

Geotechnischer Bericht

0	Ausgangsverfahren: Antragsfassung	22.03.2024
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Planungsstand
Vorhabenträgerin: DB InfraGO AG  DB InfraGO Bahnhofsmanagement Düsseldorf Willi-Becker-Allee 11 40227 Düsseldorf Datum Unterschrift Datum Unterschrift Datum Unterschrift		
Vertreter der Vorhabenträgerin: DB InfraGO AG  DB InfraGO Infrastrukturprojekte West S-Bahnen Köln (I.II-W-K-D) Hermann-Pünder-Straße 3 50679 Köln  22.03.2024 i.V Thorsten Richter Datum Unterschrift Verfasser: DB Engineering & Consulting GmbH Auenweg 7 50679 Köln  22.03.2024 Datum Unterschrift Digital unterschrieben von Hölzer, Jens Datum: 2024.03.25 10:11:50 +01'00'		
Genehmigungsvermerk Eisenbahn-Bundesamt		



Geotechnischer Bericht

P-K001308

Bf. Köln-Dellbrück

Bahnsteigerhöhung Köln-Dellbrück

Leistungsphase 1 bis 2

DB Station & Service AG

DB Engineering & Consulting GmbH

I.TD-W-U-T

Zum Portsmouthplatz 6

47051 Duisburg

23.08.2023

Prüf- und Freigabebezeichnung für die aktuell gültige Version

	Erstellt	Fachgeprüft Fachlich freigegeben
Ort, Datum	Duisburg 24.08.2023	24.08.2023
Name	 Digital signiert von Hamacher, Fritz Datum: 2024.03.25 10:23:20 +01'00' Fritz Hamacher, M. Sc.	 Kushtrim Gashi, M. Eng.
Organisation / Funktion	I.TD-W-U-T 1 Projektingenieur Geotechnik	I.TD-W-U-T 1 Senior Ingenieur Geotechnik

Versionen

Version	Datum	Autor	Änderungen
0.1	19.02.2021	Jonas Winzen	Erstausgabe
1.1	23.02.2021	Jonas Winzen	Überarbeitung aufgrund der Kommentare der DB Netz AG
2.0	24.08.2023	Jonas Winzen/ Fritz Hamacher	Zusätzliche Gründungsempfehlung zu Bahnsteigdächern
3.0	25.03.2024	Jens Hölzer	Änderung Bezeichnung Kopfzeile

Inhaltsverzeichnis		Seite 3
1.1	Unterlagen	8
1.2	Vorgang / Aufgabenstellung	10
1.3	Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	10
2	Darstellung / Bewertung der Untersuchungsergebnisse	12
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	12
2.2	Beschreibung der geplanten Baumaßnahme	13
2.3	Geologie	14
2.4	Baugrundverhältnisse – Schichtenaufbau	15
2.5	Baugrundmodell	16
2.6	Bodenrechenwerte	17
2.7	Hydrogeologische / wasserwirtschaftliche Verhältnisse	18
2.8	Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens	20
2.9	Erdbebeneinwirkung und Frosteinwirkzone	22
2.10	Altbergbau/ Gefährdungspotentiale	22
2.11	Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	22
2.12	Kampfmittel	23
3	Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	24
3.1	Allgemeines	24
3.2	Gründung der Bahnsteige	24
3.3	Bautechnische Hinweise zur Gründung der Bahnsteigkanten	27
3.4	Oberflächenbefestigung der Bahnsteige	28
3.5	Gründung Bahnsteigdächer	29
3.6	Baugrubensicherung und Wasserhaltung	33
3.6.1	Baugruben	33
3.6.2	Wasserhaltung	33
3.7	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	34
3.8	Einfluss der Baumaßnahmen auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen	34
4	Homogenbereiche	35
4.1	Allgemeines	35
4.2	Gewerk Erdarbeiten gemäß DIN 18300 (ERD)	37



4.2.1	Homogenbereich ERD A	37
4.2.2	Homogenbereich ERD B	38
4.2.3	Homogenbereich ERD C	39
5	Abfalltechnische Untersuchungen	40
5.1	Probenahme / Analytik	40
5.2	Laboruntersuchung	40
5.2.1	Boden	40
5.3	Darstellung und Bewertung der Analysenergebnisse	41
5.3.1	Boden	41
6	Schlussbemerkungen und Hinweise	42

Tabellen	Seite 5
Tabelle 1: Baugrundmodell	17
Tabelle 2: Charakteristische Rechenwerte aus Erfahrungen	18
Tabelle 3: Beurteilung betonangreifender Böden gemäß DIN 4030, Teil 2	21
Tabelle 4: Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe	21
Tabelle 5: Einstufung/Ableitung der Böden nach DIN EN 1993-5 Tab. 4-1	21
Tabelle 6: empfohlene Werte für den Dickenverlust in mm infolge Korrosion bei Pfählen und Spund-bohlen in Böden mit und ohne Grundwasser, gemäß DIN EN 1993-5 Tab. 4-1	22
Tabelle 7: Versickerungsfähigkeit nach DWA-A 138	23
Tabelle 8: Bemessungswert des Sohlwiderstandes	26
Tabelle 9: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 3 /U 20/ Mittelbahnsteig günstige Verhältnisse	30
Tabelle 10: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 3 /U 20/ Mittelbahnsteig ungünstige Verhältnisse	31
Tabelle 11: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 4 /U 21/ Außenbahnsteig günstige Baugrundverhältnisse	31
Tabelle 12: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 4 /U 21/ Außenbahnsteig ungünstige Baugrundverhältnisse	32
Tabelle 13: Übersicht der abgegrenzten Homogenbereiche	35
Tabelle 14: Homogenbereich ERD A	37
Tabelle 15: Homogenbereich ERD B	38
Tabelle 16: Homogenbereich ERD C	39
Tabelle 17: Zusammenstellung Probenahme/ Untersuchungsumfang	40
Tabelle 18: Bewertung Untersuchungsergebnisse Boden	41

Abbildungen

Seite 6

Abbildung 1: Auszug aus www.tim-online.nrw.de mit Markierung der geplanten Maßnahme
13

Abbildung 2: Grundwassergleichen (lila Linien) in m NN gemäß /U 14/. Die bestehenden
Außenbahnsteige sind in Rot umrandet; Hintergrundkarte gemäß /U 14/ 19

Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis
Anlage 2	Aufschlusslageplan
Anlage 3	Bohr- und Sondierprofile
Anlage 4	Bodenmechanische Laborversuche
Anlage 4.1	Korngrößenverteilung
Anlage 5	Beton- und Stahlaggressivität
Anlage 5.1	Beton- und Stahlaggressivität MP 1
Anlage 5.2	Beton- und Stahlaggressivität MP 2
Anlage 6	Umwelttechnische Laborversuche
Anlage 7	Nachweise und Berechnung
Anlage 7.1	Grundbruchberechnung
Anlage 8	Fotodokumentation
Anlage 9	Homogenbereiche gemäß ATV der VOB Teil C
Anlage 9.1	Erdarbeiten
Anlage 10	Kampfmittel

1.1 Unterlagen

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

- /U 1/ Angebot-ID: 30633 Umwelt- und Geoserviceleistungen S11 – Teilmaßnahmen 9-11
- /U 2/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Untersuchung Köln-Dellbrück vom 30.10.20 bis zum 05.11.20 durchgeführt durch DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- & Geoservice, Duisburg.
- /U 3/ Laborergebnisse der Bodenmechanik, 14.01.2021, DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- & Geoservice, Duisburg.
- /U 4/ Laborergebnisse der Beton und Stahlaggressivität sowie umwelttechnische Untersuchungen, 25.01.2021, DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- & Geoservice, Berlin
- /U 5/ Projektauftrag Verkehrsstation Teilmaßnahmen der Linie S11 – TM 9, 10, 11, DB Station & Service AG Regionalbereich West, BM Köln 29.09.2016, freigegeben 09.2019
- /U 6/ Protokoll Planungsverteidigung LpH 1/2 S11-Kernpaket. DB Engineering & Consulting GmbH. 03.09.2018.
- /U 7/ Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Stand: 05/2005.
- /U 8/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, 7. Aktualisierung, 01.11.2019.
- /U 9/ ZTV E-StB 17 Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017.
- /U 10/ EA-Pfähle – 2. Auflage Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, 2012.
- /U 11/ Grundbautaschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen; Verlag Ernst & Sohn, 2018.
- /U 12/ Geologische Karte Köln Blatt C5106, Maßstab 1:100.000, Herausgeber: Geologisches Landesamt NRW, 1986.
- /U 13/ Hydrogeologische Karte Köln-Mühlheim Blatt 5008, Maßstab 1:25.000, Herausgeber: Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der Rheinische-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

- /U 14/ Hydrotec 2009. Digitale Flurabstandskarte NRW April 1988. Analog Kartenwerk Grundwassergleichen 1988 1:50.000.
- /U 15/ Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. (aufgerufen): 03.02.2021
- /U 16/ Internetseite des Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz NRW (aufgerufen): 06.01.2021
<http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/map/index.jsf>
- /U 17/ GFZ Potsdam, Zuordnung von Orten zu Erdbebenzonen: (aufgerufen 15.01.2021)
http://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage/
- /U 18/ Daten- und Kartendienst des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW, Onlinedienst, URLS:
<http://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de>, Stand 06.01.2020
- /U 19/ Geologischer Dienst Nordrhein Westfalen -Landesbetrieb- , Gefährdungspotentiale des Untergrundes in NRW, http://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/Buerger.html, Bezirksregierung Arnsberg, Stand 06.01.2020
- /U 20/ Statische Berechnungen Bahnsteig Bodenheim Evolution 2020, Fundamente Dach Typ 3, DB Engineering & Consulting GmbH, Berlin 04.12.2020
- /U 21/ Statische Berechnungen Bahnsteig Bodenheim Evolution 2020, Fundamente Dach Typ 4, DB Engineering & Consulting GmbH, Berlin 04.12.2020
- /U 22/ Lage der neuen Bahnsteigdächer zu den Aufschlüssen
- /U 23/ DIN 18300:2016-09, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- /U 24/ LAGA, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, Pkt. 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), vom 05.11.2004
- /U 25/ Laborergebnisse Umweltservice Brandenburg-Kirchmöser Prüfbericht Nr. 21B00222
- /U 26/ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) vom 01.02.2002, zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 30.06.2020 I S. 3005.

