gebohrt (hier wäre ein zu hoher Aufwand für die Verkehrssicherung notwendig gewesen). In diesen Bereichen stehen Schwarzdecke und Trag-/Frostschuttschichten unbekannter Dicke an. Im Bereich der Gleise ist mit bis zu 1,0 m dicken Gleisschotter zu rechnen.

Die grob- und gemischtkörnigen Böden sind nach dem Bohrwiderstand etwa mitteldicht bis bereichsweise dicht gelagert. Die angetroffenen bindigen Böden weisen eine überwiegend steife und steife bis halbfeste, in Lagen aber auch feste oder weiche Konsistenz auf.

Bodenkennwerte:

	bindige Auffüllung			kiessandige Auffüllung (Straßenoberbau und Auffüllung bei B 4)		
Raumgewicht (erdf.)	18,0	-	19,0	19,0	-	20,0 kN/m ³
Kohäsion	10,0	-	5,0	0,0	-	kN/m ²
Reibungswinkel	27,5	-	30,0	30,0	-	35,0 °
Steifeziffer	5,0	-	15,0	40,0	-	80,0 MN/m ² .

Anmerkung: Im Bereich von Leitungstrassen muss mit dickerer Auffüllung gerechnet werden. Weiterhin war nach der IGK Köln südöstlich der Kreuzung ein Fort vorhanden. Daher ist eine intensive Recherche der historischen Gegebenheiten im Rahmen der Planung bei den entsprechenden Behörden der Bodendenkmalpflege durchzuführen.

3.3.3 Decklehme

Die Decklehme reichen zwischen ca. 1,6 m (B 7) und 3,7 m (B 3) unter Gelände. Sie wurden lediglich in der Bohrung B 4 nicht erbohrt, da hier die aufgefüllten Böden komplett die Decklehme ersetzen.

Es handelt sich um z.T. tonige, feinsandige Schluffe im oberen Bereich und stark tonige, feinsandige Schluffe sowie stark schluffige, feinsandige Tone im unteren Bereich. Die

Konsistenz ist von überwiegend steifer bis halbfester und untergeordnet von halbfester bis fester und Konsistenz. Vereinzelt kommen kiesige und feinsandige Lagen vor.

Die Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN 18122-1 an zwei Proben der Bohrung B 3 und B 4 ergab eine Fließgrenze (w_L) von ca. 20,0...22,0% und eine Ausrollgrenze (w_P) von ca. 16,0%. Daraus ergibt sich eine geringe Plastizitätszahl I_P von $<6,0$. Nach Casagrande sind die Decklehme als leicht plastische Schluffe (UL) bzw. als schluffige Sande oder sandige Schluffe (SU(stark)) zu klassifizieren (Anl.3). Die Wassergehalte lagen im Durchschnitt zwischen ca. 7,0 und 15,0%, so dass sich bei Wassergehalten $< 14,0...15,0\%$ nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen auch theoretisch feste Konsistenzen ergaben. Nach der Bodenansprache war die Konsistenz jedoch eher als steif bis halbfest sowie halbfest und nur untergeordnet als halbfest bis fest zu bezeichnen, wobei eine eindeutige Zuordnung der Konsistenz bei geringplastischen Laborproben sowieso problematisch ist.

Bodenkennwerte:	Decklehme	
Raumgewicht		
erdfeucht	18,0 - 20,0	kN/m ³
unter Auftrieb	7,0 - 9,0	kN/m ³
Kohäsion	12,5 - 7,5	kN/m ²
Reibungswinkel	27,5 - 30,0	°
Steifeziffer	10,0 - 20,0	MN/m ²

3.3.4 Kiessande der Niederterrasse

Die Kiessande beginnen zwischen ca. 1,6 m (B 7) und 4,0 m (B 4) unter Gelände und bezogen auf NN zwischen ca. 49,17 m ü. NN (B 4) und 51,42 m ü. NN (B 1).

Bei den Kiessanden handelt es sich um eine Wechsellagerung aus sandigem Kies und kiesigem Sand. Die Ablagerungen weisen immer wieder schwach schluffige bis z.T. schluffige Kiessandlagen auf. Weiterhin wurde im Bereich der Bohrung B 4 eine 1,3 m dicke, stark sandige Schlufflage in den Kiessanden erbohrt.

Daneben treten auch sehr dicht gelagerte Lagen mit steinigen Anteilen (z.B. B 3/DPH 2) auf, die darauf hinweisen, dass mit Steinlagen und Blöcken gerechnet werden muss. Es können auch verkittete Lagen auftreten, worauf rötlich verfärbte Schichten hinweisen.

Die Kiessande sind mitteldicht bis dicht und in großen Teilbereichen (s.a. Rammsondierungen) hauptsächlich dicht bis sehr dicht gelagert. Die DPH 2 wurde aufgrund des ex-

trem hohen Rammwiderstandes abgebrochen.

Grundsätzlich weisen die unterschiedlichen Schwankungsbreiten, insbesondere bei einem Abfall der Rammschlagzahlen, nicht unbedingt auf unterschiedliche Lagerungsdichten hin. Vielmehr sind die Schwankungsbreiten auch auf die Kornverteilungen zurückzuführen, wobei bei engen Kornabstufungen der Penetration durch die Rammsonde nur ein geringerer Widerstand entgegengesetzt wird.

Der Schluffanteil der Kiessande steigt in den oberen Bereich der Kiessande gegen Streckenende an (dies ist auch durch die geringe Durchlässigkeit in diesem Bereich bei B 1 dokumentiert). Dies ist wahrscheinlich auf den allmählichen Übergang der Niederterrasse in die Mittelterrasse zurückzuführen.

Bodenkennwerte:	Kiessande
Raumgewicht	
erdfeucht	19,0 - 20,0 kN/m ³
unter Auftrieb	9,0 - 10,0 kN/m ³
Kohäsion	0,0 - 5,0 kN/m ²
Reibungswinkel	35,0 - 40,0 °
Steifeziffer	80,0 - 120,0 MN/m ²
Steifeziffer Dichte Lagen	140,0 - 200,0 MN/m ²

3.3.5 Charakteristische Baugrundkennwerte und Boden-/Bohrbarkeitsklassen

Folgende Baugrundkennwerte können unter Beachtung der inhomogenen Schichtlage-
rung zur Bemessung angesetzt werden:

Tab 1: Charakteristische Baugrundkennwerte

	Auffüllung -bindig	Auffüllung -nichtbindig	Decklehm	Kiessande
Wichte (erdf.) [N/m³]	18,5	19,00	19,00	19,50
Reibungswinkel [°]	28,75	32,50	28,75	37,50
Kohäsion [kN/m²]	7,50	0,00	10,00	2,50
Steifemodul [MN/m²]	10,00	60,00	15,00	100,00

Tab 2: Bodenklassen nach DIN 18300 und Bohrbarkeitsklassen nach DIN 18301

	Oberboden	Auffüllung	Decklehm	Kiessande
Bodenklassen nach DIN 18300	*1	*4 schwach bindige Kiessande: 3 Steinlagen: 5-7 Aufgefüllter Oberboden: 1	*4, Feste Tone: 6	3, *4 verkittete Horizonte und Steinlagen: 5-7
Bohrbar- keitsklassen nach DIN 18301	BB 2 und BO 1	BB 2 bis BB 4 BN1 und BN 2 Aufgefüllter Oberboden: BO 1 Zusatzklassen Steinlagen: BS 1 und BS 3	BB 3/BB 4, untergeordnet BB 2	BN 1 / BN 2 Bindige Lagen: BB3 / BB 4 Zusatzklassen Steinlagen: BS 1 und BS 3

*weichen die bindigen Schichten auf (Schichtwasser oder Niederschlag), dann Bodenklasse 2 nach DIN 18300

3.4 Durchlässigkeit der Kiessande

Es wurden in vier Bereichen die Durchlässigkeit der Kiessande im Bereich der geplanten Gradienten mittels Versickerungsversuche nach USBR Earth Manual bestimmt:

3.4.1 Versuchsbeschreibung

Es wurden 4 Versickerungsversuche durchgeführt, die mithilfe des "USBR (United States Department of Interior-Bureau of Reclamation) Earth Manual" ausgewertet wurden.

Bei den Versuchen wird der Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) des anstehenden Bodens über einen Filtrationsversuch im Bohrloch bestimmt, wobei die Bohrlochbasis über dem

Grundwasserspiegel liegen muss.

Hierzu wurde das Bohrloch über die RKS vorgebohrt. Anschließend wurde die Versuchsapparatur, in das Bohrloch eingebracht. Nachdem der Zwischenraum zwischen Pegelrohr und Bohrraumwandung durch aufpumpbare Gummimanschetten abgedichtet wurde, wird durch das Standrohr Wasser in das Pegelrohr und somit in den Untergrund eingeleitet. Über die Skalierung und eine Stoppuhr wird der Durchfluß Q (in $\text{ml/s}=\text{cm}^3/\text{s}$) so lange gemessen, bis sich ein relativ konstanter Durchfluß ergibt.

Die Ergebnisse wurden nach den Formeln und empirisch ermittelten Kurven des "USBR Earth Manual" ausgewertet. Der k_f -Wert ergibt sich aus der Geometrie des Bohrloches und der Versuchsapparatur sowie aus der bestimmten Wassermenge pro Zeiteinheit.

3.4.2 Versuchsergebnisse

Tab 3: Durchlässigkeitsbeiwerte aus USBR Earth Manual

Versickerungsversuch bei Bohrung	Höhe unter des GOK des Versuchs	Höhe der OK Rohr [m ü. NN]	Durchlässigkeitsbeiwerte [m/s]
B 7	ca. 4,0 m unter GOK	48,52	$5,0 \cdot 10^{-5}$
B 5	ca. 5,0 m unter GOK	47,91	$1,0 \cdot 10^{-4}$
B 3	ca. 6,0 m unter GOK	47,15	$1,0 \cdot 10^{-4}$
B 1	ca. 3,5 m unter GOK	49,92	$*1,0 \cdot 10^{-5}$

*Lehmlagen im Kiessand: Bereiche mit geringerer Durchlässigkeit

Bei B 5 und B 3 konnte bei den Versickerungsversuchen kein Beharrungszustand erreicht werden. Daher ist die Durchlässigkeit der Kiessande hier wahrscheinlich noch höher.

3.4.3 Bewertung

Die Terrassen-Kiessande weisen erfahrungsgemäß gute Versickerungseigenschaften auf. Bei der in der B 4 angetroffenen Lehmlage handelt es sich in der Regel um vertikal und horizontal begrenzte Vorkommen, wobei die Rammsondierung DPH 3 von 8,5 m bis 12,0 m unter GOK durch die Rammschlagzahlen $n_{10} > 10 \dots 30$ wieder das Vorhandensein der Kiessande auch bis in größere Teufe bestätigt. Bei der DPH 5 b wurde auch von ca. 4,0 m bis 12,0 m unter GOK das Vorhandensein der Kiessande bestätigt, wobei hier der Abfall der Rammschlagzahlen $n_{10} = \text{ca. } 10$ bei ca. 11,0 m unter GOK nicht signifikant für das Vorhandensein von Lehmen, sondern eher auf gleichkörnigere Lagen bzw. Sande hinweist.

Generell ist eine auf Dauer funktionsfähige Versickerung durch nachfolgende Maßnahmen und durch baubegleitende Kontrollen sicherzustellen. Für die Planung kann dann generell von einer genügenden Versickerungsfähigkeit der Kiessande im untersuchten Bereich ausgegangen werden.

3.4.4 Lehmlagen im Kiessand und Maßnahmen

Die Durchlässigkeit der angetroffenen Lehmlage im Kiessand (bei B 4) ist aufgrund des hohen Feinkornanteils nur gering. Der k_f -Wert beträgt nach einer Vielzahl von unserem Büro durchgeführter Versickerungsversuche $<1 \times 10^{-7}$ m/s. Sie wird nach der derzeitigen Planung ungefähr im bzw. nur knapp unterhalb des Erdplanums anstehen.

Sofern eine Versickerung in den jeweiligen Erdplani geplant ist, müssen die Lehmlagen durch ausreichend dimensionierte Kieskörper aus nullkornfreien Kies (an den Seiten mit einem Geotextil/Filtervlies der GRK 3 gegen Eintreiben von Feinteilen schützen) durchstoßen werden. Hierzu sind entsprechende Positionen in der Ausschreibung vorzusehen.