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Im Rahmen des Großprojektes S11 wird die Modernisierung/Anpassung des Haltepunktes Köln - Dellbrück notwendig. Köln - Dellbrück ist ein Durchgangsbahnhof mit einem Empfangsgebäude. Der Hausbahnsteig sowie der Mittelbahnsteig stammen aus dem Jahr 1975. Beide Bahnsteige wurden bisher nicht instandgesetzt und messen eine Bahnsteigkantenhöhe von 76 cm. Die mittlere Bahnsteigbreite des Hausbahnsteiges beträgt 4,17 m und die Bahnsteigbaulänge beträgt 212,40 m. Der Mittelbahnsteig misst eine mittlere Bahnsteigbreite von 6,93 m und eine Bahnsteigbaulänge von 236,3 m. An beiden Bahnsteigen beträgt die momentane Bestelllänge 210 m. Der stufenfreie Zugang ist bei beiden Bahnsteigen gewährleistet, allerdings fehlt ein Blindenleitsystem /U 5/.

Im Rahmen der Erneuerung des Bahnhofes Köln-Dellbrück (Teilmaßnahme S11-TM10) ist die Erhöhung und Anpassung der Bahnsteiganlagen vorgesehen. Die Nutzlänge soll nach Realisierung des Projektes 150 m, optional 170m betragen. Die Höhe ist mit 76 cm (Variante 1) oder 96 cm (Variante 2) vorgesehen. Zusätzlich soll auf den Bahnsteigen 1 und 2 das Bahnsteigdach erneuert werden. Die beiden Dächer vom Typ Evolution 2020 sollen jeweils eine Länge von 50 m besitzen.

Die DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- und Geoservice wurde von der DB Station & Service AG auf der Grundlage des Angebotes /U 1/ beauftragt, den Baugrund im Bereich des Bahnhofes Köln-Dellbrück zu erkunden und auf Grundlage dieser Ergebnisse einen Geotechnischen Bericht mit Angabe von Gründungsempfehlungen zu erstellen.

Die Ergebnisse der abfallrechtlichen Vorerkundung sind in Kapitel 5 dargestellt.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Die Aufschlussarbeiten im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurden durch die DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- und Geoservice vom 30.10.2020 bis zum 05.11.2020 durchgeführt. Zur Erkundung des vorhandenen Baugrundes und Entnahme von gestörten Bodenproben wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 9 x Kleinrammbohrungen (KRB) gemäß DIN EN ISO 22475-1
- 9 x schwere Rammsondierungen (DPH) gemäß DIN EN ISO 22476-2

Die Aufschlüsse waren bis zu einer Mindestdiefe von 5 m geplant. Aufgrund der dicht gelagerten Terrassenkiese konnte nur KRB 5 und KRB 9 in die geplante Endtiefe abgeteuft werden. Die übrigen Aufschlüsse wurden zwischen 2,4 und 4,7 m u. GOK terminiert.

Alle Aufschlüsse wurden auf Schienenoberkante und mit Hilfe eines GPS Geräts auf NHN2016 Höhen eingemessen. Der Höhenbezugspunkt ist in Anlage 2 eingezeichnet.

Die Entnahme der gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel. Es wurden insgesamt 55 gestörte Bodenproben entnommen. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse /U 2/ können bei Bedarf im Archiv der DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- und Geoservice, Büro Duisburg eingesehen werden.

Die Lage der Aufschlüsse ist in Anlage 2 dargestellt. Die Baugrundprofile und Sondierdiagramme sind in Anlage 3 aufgetragen.

Zur genaueren Klassifizierung der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 und einer Einteilung der Schichten in Homogenbereiche sind ausgewählte Bodenproben bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen worden /U 3/. Es wurden außerdem ausgewählte Bodenproben auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht.

Im Einzelnen wurden ausgeführt:

- 4 x Nasssiebungen nach DIN EN ISO 17892-4
- 2 x Prüfung und Beurteilung betonangreifender Böden nach DIN 4030
- 2 x Bestimmung Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe DIN 50 929-3

Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen sind in Anlage 4 abgelegt. Die Analyseergebnisse zur Untersuchung auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe finden sich in Anlage 5.

2 Darstellung / Bewertung der Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Das Bauvorhaben umfasst den Bereich des Bahnhofes Dellbrück der DB AG. Der Bahnhof umfasst zwei Bahnsteige (Hausbahnsteig und Mittelbahnsteig) an der Strecke 2663. Die Bahngleise im Bereich des Haltepunkts verlaufen etwa in West-Ost Richtung und liegen im Stadtteil Köln-Dellbrück. Der Bahnhof Köln-Dellbrück beginnt bei ca. Kilometer 5,3 und endet etwa bei Kilometer 5,8.

Die Pflasteroberfläche des Bahnsteigs 1 ist relativ eben und liegt auf einer Höhe von 60,7 m NHN. Der nördliche Bahnsteig, Bahnsteig 2, fällt leicht nach Westen hin ab und weist laut Nivellement der Bohrungen Höhen von 59,9 m NHN (Westen) bis 60,8 m NHN (Osten) auf. Dies entspricht ungefähr den Höhen des umliegenden Geländes. Großräumig ist die Topographie innerhalb der Niederrheinischen Bucht relativ eben und fällt leicht in Richtung Rhein ab.

Als Vorfluter ist der Kemperbach, ein Nebenbach der Strundel zu nennen, der 600m südöstlich des Standorts fließt. Die Strundel entwässert in den Fliehbach, welcher in den Rhein mündet. Dieser ist als Hauptvorfluter zu charakterisieren.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt mit der roten Markierung die ungefähre Lage des Bauvorhabens:

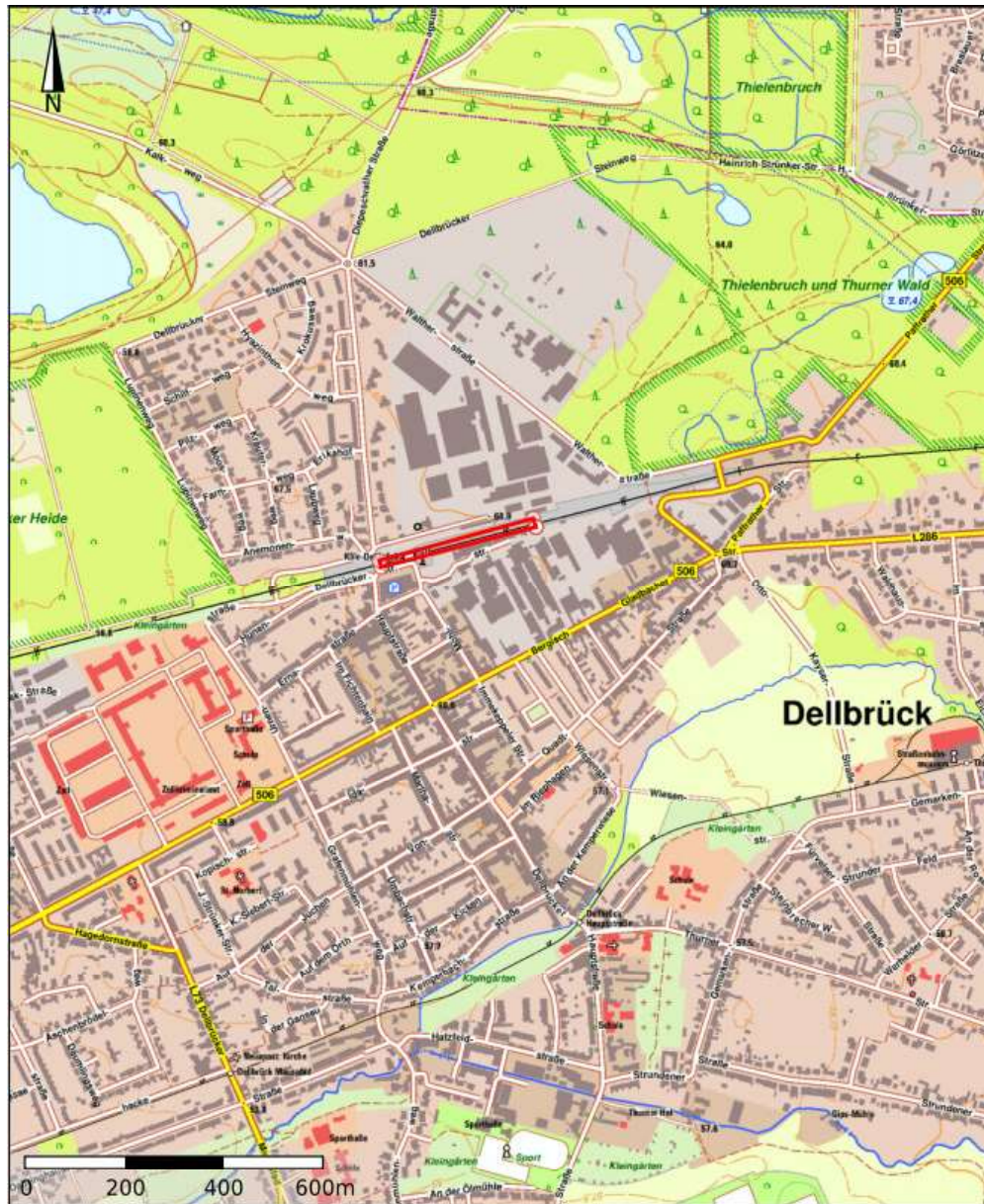


Abbildung 1: Auszug aus www.tim-online.nrw.de mit Markierung der geplanten Maßnahme

Die Fotodokumentation in Anlage 8 vermittelt einen Eindruck der örtlichen Verhältnisse.