Da die Versickerungsversuche auch neben der Trasse ausgeführt wurden, sind im Rahmen der Bauausführung zur Absicherung der Ergebnisse ergänzende Korngrößenverteilungen und Versickerungsversuche in Handschürfen im Erdplanum durchzuführen. Hierzu reicht alle 50,0 m ein Versuch.

Weiterhin könnten im Zuge der Großbohrungen für das Brücken-Bauwerk Korngrößenverteilungen an den Bohrproben vorgenommen werden, da hier die Probenmengen für repräsentative Laborergebnisse ausreichen. Die Großbohrungen sollten vor der Ausschreibung durchgeführt werden, so dass die Ergebnisse in die Ausschreibung einfließen können.

Im Zuge der Entwässerungsplanung sind die zu versickernden Wassermengen zu ermitteln. Aufgrund der immer wieder stattfindenden, außergewöhnlichen Starkniederschläge (z.B. Herbst 2007 bei Bad Münstereifel/Kreis Euskirchen) empfehlen wir auch eine über die üblichen Regenereignisse hinausgehende Betrachtung.

4 Stützwände, Einschnitt und Böschungen

4.1 Allgemeine Angaben

In dem Bereich der vorhandenen Kreuzung Luxemburger Straße und Militärring soll die vorhandenen S-Bahn Linie Köln-Hürth unter die Straßenkreuzung geführt werden.

Hierzu ist von Baubeginn (ca. Strecken-Km 3+060,0) bis Strecken-Km ca. 3+315,0 der Bau von Stützwänden geplant. Von Strecken-Km 3+315,0 bis 3+470,0 soll eine ca. 1,0 m bis maximal 7,0 m (ab OK Gradienten) hohe Böschung angelegt werden. Aufgrund der geplanten Böschungslängen von ca. 12,0 m bis 12,5 m werden sich Böschungen mit einem Böschungsverhältnis von ca. 1 : 1,5 ergeben.

Im Bereich der geplanten Stützwände ist ein möglichst geringer Platzbedarf einzuplanen, so daß der Eingriff in die vorhandene Infrastruktur minimiert wird. Daher scheiden auch „klassische“ Lösungen wie Schwergewichts- oder Winkelstützwände aus, da diese eine zu große Fußbreite erfordern. Weiterhin müßte eine ergänzende Sicherung der Baugrube durch einen Verbau erfolgen, was unwirtschaftlich wäre.

Vom Platz her gesehen und wirtschaftlich betrachtet kommen eigentlich nur Pfahlwände oder Spundwände in Frage. Schlitzwände und Spritzbetonvernagelungen scheiden wegen der Kosten und aus ausführungstechnischen Gründen aus.

Die verformungsarme Pfahlwand benötigt zwar mehr Platz, ist jedoch statisch (Systemsteifigkeit) und ausführungstechnisch gesehen die bevorzugte Variante. Die Pfähle werden erschütterungsarm und verrohrt gebohrt, wobei Pfahldurchmesser zwischen ca. 0,8/0,9 m...1,2 m optimal wären.

Die Spundwand hat weniger Platzbedarf (z.B. LARSEN 607 n: d=0,45 m). Sie ist jedoch biegeweicher, so daß schon bei geringeren Aushubhöhen Aussteifungen in Form von Rückverankerungen oder Steifen/Deckel notwendig würden. Weiterhin wird sie i.d.R. eingerüttelt eingebracht (Rammverfahren mit dem Dieselschlägen wären bei den benachbarten Wohngebieten und bei den Leitungen nicht genehmigungsfähig), wobei bei den dicht gelagerten Kiessanden Einbringhilfen (Lockerungsbohrungen) eingesetzt werden müßten. Durch die Schwingungsübertragungen wären Schäden im Bereich von Leitungen oder baulichen Anlagen nicht auszuschließen. Eine umfangreichere Beweissicherung in Verbindung mit Erschütterungsmessungen wäre unabdingbar. Weiterhin

wäre dann der wirtschaftliche Vorteil der Spundwand gegenüber der Pfahlwand verloren.

Generell muss bei beiden Varianten davon ausgegangen werden, dass ab freien Wandhöhen von ca. 4,0 m (Spundwand) bzw. 5,0...6,0 m (Pfahlwand) Aussteifungen oder Rückverankerungen (Daueranker nach DIN EN 1537) erforderlich werden.

Nachfolgend wird die Stützwand daher als eine Sicherung mittel einer tangierenden oder überschrittenen Pfahlwand beschrieben.

4.2 Ausbildung einer Pfahlwand als Stützwand

4.2.1 Bemessung

Die Bohrpfähle sind nach der DIN EN 1536 herzustellen. Sofern die Pfähle tangierend ausgeführt werden, muss später eine Vorsatzschale ausgeführt werden, da u.U. noch Spalten/Fugen an den Pfahlübergängen vorhanden sind.

Für den vertikalen Lastabtrag können entsprechend der DIN 1054/2005, Anhang B folgende, charakteristische Werte angesetzt werden:

Tab. 4: Vertikaler Lastabtrag, charakteristische Widerstände

	Setzungsabhängiger Pfahlsitzenwiderstand s/D / q_c [MN/m ²]	Pfahlmantelreibung [MN/m ²]
Decklehm		0,040
*Kiessande	0,02 / 1,40 0,03 / 1,80 $s_g=0,10$ / 3,50	0,12

*da Lehmlagen in den Kiesanden vorkommen, sind an einigen Pfahlpositionen die Pfahlbohrungen durch den geotechnischen Sachverständigen zu begleiten. Dabei sind einige Pfähle ca. 2,0 m länger als statisch berechnet auszuführen, wobei die Bewehrung nur bis auf das statisch notwendige Ausmaß zu führen ist.

Bezüglich der Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte ist die DIN 1054/2005, Tabelle 2 und 3 zu beachten.

Sofern die Angabe eines Bettungsmoduls erforderlich ist, können gem. und unter Beachtung der DIN 1054/2005, Abschnitt 8.4.5 die charakteristischen Steifemoduli aus Tab. 1 zur Ermittlung verwendet werden. Hierbei kann das Bettungsmodul bis zu einer

Tiefe von 1,0 m linear ansteigend und dann rechteckförmig verteilt angenommen werden.

In den Zonen, in denen Verkehrs- oder Bauwerkslasten auf die Baugrubensicherung bzw. Stützwand einwirken oder verformungsempfindliche Baukörper (Leitungen, Kanäle, etc.) im Einflussbereich des Verbaus verlaufen, ist der Verbau verformungsarm auszubilden und für den erhöhten aktiven Erddruck zu bemessen. In den anderen Verbaubereichen kann die Bemessung für den aktiven Erddruck erfolgen, wobei dann aber entsprechende Bewegungen der Straßenkörper (Risse in der Schwarzdecke, Fugenbildungen Bürgersteig/Straße) die Folge sind. Sofern dies möglichst vermieden werden soll, ist daher potenziell auch hier auf den erhöhten, aktiven Erddruck zu bemessen, so dass Schäden minimiert werden.

Bei den statischen Berechnungen sind die Anlieferflächen für den Bauverkehr (erhöhte Verkehrsflächenlast) zu berücksichtigen.

Bei jeder Baugrubensicherung sind im Zuge der statischen Bemessung der Baugrubensicherung die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB, 4. Auflage) der Deutschen Gesellschaft f. Geotechnik zu beachten.

4.2.2 Bauausführung Pfahlwand

Bei Ausführung einer Pfahlwand ist ein entsprechend schweres Bohrgerät zur Durchörterung der Kiessande auszuwählen. Es muss, aufgrund der erbohrten Bohrhindernisse, mit Meißelarbeiten gerechnet werden. Die Verrohrung muss immer dem Bohrfortschritt ausreichend vorausseilen, damit ein Eintreiben von Bodenteilchen verhindert wird. Das Ziehen des Förderwerkzeugs (Bohrgreifer oder -schnecke/-schappe) muss im Grundwasserbereich ohne Sog erfolgen, da sonst ein Eintreiben von Bodenteilchen möglich ist. Mit ausfließenden Sandlinsen muss evtl. gerechnet werden.

Bei der Herstellung der Pfähle muss eine Bohrschablone verwendet werden. Bei der Planung, Herstellung und Ausführung der Pfahlwand ist die DIN EN 1536 und die DIN 1054/2005 zu beachten.

4.2.3 Rückverankerung nach DIN EN 1537 bzw. Mikropfähle nach DIN EN 14199

Sofern eine Aussteifung der Stützwände in den tieferen Höhen nicht möglich ist, müssen

Rückverankerungen ausgeführt werden.

Zur Abstützung der Pfahlwand werden Rückverankerungen auf Dauer nach DIN 1537 oder Mikropfähle nach DIN 14199 erforderlich, wobei eine Lage ausreichend sein dürfte.

Um Wandkopfverschiebungen möglichst zu vermeiden sind die Ankerverpresskörper in den Kiessanden auszubilden. Hier kann eine Ankergebrauchslast von 500,0 bis 600,0 angesetzt werden (Ankerverpresskörperlänge mind. 5,0 m). Es muss mehrfaches Nachverpressen unbedingt eingeplant werden. Weiterhin sind alle Einbringungsverfahren zu vermeiden, die ein Verschmieren der Bohrlochwandung zur Folge haben. An jedem Anker werden Abnahmeprüfungen nach DIN 1537 erforderlich, wobei die Prüfberichte unmittelbar nach Prüfung/Festlegung der Anker der Bauleitung sowie dem geotechnischen Sachverständigen zu übergeben sind.

Für die Bemessung der Mikropfähle ist die DIN 1054, Anhang D zu beachten.

Generell wird durch eine hohe Vorspannung der Anker eine Verminderung der Wandverschiebungen erreicht; dann allerdings treten hinter den Verpressstrecken größere Verformungen im Baugrund auf.

Da die Unterankerungen im Fremdgelände liegen werden, sind frühzeitig die Genehmigungen einzuholen.

Da potenziell die Ankerverpresskörper oder Mikropfähle unterhalb bestehender Leitungen oder anderer baulicher Anlagen liegen werden, sind entsprechende, angepasste und erschütterungsfreie Einbringverfahren zu wählen.

Weiterhin müssen alle vorhandenen Versorgungsleitungen höhen- und lagemäßig ermittelt werden, um die Ankerlagen entsprechend abzustimmen und ggf. zu verlegen oder steiler zu stellen. Für die Bemessung und Ausführung der Rückverankerung bzw. der Mikropfähle ist die DIN 1537 bzw. 14199 (Nägel bzw. Mikropfähle) zu beachten.

Der Abstand zwischen Verpresskörper und bestehenden Bauwerken muss mind. 3,0 m; der Abstand Verpresskörper/GOK mind. 4,0 m betragen. Generell empfiehlt sich eine Spreizung/Staffelung der Anker, so dass Bauwerksschäden durch hohe Verformungen im Bereich der Ankerenden vermieden werden.

Bei der Notwendigkeit des Nachverpressens von Ankern/Mikropfähle ist das Injektionsgut so zu wählen, dass der Mehrverbrauch infolge grobkörniger Steinlagen/Rollkieslagen in den Kiessanden minimiert wird. Wir weisen nochmals daraufhin, dass grobkörnige Lagen vorkommen und seitens der Anker-/Pfahlbohrfirma entsprechende Folgerungen bezüglich Materialart und W/Z-Wert zu ziehen sind.

4.3 Trasse

In der nachfolgenden Tabelle sind die Bodenverhältnisse im Einschnitt dargestellt, wobei von einer Aushubtiefe von ca. 1,0 m unter GOK ausgegangen wurde.