2.2 Beschreibung der geplanten Baumaßnahme

Laut Angaben des Projektauftrags der DB Station & Service AG /U 5/, /U 6/ sind folgende Umbauarbeiten geplant:

- Aufhöhung des Hausbahnsteigs und des Mittelbahnsteigs auf 96/76 cm. Der Übergang am Hausbahnsteig zum ZOB bleibt vorerst höhengleich und wird zu einem späteren Zeitpunkt aufgehört. Es werden folgende Varianten geplant:
 - Variante 1: Neubau der Bahnsteige mit einer Bahnsteighöhe von 96 cm ü SO.
 - Variante 2: Neubau der Bahnsteige mit einer Bahnsteighöhe von 76 cm ü SO.
- Die Zugangsbereiche an beiden Bahnsteigen müssen dahingehend angepasst werden. Der Übergang am Hausbahnsteig zum ZOB soll vorerst höhengleich bleiben und zu einem späteren Zeitpunkt aufgehört werden. Am Mittelbahnsteig muss der Zugang zur Treppe sowie zum P+R Parkplatz angepasst werden.
- An beiden Bahnsteigen ist eine Bestelllänge von 150 m, mit Option auf 170 m, ausreichend.
- An beiden Bahnsteigen wird ein Blindenleitsystem gemäß der aktuellen Ril 813 gebaut.
- Die Beleuchtung, die Bahnsteigdächer sowie die Bahnsteigausstattung wird für beide Bahnsteige gemäß Ausstattungshandbuch für Stationen der Kategorie 4 angepasst.
- Die Entwässerung der Bahnsteige ist sicherzustellen
- Die Bahnsteigdächer auf beiden Bahnsteigen sollen erneuert werden. Es sollen 2 Bahnsteigdächer des Typs Evolution 2020 errichtet werden. Auf dem Mittelbahnsteig ist ein Bahnsteigdach vom Typ 3 und auf dem Außenbahnsteig ein Dach vom Typ 4 vorgesehen.

2.3 Geologie

Gemäß /U 12/ liegt der Untersuchungsbereich regionalgeologisch innerhalb der Niederrheinischen Bucht, einem tektonischen Senkungsgebiet, auf der Kölner Scholle. Lokal stehen hier Schichten der jüngeren Mittelterrasse an. Die Schichten der pleistozänen jüngeren Mittelterrasse setzen sich hauptsächlich aus kiesigen Sanden und sandigen Kiesen zusammen. Laut umliegenden Bohrungen stehen im tieferen Untergrund Tonsteinschichten des Devons an, die in Tiefen von ca. 13 bis 30 m zu erwarten sind.

Die devonischen Schichten werden von nordwest-südöstlich streichenden Störungen durchzogen. Die nächstgelegene Störung (Abschiebung) innerhalb des Devons liegt unmittelbar unterhalb des Standorts.

Die durchgeführten Bohrungen erfassen Auffüllböden und die jüngere Mittelterrasse.

Durch den Einbau von meist lokal vorkommenden Böden ist dabei eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen aufgefülltem und gewachsenem Boden nicht immer möglich.

2.4 Baugrundverhältnisse – Schichtenaufbau

Die Bohrungen wurden im Bereich des Verbundsteinpflaster (0,08 m) (KRB 2-9) und im Bereich zwischen zwei Gleisen (KRB 1) durchgeführt.

Auffüllungen:

An allen Ansatzpunkten im Untersuchungsbereich wurden unterhalb des Verbundsteinpflasters hauptsächlich grobkörnige und selten gemischtkörnige Auffüllungen angetroffen. In KRB 1 werden diese von aufgefüllten Oberboden überlagert.

Der aufgefüllte sandige, kiesige Oberboden tritt oberflächlich mit einer Schichtmächtigkeit von 0,1 m auf und wird nach DIN 18196 der Bodengruppe [OH] zugeordnet.

Die grobkörnigen und gemischtkörnigen Auffüllungen bestehen aus kiesigem, teils schluffigem Sand (KRB 6 0,8-0,9) sowie schluffigen Sanden und Kiesen (Schicht 1.2). Vereinzelt (KRB 2) enthalten die Auffüllungen Ziegelreste oder eine Schicht Ziegel, die zu einem kiesigen Sand zerfällt (KRB 2). In KRB 6, 8 und 9 sind in den Auffüllböden zudem Schlackebestandteile festgestellt worden.

Diese Böden sind nach DIN 18196 den hauptsächlich der Bodengruppe [SW, GU], untergeordnet den Bodengruppen [SE, SU] zuzuordnen. Die Lagerungsdichte kann aufgrund der bis zu einer Tiefe von 1,2 m vorgenommenen Handschachtungen innerhalb der oberflächlichen Auffüllungen nicht umfänglich bestimmt werden, müssen aber überwiegend als locker angenommen werden. Die Auffüllungen wurden in Tiefen bis 3,6 m unter GOK angetroffen. Die Schichtmächtigkeit der Auffüllungen schwankt hier zwischen 0,6 m und 3,6 m. Die Auffüllungen wurde in allen Aufschlüssen durchteuft. Die Unterkante der Auffüllböden wurde zwischen 59,8 m NHN und 57,1 m NHN erkundet.

Jüngere Mittelterrasse

Unterhalb der Auffüllböden sind schwach kiesige bis stark kiesige Sande sowie Sande und Kiese der jüngeren Mittelterrasse aufgeschlossen. Im Übergangsbereich zwischen Auffüllungen und Terrassensanden sind sie teilweise als schwach schluffiger, kiesiger Sand (KRB 1, KRB 5) beschrieben.

Die jüngere Mittelterrasse sind nach DIN 18196 hauptsächlich der Bodengruppe SW, GW, GU untergeordnet der Bodengruppen SU, SE zuzuordnen. Die Lagerungsdichte kann an Hand der Schlagzahlen der schweren Rammsondierung als überwiegend locker bis dicht beschrieben werden. Die lockere Lagerung tritt dabei in Tiefen von 0,6 m bis 4,0 m u. GOK auf und variiert von Bohrung zu Bohrung. Darunter ist ein relativ schneller Wechsel der Lagerungsdichte von mitteldicht zu dicht festgestellt worden.

Die Mittelterrasse wurde in Tiefen von 0,6 u. GOK bis 5,0 m u. GOK angetroffen. Sie wurde in keiner der Bohrungen durchteuft. Die erkundete Schichtmächtigkeit schwankt in den Bohrungen zwischen 0,3 m und 3,0 m und wurde bis in Tiefen von 58,38 m NHN bis 55,66 m NHN angetroffen. Die Schichtunterkante wurde in keiner der Bohrungen angetroffen.

2.5 Baugrundmodell

Im Ergebnis der Baugrunderkundungen und der bodenmechanischen Untersuchungen lässt sich für den Untersuchungsbereich ein Baugrundmodell entwickeln, welches für die Bewertung der Baugrundverhältnisse herangezogen wird. Dabei wurden Böden mit annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften in Schichten zusammengefasst. Zur besseren Übersicht wurde für das Projekte Köln-Dellbrück ein einheitliches Baugrundmodell entwickelt. In Abhängigkeit der lokalisierten Böden ist daraufhin nicht immer eine fortlaufende Schichtnummerierung vorhanden.

Tabelle 1: Baugrundmodell

Schicht	Lagerung / Konsistenz	Frostklassifikation
<u>Schicht 0</u>	Aufgefüllter Oberboden	Schichtunterkante = 59,65 m NHN Schichtmächtigkeit = 0,1 m*
	- Lagerungsdichte: locker	Frostempfindlichkeit: F3; für bautechnischen Einbau nicht geeignet
	- Klassifikation lt. DIN 18196	⇒ [OH]
<u>Schicht 1</u>	Auffüllungen	Schichtunterkante = 59,8 - 57,1m NHN
	Grobkörnige Auffüllungen	
<u>Schicht 1.1</u>	- Lagerungsdichte: locker	Frostempfindlichkeit: F1 [SW; SE]
	- Klassifikation lt. DIN 18196	⇒ [SW, SE]
	Gemischtkörnige Auffüllungen	
<u>Schicht 1.2</u>	- Lagerungsdichte: locker	Frostempfindlichkeit: F2 [SU],
	- Klassifikation lt. DIN 18196	⇒ [SU]
	Jüngere Mittelterrasse	Schichtunterkante = 59,4 -56,7 m NHN
<u>Schicht 2.1</u>	Lagerungsdichte: locker	Frostempfindlichkeit: F1 SW, SE; F2 SU, GU
	Klassifikation lt. DIN 18196	SW, SE, SU, GU
	Jüngere Mittelterrasse	Schichtunterkante = nicht angetroffen, außerhalb bauwerksrelevanter Tiefen
<u>Schicht 2.2</u>	Lagerungsdichte: mitteldicht - dicht	Frostempfindlichkeit: F1 SW, SE; F2 SU, GU
	Klassifikation lt. DIN 18196	SW, SE, SU, GU

* Nur in KRB 1 angetroffen

2.6 Bodenrechenwerte

Den erkundeten Baugrundsichten können aus den Laborversuchen und Erfahrungen für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Berechnungskennwerte und Bodengruppen zugeordnet werden. Die Angabe des dynamischen Steifemoduls erfolgte in Anlehnung an das Grundbautaschenbuch, Teil 1 /U 11/.