Tab. 5: Bodenverhältnisse im Bereich des Erdplanums

Einschnitt	Bohrung	Trassen-km ungefähre Lage der Bohrungen, ca.	Einschnitt Ungefähre Tiefe (ca. 1,0 m unter OK Gradienten), ca. [m]	Bodenverhältnisse Erd- planum
Strecken- beginn		3+ 060	51,00	Auffüllung/Decklehm
	B 6	3+ 103	49,40	Decklehm/Kiessand
	B 7	3+ 159	47,80	Kiessand
	B 5	3+ 217	46,71	Kiessand
	B 4	3+ 269	45,50	Kiessand, Lehmlage im Kiessand
	B 3	3+ 322	45,70	Kiessand
	B 2	3+ 386	47,58	Kiessand
	B.1	3+ 430	49,40	Kiessand
Strecken- ende		3+ 470	50,50	Auffüllung/Decklehm

4.3.1 Erdplanum/Tragfähigkeit

Erdplanum im Decklehm/Auffüllung

Der Decklehm und die aufgefüllten, bindigen Böden haben in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse eine wechselnde Konsistenz. So wiesen zwar die Decklehme nach den Konsistenzgrenzenbestimmungen/Wassergehalten und den Bohrwiderständen eine hauptsächlich steife bis halbfeste und z.T. feste Konsistenz auf; in niederschlagsreichen und verdunstungsarmen Perioden (Oktober bis April) werden sie jedoch schnell aufweichen. Es muss davon ausgegangen werden, dass der gem. ZTVE-StB 94 geforderte Verdichtungsgrad/Verformungsmodul (E_{V2} -Wert $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ im Plattendruckversuch gem. DIN 18134) bzw. gem. RIL 836 im Erdplanum geforderte E_{V2} -Wert $\geq 20 \text{ MN/m}^2$, insbesondere nach niederschlagsreichen Perioden, nicht vorhanden und auch durch

Nachverdichten nicht erreichbar ist.

Dementsprechend ist hier eine Bodenverbesserung vorzusehen. Diese kann durch einen Bodenaustausch, oder, da es sich oft um Lehme handelt, alternativ auch durch eine qualifizierte Bodenverbesserung (gem. Merkblatt über Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen mit Bindemitteln (FGSV, 2004)) mit hydraulischen Bindemittel erfolgen. Das Bindemittel und der Bindemittelgehalt muss auf die jeweiligen Bodenarten angepasst werden, wozu entsprechend Vorversuche bzw. Eignungsprüfungen und baubegleitende Kontrollen vorzusehen sind. Die für einen Bodenaustausch notwendigen Dicken müssen in Versuchsfeldern ermittelt werden.

Erdplanum in schwach bindiger bis nichtbindiger Auffüllung

Treten größere Bereiche mit aufgefüllten kiesig-sandigen Böden auf, so sind diese zu verdichten und die Tragfähigkeit (E_{V2} -Wert im Plattendruckversuch n. DIN 18134) nachzuweisen. Werden ausreichende Werte gem. den ZTVE-StB 94 erreicht, so sind keine weiterreichenden Maßnahmen erforderlich. Andernfalls ist wie oben beschrieben zu verfahren.

Erdplanum im Kiessand

Im Bereich des tieferen Einschnittes treten im Erdplanum hauptsächlich Kiessande auf. Diese sind erfahrungsgemäß als GW, SW und auch als GU/SU- bis GU*/SU*-Böden einzuordnen. Daneben treten auch grobkörnige Böden auf. Bei den Kiessanden kann es sich je nach Schluffgehalt um F1 bis F3-Böden handeln.

Eine weitere Eingrenzung ist aufgrund der Inhomogenität der Kiessande nicht möglich, wobei es sich zumeist um F 2-Böden handelt (Schluffanteil > 5,0% und Ungleichförmigkeit > 15; s.a. Bild 1 in der RIL 836, 836.0503).

Auch hier ist für bindige (Bereich B 4) Bereiche und in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse ggf. auch für gemischtkörnige Böden ein zumindest partieller Bodenaustausch vorzusehen.

4.3.2 Einschnittsböschungen

Bei Einschnittstiefen $\leq 8,0$ m kann für die Decklehme und die Kiessande davon ausgegangen werden, dass die Standsicherheit nach DIN 4084-100 für Lastfall 1 nach DIN

1054 bei einer Böschungsneigung von 1:1,5 bis 1:1,7 gewährleistet ist.

Sofern Lärmschutzwände oder Schwerlastverkehr in einem Abstand $< 5,0$ m von der Böschungskrone geplant sind, muss eine ergänzende Ermittlung über Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084-100 erfolgen.

Grundsätzlich sind die Einschnittsböschungen zukünftig bis zu einer Entfernung von 10,0 m von der Böschungskante lastfrei von Bebauung zu halten. Sofern eine Bebauung oder bauliche Anlagen näher als 10,0 m vorgesehen sind, ist die Standsicherheit der Böschungen nach DIN 4084-100 zu überprüfen.

Bei Anschnitt von Gleisschottern bildet dieser flachere Böschungswinkel und neigt zum Rutschen. Daher muss er im Bereich der Böschungskrone entfernt werden.

Generell muss in allen Einschnitten mit Schichtwasser gerechnet werden. Ohne zusätzlicher Maßnahmen führt austretendes Schichtwasser zu Erosionsschäden an den Böschungen. Daher sind Maßnahmen zur Aufnahme und Ableitung des Schichtwassers mittels offener Wasserhaltung vorzusehen, wobei diese vorläufigen Maßnahmen mit der endgültigen Sicherung kombiniert werden sollten. Im Bereich oberflächennaher Zutritte sind entsprechende Fanggräben herzustellen. In Bereichen tieferer Schichtwasserzutritte sind Böschungsrigolen (z.B. als Y-Rigolen) aus Kies/Steinpackung herzustellen, die an die Straßenentwässerung anzuschließen sind. Die dauerhafte und rückstaufreie Ableitung von Schichtwasser muss gewährleistet sein. In jedem Fall sind bei allen Einschnitten entsprechende Maßnahmen, wie Fanggräben/Straßenrandgräben gem. RAS-Ew bzw. der Richtlinie RIL 836 (Erdbauwerke-Böschungsentwässerungen) zur Entwässerung potenzieller Schichtwasserhorizonte vorzusehen.

Grundsätzlich muss eine ingenieurbologisch geplante, oberflächennahe Sicherung durch Bewuchs eingeplant werden, die die oberflächennahen Böschungsabschnitte vor dem Einfluss der Atmosphärien schützt. Hier muss wahrscheinlich mehrmals nachgearbeitet werden, da es bis zur Durchwurzelung der Rekultivierungsschicht, immer wieder nach Niederschlägen zu Rutschungen kommen kann.

4.3.3 Schutzschichten entsprechend RIL 836

Die Schutzschichten sind entsprechend der RIL (Richtlinie) 836-Erdbauwerke der DB Netz herzustellen. Weiterhin sind die Anforderungen der Kölner Verkehrsbetriebe (KVB)

zu beachten. Da der Untergrund in den Kiessanden i.d.R. versickerungsfähig ist bzw. mit Sondermaßnahmen (Durchstoßen von Lehmlagen) bautechnisch versickerungsfähig gestaltet wird, wird nach der RIL 836 eine durchlässige Schutzschicht empfohlen.

Für die Behandlung des Erdplanums, die Ausbildung/Einbau und Qualitätssicherung der Schutzschichten sind die entsprechenden Module der RIL 836 zu beachten.

5 Bauausführung

5.1 Einbringverfahren

Wie bereits in Kapitel 4 dargestellt, empfehlen wir die Ausführung einer gebohrten Pfahlwand entsprechend DIN EN 1536. In den Kiessanden müssen auch Meißelarbeiten eingeplant werden; es sind ausreichend schwere Bohrgeräte vorzusehen. Die Bohrpfähle müssen, um das Nachbrechen der Bohrlochwände zu verhindern, verrohrt gebohrt werden.

Sofern Ramm- oder Rüttelverfahren eingesetzt werden sollen, sind die Nähe der Leitungen und der z.T. extrem ansteigende Rammwiderstand in den Kiessanden zu beachten. Generell sind Rammungen oder Rüttelverfahren nur bei Einsatz von Lockerungsbohrungen, ggf. in Verbindung mit einem Bodenaustausch (Austauschbohrungen) möglich.

Im Bereich der Baumaßnahme befinden sich Leitungen. Es dürfen nur Einbringungsverfahren beim Bau der Stützwände eingesetzt werden, die ohne Folgewirkungen für diese Leitungen bleiben. Sollten hierüber Zweifel bestehen, so ist eine Kontrolle (Beweissicherung, Schwingungsmessungen) unbedingt notwendig, wobei bei Rammungen oder Vibrationsverfahren ein entsprechend hoher Aufwand einzuplanen ist. Die Schutzraumanweisungen der Leitungsträger sind zu beachten.

5.2 Aushub

Beim Aushub fallen die Bodenklassen 1 (humoser Oberboden), 4 (bindige Auffüllung, Decklehm, bindige Kiessandlagen, Lehmlagen im Kiessand) und 3 (aufgefüllte Kiessande, Kiessande) sowie ggf. 6 (feste Lehmlagen) an. Bei Wasserzutritt von Niederschlags- oder Schichtwasser geht die Bodenklasse 4 in die Bodenklasse 2 über.

In den Auffüllungen und Kiessanden können auch die Klassen 6-7 (in Abhängigkeit von Menge und Größe auftretender Steine/Blöcke) auftreten. Alle Angaben zu den Bodenklassen beziehen sich auf die DIN 18 300.

Ggf. in Kiessanden auftretende enggestufte Sandlagen sind bei Wasserzutritt extrem fließgefährdet.

Die Bohrbarkeitsklassen nach DIN 18301 und die Bodenklassen nach DIN 18300 sind in Tab. 2 dargestellt.

Nach ZTVE-StB 94 ist der Decklehm, die bindige Auffüllung und die Lehmlagen in den Kiessanden in die Frostepfindlichkeitsklasse F 3 und der schwach bindige Kiessand in die Frostepfindlichkeitsklasse F 2 (untergeordnet F 1 und F 3) einzustufen.

5.3 Wiederverfüllung

Beim Aushub fallen aufgefüllte bindige und nichtbindige Böden, der vorhandene Straßenoberbau und Gleisschotter/Oberbau, der humose Oberboden, die Decklehme und Kiessande sowie bindige Kiessande an.

Inwieweit der humose Oberboden für vegetationstechnische Zwecke geeignet ist, muss ggf. nach DIN 18915 geprüft werden.

Die aufgefüllten bindigen Böden sind erfahrungsgemäß nicht für den Wiedereinbau in überbauten Bereichen geeignet, da sie höhere Wassergehalte und z.T. auch humose Anteile aufweisen.

Die aufgefüllten, höchstens schwach schluffigen Kiessande (und tiefere Auffüllung bei B 4), meist also Böden aus dem vorhandenen Straßenbau oder z.B. Kanalgrabenverfüllungen, sind der Verdichtbarkeitsklasse V 2 (n. ZTVA-StB 97/06) zuzuordnen. Sie können, unter Berücksichtigung der sich aus der geplanten Dammhöhe an das Material ergebenden Anforderungen hinsichtlich der Standsicherheit für Dammschüttungen, aus bodenmechanischer Sicht wieder verwendet werden. Voraussetzung ist, dass die höchstens schwach schluffigen Kiessande getrennt gelöst und eine Vermischung mit bindigen Böden vermieden wird.

Bei den Decklehmen und bindigen aufgefüllten Böden handelt es sich um F 3-Böden gem. den ZTVE-StB 94. Nach den ZTVA-StB 97/06 sind sie als V 3-Böden einzustufen. Da die Decklehme erfahrungsgemäß insbesondere unter Baustellenbedingungen bzw. nach einer Zwischenlagerung nicht die erforderlichen Proctorwassergehalte aufweisen, lassen sie sich nicht ausreichend verdichten und sind deshalb, ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel), nicht zur Wiederverfüllung geeignet. Nur in unbelasteten bzw. unbebauten Bereichen, in denen Sackungen inkauf genommen werden können, kann das Material zur Verfüllung verwendet werden.

Erfolgt aber z.B. eine entsprechende Bodenverbesserung (gem. Merkblatt über Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen mit Bindemitteln), so kann der verbesserte Decklehm auch für die Herstellung von Straßendämmen (vorbehaltlich besonderer Anforderungen aufgrund der Standsicherheit) oder zur Hinterfüllung von Bauwerken verwendet werden. Auch für den Bau der Lärmschutzwälle können nur erdfeuchte und verdichtbare Decklehme verwendet werden. Hier ist eine Bodenverbesserung mit hydraulischem Bindemittel einzuplanen, da der Lehm bei nasser Witterung kaum abtrocknen wird und sich nicht ausreichend verdichten lässt. Bezüglich Gestaltung, Einbau und Verdichtung ist die ZTVE-StB 94/97 zu berücksichtigen. Es muss unbedingt berücksichtigt werden, dass der Einsatz einer Bodenverbesserung mit hydraulischem Bindemittel bei zu stark durchnässten Böden nicht mehr wirtschaftlich ist. Dann müssen die Böden entweder abtrocknen (Zwischenhalden) oder ein erhöhter Aufwand an Bindemittel eingeplant werden.