Tabelle 2: Charakteristische Rechenwerte aus Erfahrungen

Schicht	Boden- gruppe DIN 18196	Lagerung/ Konsistenz	Wichte		Scherfestigkeit		Steifemodul	
			über Wasser	unter Auftrieb	wirks. Reibungs- winkel	wirks. Kohäsio n	stat.	dyn.
			γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]	$E_{s,dyn,k}$ [MN/m ²]
0	A [OH]	lo	17	7				
1.1	SW	lo	17	8	32,5	0	5	70
1.2	SU, GU	lo	18	9	30	1	10	80
2.1	SW, SE,	lo	18	10	32,5	--	12	96
2.2	SU, GU	md-di	19	11	35	--	40	180

lo - locker; md- mitteldicht; d - dicht; br - breiig; w - weich; st - steif; hf - halbfest; f - fest; o.P. - ohne Plastizität,

2.7 Hydrogeologische / wasserwirtschaftliche Verhältnisse

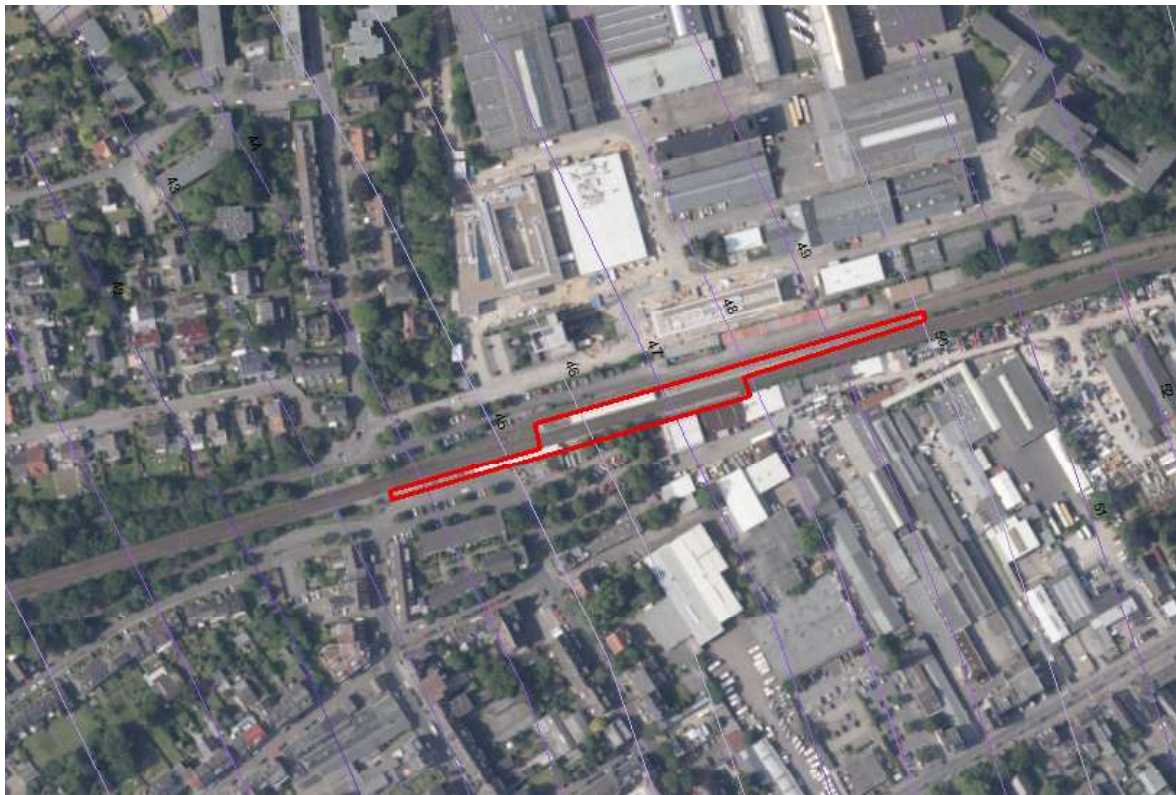
Grundwasser wurde während der Feldarbeiten nicht angetroffen.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im hydrogeologischen Teilraum „Terrassenebenen des Rheins und der Maas“ welcher wiederum dem Raum „Niederrheinische Tieflandsbucht“ untergeordnet ist. Gekennzeichnet ist der Teilraum durch pleistozäne Flussablagerungen des Rheins, in Form der der Älteren Unteren Mittelterrasse, der Unteren Mittelterrasse sowie der Niederterrasse des Rheins (Gesamtmächtigkeit ca. 20 m). Diese sind überwiegend aus Sanden und Kiesen mit unterschiedlichen Anteilen an Schluff ausgebildet. Als jüngste Sedimente sind die holozänen Talböden anzusehen, die im Bereich der Flüsse und Bäche abgelagert wurden und aus tonig-schluffigen Feinsandablagerungen bestehen (Auenlehm). Relevant für den hier betrachteten Bereich sind die quartären Kiese und Sande (Ältere Niederterrassen), welche einen ergiebigen Grundwasserleiter mit freier Potentialoberfläche darstellen. Der GWL stellt eine hohe wasserwirtschaftliche Bedeutung für die Trinkwasserförderung dar. Die Basis dieses GWL stellen die im hangenden befindlichen tertiären Sande dar, aus welchen lokal ein Zufluss erfolgen kann.

Die grundwassererfüllten Böden der Rinnen und kleinen Tälchen zum Rhein sind Gleye. Die Haupt- und Niederterrassen stellen hierbei den Hauptgrundwasserleiter wieder, welcher lokal in Stockwerke getrennt sein kann. Die Terrassen sind hydraulisch sehr ergiebig und zur Trinkwasserversorgung intensiv genutzt. Aus hydrogeologischer Sicht fungiert der Rhein als Hauptvorflut und kommuniziert direkt mit dem quartären Grundwasserleiter. Lokal kann die hydrogeologische Situation durch einzelne lokale Flüsse bzw. Bäche beeinflusst. Die

überwiegende Grundwasserfließrichtung ist hierbei von Ost nach West in Richtung Rhein gerichtet.

Laut berechneter Grundwassergleichen /U 14/ der Grundwasserhöchststände im Jahre 1988 ist von einer westlichen Grundwasserfließrichtung auszugehen. Anhand der berechneten Grundwassergleichen sind entlang der beiden Bahnsteige Grundwassershöchststände zwischen 43 m NH (im Westen) und 50 m NN (Osten) zu erwarten (s. Abbildung 2). Bezogen auf die aktuelle Geländehöhe bedeutet dies Flurabstände von ca. 11 bis 17 m.



7 m. Als bauzeitlicher Bemessungswasserstand (MHGW) kann ein Wasserstand bei 51,4 m NN angegeben werden, was einem Flurabstand von 8,4 m entspricht.

Die hier aufgeführten Bemessungswasserstände gelten nur für die aktuell herrschenden Randbedingungen. Sollten sich diese ändern (z. B. Einstellung/Erhöhung der Grundwasserförderung durch Wasserwerke, etc.), so können diese temporär oder dauerhaft abweichen und müssen neu bestimmt werden. Weiterhin ist zu beachten, dass es durch zunehmende intensivere Starkniederschlagsereignisse zu lokalen kurzzeitigen temporär beschränkten Überschwemmungen kommen kann.

Der bauzeitliche Bemessungswasserstand kann für temporäre Bauzustände (z. B. Baugrube) als Planungsgrundlage herangezogen werden, wenn durch Überwachungsmaßnahmen und / oder entsprechende konstruktive Herstellungen (Überlaufkanten) ein höherer Grundwasserstand für die Standsicherheit unkritisch bleibt und dadurch entstehende baubetriebliche Erschwernisse (z. B. Stillstand, Flutung) sich als unproblematisch darstellen.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Vorflut Rhein ist eine hohe Varianz und rasche Änderung, in Bezug auf Hochwasserereignisse, in den Grundwasserspiegelhöhen zu erwarten.

Die geplante Maßnahme befindet sich in dem bestehenden Trinkwasserschutzgebiet Höhenhaus der Schutzzone 3B.

2.8 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens

Zur Beurteilung der Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens sind im Zuge der Baugrunderkundung aus den gewonnenen Bodenproben zwei für den Untersuchungsbereich repräsentative Bodenmischproben zusammengestellt und auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht worden. Die Analysenergebnisse sind in Anlage 5 abgelegt.

In der nachfolgenden Tabelle 3 kann die Zusammenstellung der Bodenmischproben sowie deren Einstufung nach DIN 4030 in die jeweiligen Expositionsklassen entnommen werden.

Tabelle 3: Beurteilung betonangreifender Böden gemäß DIN 4030, Teil 2

Probe	Bohrung/ Erkundung	Tiefe	Böden	Repräsentativ für folgenden Untersuchungs-bereich	Beurteilung
MP 1	KRB 2 KRB 6	0,2 - 3,6 0,2 - 0,8	A [SW, SE, SU]	Auffüllungen	XA2 chemisch mäßig angreifend
MP 2	KRB 3 KRB 4 KRB 9	1,4 - 3,9 1,5 - 4,0 2,4 - 5,0	SW, GU, SU, GU	Geogene Böden (Mittelterrasse)	Unterhalb der Zuordnungs- kriterien der Expositions-klasse XA1

Die Untersuchung des Bodens auf Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe ergab folgende Ergebnisse

Tabelle 4: Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe

	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
MP 1 KRB 2, KRB 6, grobkörnige und gemischtkörnige Auffüllung Schicht 1.1 und Schicht 1.2		
Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe)	III – stark aggressiv	
Freie Korrosion (mit Bezug auf umgebende Böden)	hoch	mittel
MP 2 KRB 3, KRB 4, KRB 9, Jüngere Mittelterrasse Schicht 2		
Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe)	I a – praktisch nicht aggressiv	
Freie Korrosion (mit Bezug auf umgebende Böden)	sehr gering	sehr gering

Nach DIN 50929, Teil 3 hat bei der Beurteilung von Bauteilen (wie z.B. Rammpfähle) die bleibende Festigkeit Priorität. Hier ist die Geschwindigkeit der Flächenkorrosion von Bedeutung.

Für die Bemessung der Korrosionsraten nach DIN EN 1993-5 Tab. 4-1 können die angetroffenen Böden wie nachfolgend angegeben eingestuft werden:

Tabelle 5: Einstufung/Ableitung der Böden nach DIN EN 1993-5 Tab. 4-1

Bereich	Einstufung
Aufgefüllte Böden Schicht 1.1 und Schicht 1.2	Unverdichtete aggressive Auffüllung
Jüngere Mittelterrasse Schicht 2	Ungestörte natürliche gewachsene Böden

Die empfohlenen Werte können der nachfolgenden Tabelle 6 entnommen werden.

Tabelle 6: empfohlene Werte für den Dickenverlust in mm infolge Korrosion bei Pfählen und Spundbohlen in Böden mit und ohne Grundwasser, gemäß DIN EN 1993-5 Tab. 4-1

geforderte planmäßige Nutzungsdauer	5 Jahre	25 Jahre	50 Jahre	75 Jahre	100 Jahre
Ungestörte natürlich gewachsene Böden (Sand, Schluff, Ton, Schiefer,...)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verunreinigte natürliche Böden und industrielle Standorte	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressive natürliche Böden (Sumpf, Marsch, Torf,...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Unverdichtete nicht-aggressive Auffüllungen (Ton, Schiefer, Sand, Schluff,...)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Unverdichtete aggressive Auffüllungen (Asche, Schlacke...)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
ANMERKUNG 1 Korrosionsraten in verdichteten Auffüllungen sind niedriger als in unverdichteten. Bei verdichteten Böden sollten die Werte in dieser Tabelle halbiert werden. ANMERKUNG 2 Den Werten für 5 Jahre und 25 Jahre liegen Messungen zugrunde, während die anderen Werte extrapoliert sind.					

2.9 Erdbebeneinwirkung und Frosteinwirkzone

Der Untersuchungsbereich befindet sich in Köln (PLZ 51069) in. Dieser gehört, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, zur Erbbebenzone 1 und Untergrundklasse T /U 17/. Der Baugrund ist nach DIN EN 1998-1:2010-12 der Baugrundklasse C zuzuordnen.

Das Projektareal liegt gemäß der Karte aus der Ril 836.4101A04 /U 8/ in der Frosteinwirkungszone I.

2.10 Altbergbau/ Gefährdungspotentiale

Im Untersuchungsbereich des Kilometerquadrates 6837 sind gemäß /U 19/ keine Gefährdungspotenziale durch Altbergbau verzeichnet.

Im tieferen Untergrund ist mit verkarstungsfähigem Gestein zu rechnen.

2.11 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Nach DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ /U 7/ sind Böden versickerungsfähig, deren kf-Werte im Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s liegen. Ferner sollte die Mächtigkeit des Sickerraumes (Gesteinskörper, der zum Betrachtungszeitpunkt kein Grundwasser enthält), bezogen auf den mittleren höchsten

Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1,0 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Die Versickerungsfähigkeit der Schichten ist in Abhängigkeit der aus Kornverteilungskurven ermittelten k_r -Werte (siehe Anlage 4.1) und unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors von 0,2 nach DWA-A 138 wie folgt einzuschätzen:

Tabelle 7: Versickerungsfähigkeit nach DWA-A 138

Schicht	Bodengruppe	k_r -Werte [m/s]	$k_{r,korr}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
1.1	SW, SE	$10^{-2} - 10^{-5}$	$2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-6}^*$	versickerungsfähig
1.2	SU, GU	$1,54 \times 10^{-4} - 1,95 \times 10^{-4}$	$3,08 \times 10^{-5} - 3,9 \times 10^{-5}$	versickerungsfähig
2.1 - 2.2	SW, SE, SU, GU	$4,31 \times 10^{-4} - 5,69 \times 10^{-5}$	$8,62 \times 10^{-5} - 1,14 \times 10^{-6}$	versickerungsfähig

* keine Laborversuche vorhanden, abgeleitet aus Erfahrungswerten

Bewertung:

Prinzipiell sollten Auffüllungen zur Vermeidung eines Schadstoffeintrages in den Untergrund mit der Versickerungsanlage im Regelfall durchfahren werden. Um die Gefahr von Verunreinigungen des Sicker- und Grundwassers durch Altlasten oder andere Stoffe mit hohem Freisetzungspotential auszuschließen, werden im Falle einer geplanten Versickerung umweltanalytische Laboruntersuchungen an den entsprechenden Böden erforderlich.

Die grobkörnigen kiesigen Sande der jüngeren Mittelterrasse (SW, SU, SE, GU) sind für eine Versickerung geeignet.

Fazit

Im Bereich der Aufschlusspunkte kann Niederschlagswasser innerhalb der Sande und Kiese der jüngeren Mittelterrasse versickert werden. Das Oberflächenwasser von Verkehrsflächen, wie z.B. von Bahnsteigen und Rampen, soll mit einer Querneigung vom Gleis ferngehalten und mit punkt- oder linienförmigen Einläufen gefasst werden.

2.12 Kampfmittel

Bestandteil der Beauftragung ist eine Kampfmittelabfrage (Antrag auf Luftbildauswertung) bei der zuständigen Behörde für den Untersuchungsbereich. Zur Zeit der Berichterstellung liegen die Ergebnisse noch nicht vor und werden zu einem späteren Zeitpunkt nachgereicht. Bei Eingriffen ins Erdreich ist vor Beginn der Arbeiten die Kampfmittelfreiheit der Baufelder herzustellen bzw. zu verifizieren.

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

3.1 Allgemeines

Das geplante Maßnahme am Bf. Köln Dellbrück ist gemäß DIN 1054 in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen.

Im Rahmen der Erneuerung des Bahnhofes Köln Holweide ist die Errichtung von Bahnsteiganlagen vorgesehen. Die Nutzlänge soll nach Realisierung des Projektes 150 m, optional 170m betragen. Die Höhe ist mit 76 cm (Variante 1) oder 96 cm (Variante 2) vorgesehen.

Die Fundamentunterkante der geplanten Bahnsteigkanten liegt zum Teil in der locker bis dicht gelagerten jüngeren Mittelterrasse (Schicht 2.1 – Schicht 2.2) und in den grob-/gemischtkörnigen Auffüllungen (Schicht 1.1).

Die Bahnsteigdächer werden über 2x4x1 m (lxbxh) große Einzelfundamente gegründet. Bei den Bahnsteigdächern handelt es sich um das Dach Evolution 2020 auf dem Mittelbahnsteig (Bahnsteig 2) soll der Typ 3 errichtet werden und auf dem Außenbahnsteig (Bahnsteig 1) ist der Typ 4 eingeplant. Die Dächer können jeweils mit einem Stützenabstand zwischen 6 und 9 m errichtet werden.

Im Bereich des Außenbahnsteigs ist die Gründung innerhalb der locker gelagerten Auffüllungen der Schicht 1.1 geplant, wohingegen im Bereich des Außenbahnsteiges die Fundamente innerhalb der locker bis dicht gelagerten jüngeren Mittelterrasse gegründet werden sollen.

Weitere gründungsrelevante Baumaßnahmen sind laut aktuellem Planungsstand nicht vorgesehen.

3.2 Gründung der Bahnsteige

Im Rahmen der Erneuerung des Bahnhofes Köln Dellbrück ist der Neubau der Bahnsteiganlage vorgesehen. Die Nutzlänge soll nach Realisierung des Projektes 150 m, optional 170m betragen. Die Höhe ist mit 76 cm (Variante 1) oder 96 cm (Variante 2) vorgesehen.

Für die Bemessung der Streifenfundamente der Bahnsteigkanten sind die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ erforderlich. Diese müssen so gewählt werden, dass:

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

Gemäß der uns vorliegenden Planungsunterlagen stellen sich die derzeitigen Abmessungen wie folgt dar:

Die Länge des aktuellen Bahnsteiges beträgt zwischen ca. 212 m (Hausbahnsteig) und 236 m (Mittelbahnsteig). Beide Bahnsteige besitzen eine Bestelllänge von derzeit 210 m.

Für die folgende Berechnung wurde eine geplante Regelhöhe von 0,96 m über SO und eine Einbindetiefe von 0,8 m unter GOK angenommen. Zur Bemessung wurden exemplarische Berechnungen an einem Profil mit ungünstigen Baugrundverhältnissen (KRB /DPH 4) durchgeführt. Bei den Berechnungen wurde eine frostfreie Gründungstiefe von 0,8 m unter GOK (=1,0 m unter SO) angesetzt.

Es wurden für die Grundbruch- und Setzungsabschätzungen nachfolgende Annahmen getroffen.

Gründungsart :	Gründung auf Streifenfundamenten
SO - Höhe:	ca. 59,9 m NHN bei KRB/DPH 4
Boden in Gründungssohle:	Auffüllung (Schicht 1.1)
Fundamentbreite:	b = 0,5 m ... 1,0 m
Fundamentlänge:	l = 170 m
Bahnsteig:	OK Bahnsteig = 0,96 m über SO
Einbindetiefe:	t = 0,8 unter GOK
Belastung:	$\sigma_{E,k} = \text{ca. } 60 \text{ kN/m}^2 \approx \sigma_{E,d} = \text{ca. } 85 \text{ kN/m}^2$ (BS-P nach EC7) (50 kN/m ² Eigengewicht + 10 kN/m ² Verkehrslast, Annahme sind vom Planer zu überprüfen)
Vorbelastung:	20 kN/m ²
Baugrundprofile:	KRB 4/DPH4
Grundwasserstand:	vorläufiger Bemessungswasserstand von 52,8 m NN
Bodenrechenwerte:	gemäß Kapitel 2.5

Da die Bahnsteigkanten relativ gering belastet sind, ist die Schicht 1.1 und 1.2 (Auffüllung, locker) als Gründungshorizont für die Bahnsteigkanten bei einer Nachverdichtung mit schweren Gerät als ausreichend tragfähig einzustufen. Durch diese Nachverdichtung kann für 0,30 m unterhalb der Gründungsebene eine mitteldichte Lagerung angenommen werden.