Die schwach schluffigen Kiessande gehören zur Verdichtbarkeitsklasse V 1-V 2 (n. ZTVA-StB 97/06) und die gemischtkörnigen Kiessande zur Klasse V 2. Diese Böden sind generell für den Wiedereinbau als Dammschüttung (unter Berücksichtigung der o.g. Einschränkungen) oder Bauwerkshinterfüllung geeignet. Beim Aushub der Kiessande muss dann aber auf jeden Fall sichergestellt werden, dass die teilweise auftretenden Lehmlagen (V 3-Boden) separiert und nicht mit dem Kiessand vermischt werden, da sie ansonsten die Eignung für einen Wiedereinbau erheblich einschränken bzw. ggf. ausschließen.

5.4 Erdplanum/Untergrund

Die anstehenden Decklehme und bindigen Kiessande (F 3-Boden entspr. ZTVE-StB) sind frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser und/oder Befahren mit

Gerät weichen sie tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten. Das Planum darf nicht befahren werden und der Aushub muss hier abschnittsweise über Kopf mit einem Baggerlöffel mit Schneide erfolgen.

Generell müssen, auch in den rundkörnigen Kiessanden, entsprechende Baustraßen angelegt werden. Alle Maßnahmen zum Schutz des Untergrundes/Unterbaus/Planums gegen Oberflächenwasser gem. ZTVE-StB 94, VOB und RIL 836 sind unbedingt zu beachten.

Werden die o.g. Vorgehensweisen nicht eingehalten oder nicht rechtzeitig ausgeführt, so können die bindigen Böden in Bodenklasse 2 (n. DIN 18 300) übergehen, was zu entsprechenden Mehrkosten führt.

5.5 Bauzeitliche Böschungen

Unter Beachtung der DIN 4124 kann in den Decklehmen mit 60° und den Kiessanden mit 45° geböscht werden. Die o.g. Böschungswinkel gelten nur für erdfeuchte Böden und für Böschungshöhen bis 5,0 m. In den Bereichen, in denen die in DIN 4124 genannten Mindestabstände und zulässigen Lasteintragen aus Verkehrslasten (z.B. Bauverkehr, Autokran) nicht eingehalten werden können oder sich größere Baugrubentiefen ergeben, sind Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 erforderlich.

Die Böschungen sind gegen Erosion durch Oberflächenwasser zu schützen.

Aus den Böschungen ist potenziell mit einem Zufluss von Schichtwasser zu rechnen, dass ohne die Anwendung zusätzlicher Maßnahmen zu Erosionsschäden an den Böschungen führen wird. Daher sind Maßnahmen zur Aufnahme und Ableitung des Schichtwassers mittels offener Wasserhaltung vorzusehen, wobei diese vorläufigen Maßnahmen mit der endgültigen Sicherung kombiniert werden sollten.

Im Bereich der oberflächennahen Wasserzutritte sind entsprechende Abfangegräben herzustellen. In Bereichen tieferer Schichtwasserzutritte sind Böschungsrigolen (z.B. als Y-Rigolen) aus Kies/Steinpackung herzustellen, die an die Straßenentwässerung anzuschließen sind.

In dem Einschnitt sind alle tiefer reichenden Gräben > 1,25 m unter OK Gradienten durch

einen Verbau entsprechend DIN 4124 herzustellen. Dies gilt im besonderen Maße für die Kanalgräben. Die für die Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte können dem Kapitel 3/Tab. 1 entnommen werden.

Hinsichtlich der Herstellung der Dauerböschungen s.a. Abschnitt 4.3.2.

5.5 Bauzeitliche Wasserhaltung

Da das Einzugsgebiet des Einschnittes eine erhebliche Fläche aufweist, können bei starken Regenfällen erhebliche Wassermengen anfallen. Die Entwässerung muss deshalb für die Bauzeit ausreichend dimensioniert werden, um das anfallende Wasser in den Vorfluter ableiten zu können.

Die Durchlässigkeit der im Erdplanum/Untergrund anstehenden Decklehme und der bindigen aufgefüllten Böden ist sehr gering. Sie reicht nicht aus, um zufließendes Oberflächenwasser und ggf. auftretendes Schichtwasser versickern zu lassen. Inwieweit eine Baugrubenentwässerung im Bereich der Kiessande notwendig wird, ist von deren Durchlässigkeit und von der baubedingten Beeinflussung der Sohle abhängig. Generell weist zwar das Planum in großen Bereichen eine ausreichende Durchlässigkeit auf; allerdings liegen bereichsweise sandige Schluffschichten und Lehmlagen in den Kiessanden im oder unterhalb des Aushubplanums.

So kann es bei langanhaltenden Niederschlägen und aufgrund der langsameren Versickerungsdauer zu einem Aufstau von Sickerwasser kommen. Sollte es daher zu langanhaltenden Regenfällen kommen und ein Aufstau des Wassers über der Lehmlagen stattfinden, sind hier entsprechend tiefe Schürfe vorzusehen, die dann mit Filtervlies auszukleiden und mit nullkornfreien Kies zu verfüllen sind (s.a. Abschnitt 3.4.3).

Die Entwässerung muss deshalb für die Bauzeit ausreichend dimensioniert werden, um das anfallende Wasser in einen Vorfluter ableiten zu können.

Generell ist daher eine offene Wasserhaltung für die Dauer der Bauzeit vorzuhalten. Hier sind vorlaufend Gräben in Verbindung mit Pumpensämpfen vorzusehen, so dass das Niederschlagswasser und Schichtwasser vor Erreichen des eigentlichen Aushubbereiches abgefangen wird. Diese Wasserhaltung muss während der Bauzeit auf Dauer

betrieben werden, wobei eine entsprechende Redundanz und Kontrollen auch am Wochenende sichergestellt werden müssen.

5.6 Bewertung Bodenaushub

Aufgefüllte Böden wurden außer in den Bohrungen B 1 und B 3 in allen Bohrungen erbohrt.