Sollten in der Gründungsebene bindige, weiche Schichten auftreten, sollte diese bis in 0,3 m Tiefe entfernt und durch Böden der Bodengruppen GW, GU oder GT nach DIN 18196 (Körnungsgruppe

0/45 oder 0/56) mit einem maximalen Feinkornanteil ($d < 0,063 \text{ mm}$) von 10 % ersetzt werden. Das Bodenpolster ist im mit einem Wassergehalt nahe des Proctoroptimums einzubauen und auf eine $D_{Pr} \geq 100\%$ zu verdichten. Bei dem o.g. Bodenpolster ist zu beachten, dass dieses in der Aushubsohle gegenüber dem Gründungskörper einen allseitigen Überstand besitzen muss, welcher mindestens so groß wie die Auffüllhöhe ist.

Für das Kiespolster können folgende charakteristische Berechnungskennwerte zum Ansatz gebracht werden:

$$\varphi_k' = 35,0^\circ; \quad c_k' = 0 \text{ kN/m}^2; \quad \gamma_k / \gamma_k' = 19 / 11 \text{ kN/m}^3; \quad E_{s,k} = 50 \text{ MN/m}^2$$

In Anlage 7, Blatt 1 und 2 wurden unter Ansatz des Teilsicherheitskonzeptes EC 7 und lotrecht mittiger Belastung Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen durchgeführt.

Tabelle 8: Bemessungswert des Sohlwiderstandes

Setzungsrechnung Bahnsteigfundamente 30cm nachverdichtete Auffüllung			
Anlage 7, Blatt 1			
Fundamentbreite [m]	0,5	0,7	1,0
Bemessungswert des Sohlwiderstandes max $\sigma_{R,d} = 85 \text{ kN/m}^2$	85	85	85
Setzung [cm]	0,2	0,2	0,3
Anlage 7, Blatt 2			
Fundamentbreite [m]	0,5	0,7	1,0
Bemessungswert des Sohlwiderstandes max $\sigma_{R,d} = 85 \text{ kN/m}^2$	100	100	100
Setzung [cm]	0,2	0,3	0,4

Die aus den Berechnungen ermittelten Setzungsbeträge bei einem begrenzten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes **auf max. 85 kN/m² bzw. 100 kN/m²** liegen in Abhängigkeit von den Fundamentbreiten und Baugrundverhältnissen für den beispielhaft betrachteten Bahnsteig zwischen 0,2 cm bis 0,4 cm.

Folgerung:

Für die geschätzte Belastung im Bereich der Bahnsteigkante von ca. $\sigma_{E,d} = 60 \text{ kN/m}^2$ ergeben sich ca. Setzungen $\leq 1,0 \text{ cm}$ für die angenommenen Fundamentbreiten von 0,5 m bis 1,0 m.

Im Ergebnis der Berechnungen (Anlage 6, Blatt 1) ist eine Gründung bei den vorstehend genannten Belastungen der Bahnsteigkante ca. 0,8 m unter GOK möglich.

Die angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes gelten zur Vorbemessung und sind nach Vorliegen der Lastangaben zu überprüfen und ggf. zu präzisieren.

Abhängig vom Feinanteil können dem Untergrund unterschiedliche Frostempfindlichkeitsklassen von F1 - F2 zugeordnet werden, so dass insbesondere bei geringeren Gründungstiefen als 0,8 m ein frostsicherer Aufbau (bei F2 Böden) gewährleistet werden muss.

Die Gründungssohle sollte von einem fachkundigen Geotechniker abgenommen werden. Der Einbau der lastverteilenden Schicht sollte geotechnisch überwacht werden. Nichttragfähige Auffüllungen oder aufgeweichte Löss in der Gründungssohle sind auszukoffern und durch Magerbeton oder ein Kiespolster zu ersetzen.

Zur Vereinheitlichung der Auflagerbedingungen wird der Einbau einer Sauberkeitsschicht im Gründungsbereich der Bahnsteige empfohlen.

Bei den festgestellten Untergrundverhältnissen ist davon auszugehen, dass die angegebenen Setzungen während der Bauphase abklingen.

Die hier genannten Empfehlungen haben nur in Zusammenhang mit einer Sohlabnahme Gültigkeit. Die Fundamentsohlen des Bauwerkes sind bei einer Flachgründung nach VV BAU 2019/I von einem Sachverständigen nach DIN 4020 abzunehmen. Entsprechend der VV Bau 2019/I ist als Sachverständiger der Ersteller des Geotechnischen Berichtes oder ein vom EBA anerkannter Prüfsachverständiger zu wählen.

3.3 Bautechnische Hinweise zur Gründung der Bahnsteigkanten

- Die erreichten Verdichtungsgrade des Bodenaustauschpolsters und der Bauwerkshinterfüllung sind zu dokumentieren. Die Vorgaben entsp. Der Ril 836.0501 sind einzuhalten.
- Die im Untersuchungsbereich erkundeten bindigen Böden sind teilweise wasserempfindlich. Sie weichen bei Wasserzutritt schnell auf und verlieren ihre Tragfähigkeit. Ein Offenstehen bindiger Erdplanien ist zu vermeiden.
- Die Verdichtungsarbeiten sind so durchzuführen, dass die unterlagernden Böden nicht ihrer Tragfähigkeit reduziert werden.
- Die Fundamentsohle der Bauwerke sind von einem fachkundigen Geotechniker abnehmen zu lassen.
- Eine erforderliche frostfreie Gründungstiefe ist mit mind. $t \geq 1,00$ m u. SO zu gewährleisten.

- Für einen evt. Verbau und die Ausbildung von Baugruben sind die Hinweise der DIN 4124 sowie des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau zu beachten.
- Im Falle von Rammarbeiten sollte ein erschütterungsarmes Verfahren gewählt werden.
- Die Baugrubensohle ist tiefenwirksam nachzuverdichten (bei nichtbindigen Böden)
- Bei bindigen weichen Schichten in der Baugrubensohle ist der Einbau von Gründungspolstern vorzusehen. Diese müssen einen Überstand haben, der mindestens so groß wie deren Dicke ist, da sich die Fundamentlast im Kiessand etwa unter 45° ausbreitet.
- Nach dem Entfernen von Baugrubenverbauen sind aufgelockerte Bereiche nachzuverdichten.
- Auf eine ordnungsgemäße Tagwasserhaltung nach DIN 18299, Teil 4 wird hingewiesen

3.4 Oberflächenbefestigung der Bahnsteige

Die Bemessung des Aufbaus der Bahnsteigoberflächenbefestigung erfolgt in Anlehnung der RStO 12. In Höhe des Planums muss nach RStO 12 eine Mindestragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden. Voraussichtlich werden die erkundeten Böden (grobkörnige und gemischtkörnige Auffüllung (Schicht 1.1 und Schicht 1.2) die geforderte Mindestragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nach Nachverdichtung erreichen. Sollten bindige Erdstoffe angetroffen werden, erreichen diese erfahrungsgemäß nicht die geforderte Mindestragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

In diesem Fall empfehlen wir ein 0,3 m dickes Bodenpolster aus gut verdichtbarem Material der Bodengruppe GW, GU oder GT (Körnungsgruppe 0/45 oder 0/56) mit einem maximalen Feinkornanteil ($d < 0,063 \text{ mm}$) von 10 % vorzusehen.

Die Minstdicke des frostsicheren Oberbaues beträgt gemäß RStO 12 für Rad- und Fußwege 0,30 m. Verringert man diese 0,30 m um das 8 cm dicke Pflaster und die 3 cm mächtige Pflastersandschicht ergibt sich eine Dicke von 0,19 m für die Schicht aus frostsicheren Material. Für diese Schicht empfehlen wir die Verwendung einer Frostschutzschicht gemäß ZTV SoB 04/07 der Körnung 0/32.

Ausgehend von einer Bauweise für Rad- und Gehwege auf F3 Untergrund/Unterbau kann der Bahnsteig gemäß RStO 12 Tafel 6 ausgebildet werden. Das Quergefälle des Bahnsteiges muss dabei mindestens 2 % betragen.

3.5 Gründung Bahnsteigdächer

Im Bahnhof Dellbrück sollen die Bahnsteigdächer Standortgleich erneuert werden. Grundsätzlich bestehen 2 unterschiedliche Möglichkeiten der Gründung.

Einerseits besteht die Möglichkeit die neuen Fundamente unabhängig der Altfundamente zu gründen. Eine Vorbelastung des Bodens ist hier dann nur durch Aushub gegeben.

Andererseits können die neuen Fundamente an der Stelle der Fundamente des alten Bahnsteigdachs gegründet werden. Die Vorbelastung der Alten Fundamente führt zu einer Verringerung der zu erwartenden Setzungen. Da bisher keine genaueren Informationen über die Lage und Größe der Bestandsfundamente vorliegen wird diese Möglichkeit hier nicht weiter betrachtet.

Sollte eine Mischform der beiden Möglichkeiten zum Tragen kommen muss mit Setzungsdifferenzen zwischen den einzelnen Fundamenten gerechnet werden. Es gilt daher die Empfehlung die Fundamente in Böden mit gleicher Belastungsgeschichte zu gründen.

/U 22/ gibt Aufschluss über die Lage der Aufschlüsse im Bereich der Bahnsteigdächer.

Es wurden für die Grundbruch- und Setzungsabschätzungen nachfolgende Annahmen getroffen.

Gründungsart:	Gründung auf Einzelfundamenten
SO - Höhe:	ca. 59,9 m NHN bei KRB/DPH 4
Boden in Gründungssohle:	Auffüllung (Schicht 1.1) bzw. Mittelterrasse (Schicht 2.1)
Fundamentbreite:	$b = 4 \text{ m}$
Fundamentlänge:	$l = 2 \text{ m}$
Einbindetiefe:	$t = 0,75$ unter $SO = 59,867 \text{ m NHN}$
Belastung:	150 kN/m^2 Sohldruckwiderstand / Lastfälle
Vorbelastung:	24 kN/m^2
Baugrundprofile:	Best Case: KRB/DPH 7 Worst Case: KRB/DPH 2
Grundwasserstand:	vorläufiger Bemessungswasserstand von 52,8 m NN
Bodenrechenwerte:	gemäß Kapitel 2.5

Da die Auffüllungen inhomogen verteilt sind müssen zwei Fälle der Gründung unterschieden werden. Im günstigen Fall wird im Bereich der Gründungssohle Material der Schicht 2.1 oder Schicht 2.2 angetroffen und im ungünstigen Fall befindet sich die Gründungssohle innerhalb der Schicht 1. Zur Verringerung der zu erwartenden Setzungen wird empfohlen die Gründungssohle nachzuverdichten.

Für beide Fundamenttypen wurden Berechnungen sowohl für günstige als auch für ungünstige Baugrundverhältnisse durchgeführt. Einerseits wurde zur Ermittlung der Grundbruchsicherheit ein Sohldruckwiderstand von 150 kN/m² angesetzt, andererseits wurden Berechnungen für einzelne in der Statik (/U 20/, /U 21/) aufgeführte Lastfälle zur Ermittlung des Verformungsverhaltens durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnungen für die beiden Dachtypen in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Die graphische Darstellung der Rechenergebnisse ist in den Anlagen 7 Blatt 3 (Mittelbahnsteig) und Anlage 7 Blatt 4 (Außenbahnsteig) zu finden.

Tabelle 9: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 3 /U 20/ Mittelbahnsteig günstige Verhältnisse

Setzungsberechnung Bahnsteigdachfundamente 30 cm nachverdichtete Auffüllung				
Belastung	107,125 kN/m ² *	Lastfall 3 siehe /U 20/	Lastfall 5 siehe /U 20/	Lastfall 6 siehe /U 20/
Setzung Mittelwert [cm]	0,52	0,22	0,27	0,22
Setzung Maximal [cm]	0,52	0,26	0,27	0,30
Setzung Minimal [cm]	0,52	0,18	0,27	0,14
Verdrehung x	0	1:1766	1:32222	1:2227
Verdrehung y	0	1:100585	0	1:3332

*charakteristische Bodenpressung, Bemessungswert entspricht 150 kN/m²

Tabelle 10: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 3 /U 20/ Mittelbahnsteig ungünstige Verhältnisse

Setzungsberechnung Bahnsteigdachfundamente 30 cm nachverdichtete Auffüllung				
Belastung	107,125 kN/m ² *	Lastfall 3 siehe /U 20/	Lastfall 5 siehe /U 20/	Lastfall 6 siehe /U 20/
Setzung Mittelwert [cm]	1,55	0,58	0,70	0,58
Setzung Maximal [cm]	1,55	0,68	0,71	0,77
Setzung Minimal [cm]	1,55	0,48	0,70	0,39
Verdrehung x	0	1:746	1:13604	1:937
Verdrehung y	0	1:39939	0	1:1316

*charakteristische Bodenpressung, Bemessungswert entspricht 150 kN/m²

Für den Mittelbahnsteig kann die Grundbruchsicherheit für alle Lastfälle als gegeben angesehen werden. Für die ungünstigen Baugrundverhältnisse ergibt sich bei Bodenpressung von 150 kN/m² eine Setzung von 1,55 cm und für die Lastfälle eine maximale Setzung von 0,71 cm (Lastfall 5). Für die günstigen Baugrundverhältnisse ergibt sich eine maximale Setzung von 0,52 cm (Bemessungswert 150 kN/m²) sowie 0,30 cm (Lastfall 6).

Tabelle 11: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 4 /U 21/ Außenbahnsteig günstige Baugrundverhältnisse

Setzungsberechnung Bahnsteigdachfundamente 30 cm nachverdichtete Auffüllung				
Belastung	107,125 kN/m ² *	Lastfall 1 siehe /U 21/	Lastfall 4 siehe /U 21/	Lastfall 6 siehe /U 21/
Setzung Mittelwert [cm]	0,52	0,14	0,11	0,14
Setzung Maximal [cm]	0,52	0,28	0,22	0,29
Setzung Minimal [cm]	0,52	0,00	0,01	0,00
Verdrehung x	0	1:19191	1:1875	1:13188
Verdrehung y	0	1:1081	1:2215	1:1062

*charakteristische Bodenpressung, Bemessungswert entspricht 150 kN/m²

Tabelle 12: Setzungsberechnung Bahnsteigdach Evolution 2020 Typ 4 /U 21/ Außenbahnsteig
 ungünstige Baugrundverhältnisse

Setzungsberechnung Bahnsteigdachfundamente 30 cm nachverdichtete Auffüllung				
Belastung	107,125 kN/m ² *	Lastfall 1 siehe /U 21/	Lastfall 4 siehe /U 21/	Lastfall 6 siehe /U 21/
Setzung Mittelwert [cm]	1,55	0,38	0,32	0,20
Setzung Maximal [cm]	1,55	0,72	0,59	0,41
Setzung Minimal [cm]	1,55	0,02	0,06	0,01
Verdrehung x	0	1:7998	1:818	1:10707
Verdrehung y	0	1:411	1:851	1:751

*charakteristische Bodenpressung, Bemessungswert entspricht 150 kN/m²

Im Bereich des Außenbahnsteigs ist für kann für alle Belastungen die Grundbruchsicherheit ebenfalls als gegeben betrachtet werden. Für eine Bodenpressung von 150 kN/m² ergibt sich für die ungünstigen Bedingungen eine Setzung von 1,55 cm Bemessungswert Bodenpressung =150 kN/m²) und aus den Lastfällen eine maximale Setzung von 0,72 cm (Lastfall 1). Für die günstigen Bedingungen ist bei einem Bemessungswert der Bodenpressung von 150 kN/m² eine maximale Setzung von 0,52 cm und aus den Lastfällen eine maximale Setzung von 0,29 cm (Lastfall 1) zu erwarten.

Die bei den Lastfällen maximal erreichte Verdrehung der Fundamente liegt bei 1:411. Die errechnete Winkelverdrehung liegt damit noch unterhalb der hochbautypischen Grenze zur Vermeidung von Rissen in tragenden Wänden von 1 : 300 aber oberhalb der Setzungsgrenze zur Vermeidung jeglicher Risse (1 : 500). Diese Angaben sind vom zuständigen Planer zu überprüfen.

Sollte der Extremfall auftreten, dass bei zwei benachbarten Fundamenten das eine auf günstigen und das andere auf ungünstigen Baugrundverhältnissen gegründet wird, kommt es zu einer maximalen Setzungsdifferenz von 1,03 cm (Bodenpressung von 150 KN/m²) Daraus ergibt sich eine maximale Verdrehung des Bahnsteigdachs von 1 : 582.

Die Gründungssohle sollte von einem fachkundigen Geotechniker abgenommen werden.

Bei den festgestellten Untergrundverhältnissen ist davon auszugehen, dass die angegebenen Setzungen während der Bauphase bzw. bei Erstbelastung abklingen.

Die hier genannten Empfehlungen haben nur in Zusammenhang mit einer Sohlabnahme Gültigkeit. Die Fundamentsohlen des Bauwerkes sind bei einer Flachgründung nach VV BAU

2019/I von einem Sachverständigen nach DIN 4020 abzunehmen. Entsprechend der VV Bau 2019/I ist als Sachverständiger der Ersteller des Geotechnischen Berichtes oder ein vom EBA anerkannter Prüfsachverständiger zu wählen.

3.6 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

3.6.1 Baugruben

Zur Herstellung der Fundamente sind Baugruben erforderlich. Baugruben bis 1,25 m Tiefe können nach DIN 4124 senkrecht ausgehoben werden.

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen können nach DIN 4124 für unbelastete Böschungen oberhalb des Grundwassers und außerhalb des Einflussbereiches starker Erschütterungen, z. B. aus Verkehr, Rammarbeiten, Verdichtungsarbeiten oder Sprengungen bis 5,0 m Höhe ohne besonderen Nachweis folgende Böschungswinkel im Lockergesteinsbereich entsprechend DIN 4124 in Ansatz gebracht werden:

- Auffüllungen $\beta \leq 45^\circ$
- Terrasse $\beta \leq 45^\circ$

Hinsichtlich des Befahrens der Böschungsschulter sind die Vorgaben der DIN 4124, Abschnitt 4.2.5 zu beachten (Einhalten eines lastfreien Streifens von mindestens 1 m bei Baugeräten und Fahrzeugen bis 12 t Gesamtgewicht, lastfreier Streifen von mindestens 2 m bei Baugeräten Fahrzeugen von 12 t bis 40 t Gesamtgewicht).

Bei belasteten Böschungen und/oder Grundwasser oberhalb der Sohle ist die Standsicherheit nach DIN 4084 nachzuweisen.

Für die Herstellung der Baugruben sind die weitergehenden Forderungen, Empfehlungen und Hinweise der DIN 4124 zu beachten. Darüber hinaus sind im gleisnahen Bereich die Vorgaben der Ril 836.4301 bis Ril 836.4305 zu beachten.

Die Herstellung einer konventionellen Baugrube ist lediglich bis zum Grundwasser zulässig.

3.6.2 Wasserhaltung

Unter Berücksichtigung der erkundeten Grundwasserverhältnisse und der angenommenen Aushubtiefe (Erneuerung Bahnsteig) wird voraussichtlich keine Wasserhaltung erforderlich.

Es wird darauf hingewiesen das nach VOB, Teil C, DIN 18299, Teil 4 eine Tagwasserhaltung als kostenfreie Nebenleistung anzusehen ist.