Auffüllungen weisen generell eine inhomogene, kleinräumig wechselnde Zusammensetzung auf. Sollte beim Aushub verunreinigtes Material auftreten, so ist dieses separat gesichert (z. B. in wasserdichten Containern) zu lagern. Für die weiteren erforderlichen Maßnahmen zur sachgerechten und kostenreduzierenden Behandlung der vorgefundenen Situation ist die Kühn Geoconsulting GmbH hinzuzuziehen. Die Aushubarbeiten sind jeweils zu unterbrechen, damit keine Folgeschäden verursacht werden. Die Untersuchung des Bodens muss dann nach der entsprechenden Verwaltungsvorschrift des Landes NRW (LAGA - Richtlinie²) vorgenommen werden bevor eine entsprechende Verwertung/Entsorgung möglich ist.

Da auch Gleisschotter anfallen wird, verweisen wir hier auf die Altschotterrichtlinie 8804010/2003 der Deutschen Bahn AG zur Verwertung der Altschotter. Hier sind die entsprechenden Untersuchungen und die weitere Behandlung des Schotters dargestellt, da er häufig durch die Holz-/Pflanzenschutzmittel etc. stark kontaminiert ist.

Fällt bei der o.g. Baumaßnahme Schwarzdecke an, ist eine Überprüfung mittels PAK-Analytik (Teerhaltigkeit in der Schwarzdecke) erforderlich, damit die Verwertung/Entsorgung geklärt werden kann. Hierzu sind mittels Kernbohrgerät Proben zu entnehmen und bezüglich der o.g. Parameter zu untersuchen. Diese Arbeiten können durch uns durchgeführt werden.

Bezüglich der Verdachtsfläche Nr. 301102 (ehem. Tankstelle) verweisen wir auf Kapitel 2.

² **LAGA - Richtlinie:** Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen und Abfällen - Technische Regeln; Mitteilungen der LAGA; Stand: 06.11.2003.

5.7 Kampfmittel und Belange der Bodendenkmalpflege

Mit dem Vorhandensein von bisher nicht aufgefundenen Kampfmitteln aus dem 2. Weltkrieg (Fliegerbomben, Luftminen etc.) muss generell gerechnet werden, so dass eine Recherche / Untersuchung seitens des Kampfmittelräumdienstes (KRD) des Landes NRW (beim RP Düsseldorf) erforderlich wird. Sofern sich auf den Luftbildern Verdachtsmomente ergeben, werden Untersuchungsbohrungen (im Bereich Trasse, Ver- bau- oder Pfahlwand etc.) als Schneckenbohrungen erforderlich. Das Vorgehen ist mit dem KRD abzustimmen.

Bezüglich des Vorhandenseins von mittelalterlichen oder antiken Bodendenkmälern ist eine Anfrage beim Amt für Bodendenkmalpflege (i.d.R. Römisch-Germanisches Museum der Stadt Köln: Herr Dr. Trier oder Frau Spiegel) oder beim Rheinischen Amt für Bodendenkmalpflege (Landschaftsverband Rheinland) zu stellen. Insbesondere im Bereich der alten Römerstraßen ist mit alten Bodendenkmälern zu rechnen. Da unter Umständen die Bodendenkmälern auch Hindernisse im Untergrund bilden, ist eine intensive Recherche mit Übertragung der Recherche in den Lageplan im Zuge der Planung/Ausschreibung vorzunehmen.

Im Bereich des alten „Forts“ am Militärring ist zu beachten, dass in anderen Bereichen umfangreiche Hohlraumbauten und Munitionsdepots in der Nähe der Festungsanlage vorhanden waren.

5.8 Betonaggressivität

Das Grundwasser in der Region Köln ist i.d.R. nicht bis schwach betonaggressiv. Von uns betreute BV in der Nähe des geplanten BV ergaben keine betonaggressiven Grundwässer nach DIN 4030. Allerdings ist grundsätzlich im Kölner Grundwasser (nach der IGK von Köln) mit schwach betonaggressiven Wässern aufgrund der Sulfatgehalte zwischen 200,0...400,0 mg/l zu rechnen. Daher empfehlen wir für in den Untergrund einbindende Bauteile einen Beton hoher Sulfatbeständigkeit auszuwählen. Entsprechende Expositionsklassen für den Beton tiefer einbindender Bauteile (z.B. Pfahlwand nach DIN 1045) sind auszuwählen.

5.9 Beweissicherung

Vor Baubeginn ist eine Beweissicherung an der Nachbarbebauung bzw. den Leitungen und den Gleisanlagen der KVB/HGK durchzuführen. Da weiterhin eine nicht vermeidbare Entspannungen des Baugrundes in einem Abstand von ca. $[2,0 \cdot \text{Einschnittstiefe}]$ auftreten, können diese Bewegungen zu Bewegungen bzw. Schäden an benachbarten, baulichen Anlagen führen.

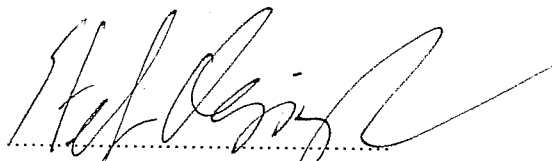
Generell empfehlen wir jedoch, unabhängig von der Einschnittstiefe, alle benachbarten Gebäude oder bauliche Anlagen aufzunehmen.

6 Schlussbemerkung

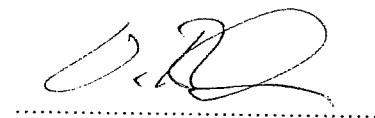
Die Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Abweichungen von den hier beschriebenen Verhältnissen sind in den nicht untersuchten Abschnitten möglich.

Wir empfehlen uns die Pfahleinbindetiefen sowie den Pfahllageplan zur Prüfung zuzusenden. Weiterhin empfehlen wir eine Kontrolle der Baugrundverhältnisse während der Pfahlbohrungen.

Kühn Geoconsulting GmbH
Bonn, den 07.07.2009



.....
Dipl.-Geol. S. OESINGHAUS
Geschäftsführender Gesellschafter



.....
Dipl.-Geol. D. BLUME
Fachbereichsleitung Baugrund

Anlagen: 1 Lageplan
 2 Bohrprofile
 3.1 und 3.2 Konsistenzgrenzenbestimmungen
 4 Versickerungsversuche Nr. 1 bis 4 nach USBR Earth Manual

Verteiler: 3 x Landesbetrieb Straßen NRW, RNL Ville-Eifel per Post,
 1 x als .pdf/dwg/plt; vorab per E-Mail: athanasios.mpasios@strassen.nrw.de