3.7 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Als Bodenaushub fallen im Wesentlichen Auffüllungen und grobkörnige und gemischtkörnige Sande (Schicht 1.1 und Schicht 1.2) an. Von einem Einbau der grobkörnigen und gemischtkörnigen Auffüllungen (Schicht 1.1 und Schicht 1.2) wird abgeraten. Diese Böden können jedoch in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostepfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial o.ä. eingesetzt werden.

Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt, Schlacke o.ä. sind vor einer Wiederverwendung der Böden auszusondern.

Die v.g. Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubböden. Vor einer Wiederverwendung sind die Ergebnisse von abfalltechnischen Untersuchungen (Kapitel 5.1) unbedingt zu berücksichtigen.

3.8 Einfluss der Baumaßnahmen auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen

Um Gleissenkungen bzw. Nachsetzungen und Schäden an umliegenden Gebäuden zu verhindern bzw. minimieren, sollten bei Verbauarbeiten möglichst erschütterungsarme Verfahren angewendet werden. Dennoch können Unterhaltungsarbeiten in den Betriebsgleisen nicht völlig ausgeschlossen werden. Als bahnseitige Schutzmaßnahme empfehlen wir, die Gleise während der Bauarbeiten visuell und messtechnisch zu überwachen und eine Langsamfahrstelle einzurichten.

Insbesondere eine messtechnische Überwachung der bestehenden Gleise und Oberleitungsanlagen ist vorzusehen.

An nahegelegenen Gebäuden sollten Beweissicherungen durchgeführt werden.

4 Homogenbereiche

4.1 Allgemeines

Gemäß VOB/C 2012 – Ergänzungsband 2015 sind Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Baugewerk bzw. Bauverfahren vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Die im Untersuchungsbereich anstehende Schichtenfolge wird nachfolgend auf der Grundlage des erarbeiteten Baugrundmodells, den labortechnisch ermittelten Bodenkenngrößen sowie von Erfahrungswerten in Homogenbereiche für das Gewerke Erdarbeiten /U 23/ eingeteilt.

Eine Übersicht der zugeordneten Homogenbereiche gemäß den eingeteilten Baugrundsichten (vgl. Abschnitt 2.5) ist in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Übersicht der abgegrenzten Homogenbereiche

Schicht	Lagerungsdichte/ Konsistenz / Verwitterungsgrad	Bodengruppe nach DIN 18196	Gewerk
			Erdarbeiten
0	Locker	A, [OH]	ERD A
1.1	Locker	A, [SW, SE]	ERD B
1.2	Locker	A, [SU, SE, GU]	
2.1	Locker	SW, SU, GU	ERD C
2.2	Mitteldicht bis dicht	SW, SU, GU	

Die Einteilung in Homogenbereiche muss mit fortschreitender Planung, insbesondere unter Berücksichtigung von Bauzuständen und -phasen, überprüft und ggf. fortgeschrieben werden.

Eine Zuordnung der für diese Gewerke abgegrenzten Homogenbereiche ist in der Anlage 9.1 für das Gewerk Erdarbeiten (ERD) beigefügt.

In der graphischen Darstellung der orientierenden Homogenbereiche wurden die Grenzen teilweise als Interpolation bzw. Extrapolation der stichpunktartig ausgeführten Aufschlüsse aufgetragen. Abweichungen zwischen den Aufschlüssen sind gerade auch unter Berücksichtigung der Lage der Aufschlüsse im Raum nicht ausgeschlossen.

In den nachfolgenden Kapiteln werden für die definierten Homogenbereiche Eigenschaften und Kennwertspannen angegeben, welche gemäß der VOB – Teil C erforderlich sind. Die Einteilung in orientierende Homogenbereiche erfolgte auf Basis der stichpunktartigen Erkundungen und Laborversuche. Abweichungen von Eigenschaften und Kennwerten bzw. den gegebenen Spannen in untergeordneten Teilbereichen einzelner Homogenbereiche können nicht ausgeschlossen werden.

Die an Einzelproben durchgeführten Laborergebnisse sind in Anlage 4 dargestellt.

4.2 Gewerk Erdarbeiten gemäß DIN 18300 (ERD)

Für das Gewerk Erdarbeiten werden Bodenschichten bis 5,0 m unter Gelände betrachtet.

Orientierende abfalltechnische Untersuchungen sind Bestandteil dieses Geotechnischen Berichts. Eine Einteilung in Homogenbereiche erfolgt ohne Berücksichtigung umweltrelevanter Inhaltsstoffe. Im Rahmen der Bauausführung sind die Ergebnisse der Deklarationsanalytik zu beachten.

Die Bauwerke werden der Geotechnischen Kategorie GK 2 zugeordnet.

4.2.1 Homogenbereich ERD A

Zum Homogenbereich ERD A wird die oberbodenartige Auffüllung zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle 14 auf Seite 37 sind für den abgegrenzten Homogenbereich ERD A die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß VOB – Teil C /U 23/ für Erdarbeiten gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 14: Homogenbereich ERD A

Homogenbereich ERD A		Laborversuche			Erfahrungswerte	
		von	bis	Anzahl Versuche	von	bis
Korngrößenverteilung	T/U [%]			0	0	40
	S [%]			0	40	80
	G/X [%]			0	0	40
Massenanteil Steine	X [%]			0	0	5
Massenanteil Blöcke	Y [%]			0	0	0
Masseanteil große Blöcke	Z [%]			0	0	0
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	ρ [t/m ³]			0	1,5	1,7
undräßierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2)	c_u [kN/m ²]			0	-	-
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	w_N [%]			0	-	-
Plastizitätszahl (DIN 18122-1)	I_P [%]			0	-	-
Konsistenzzahl (DIN 18122-1)	I_c [-]			0	-	-
Konsistenz (DIN EN ISO 14688-1)	[-]			0	Locker	
bez. Lagerungsdichte (DIN EN ISO 14688-2)	[-]			0		
	I_D [%]			0	15	30
organischer Anteil (DIN 18128)	V_{gl} [%]			0	2	20
ortsübliche Bezeichnung		Oberbodenartige Auffüllung				
Bodengruppen (DIN 18196)		A [OH]				

4.2.2 Homogenbereich ERD B

Zum Homogenbereich ERD B werden die aufgefüllten grobkörnigen Auffüllungen (Schicht 1.1) und die aufgefüllten gemischtkörnigen Böden (Schicht 1.2) zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle 15 sind für den abgegrenzten Homogenbereich ERD B die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß VOB - Teil C /U 23/ für Erdarbeiten gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 15: Homogenbereich ERD B

Homogenbereich ERD B		Laborversuche			Erfahrungswerte	
		von	bis	Anzahl Versuche	von	bis
Korngrößenverteilung	T/U [%]	7,51	9,14	2	0	15
	S [%]	36,16	47,49	2	30	65
	G/X [%]	45,47	55,23	2	30	65
Massenanteil Steine	X [%]	0	0	2	0	5
Massenanteil Blöcke	Y [%]	0	0	2	0	5
Masseanteil große Blöcke	Z [%]	0	0	2	0	1
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	ρ [t/m³]			0	1,8	2,1
undräßierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2)	c_u [kN/m²]			0	-	-
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	w_N [%]			0	5	12
Plastizitätszahl (DIN 18122-1)	I_P [%]			0	-	-
Konsistenzzahl (DIN 18122-1)	I_c [-]			0	-	-
Konsistenz (DIN EN ISO 14688-1)	[-]			0	Locker	
bez. Lagerungsdichte (DIN EN ISO 14688-2)	I_D [%]			0		
organischer Anteil (DIN 18128)	V_{gl} [%]			0	0	5
ortsübliche Bezeichnung	Grobkörnige und gemischtkörnige Auffüllung					
Bodengruppen (DIN 18196)	[SW, SE, SU, GU]					

4.2.3 Homogenbereich ERD C

Zum Homogenbereich ERD C werden die locker bis dicht gelagerten Terrassensedimente (Schicht 2.1 und Schicht 2.2) zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle 15 sind für den abgegrenzten Homogenbereich ERD C die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß VOB – Teil C /U 23/ für Erdarbeiten gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 16: Homogenbereich ERD C

Homogenbereich ERD C		Laborversuche			Erfahrungswerte	
		von	bis	Anzahl Versuche	von	bis
Korngrößenverteilung	T/U [%]	6,75	10,25	2	0	15
	S [%]	33,45	67,25	2	20	80
	G/X [%]	22,55	60,12	2	20	70
Massenanteil Steine	X [%]	0	0	2	0	5
Massenanteil Blöcke	Y [%]	0	0	2	0	5
Masseanteil große Blöcke	Z [%]	0	0	2	0	1
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	ρ [t/m³]			0	1,8	2,1
undräßierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2)	c_u [kN/m²]			0	-	-
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	w_N [%]			0	5	12
Plastizitätszahl (DIN 18122-1)	I_P [%]			0	-	-
Konsistenzzahl (DIN 18122-1)	I_c [-]			0	-	-
Konsistenz (DIN EN ISO 14688-1)	[-]			0	Locker bis dicht	
bez. Lagerungsdichte (DIN EN ISO 14688-2)	I_d [%]			0		
organischer Anteil (DIN 18128)	V_{gl} [%]			0	0	2
ortsübliche Bezeichnung		Jüngere Mittelterrasse				
Bodengruppen (DIN 18196)		SW, GW, SE, SU, GU				

5 Abfalltechnische Untersuchungen

5.1 Probenahme / Analytik

Für den Wiedereinbau bzw. die Entsorgung der Materialien sind umweltanalytische Laborversuche erforderlich.

Im Rahmen der Baugrunderkundungen sind Bodeneinzelpuben zur umweltanalytischen Beurteilung entnommen worden. Die jeweiligen Einzelproben wurden zu zwei Mischproben zusammengefasst und im Labor mittels chemischer Analyseverfahren nach LAGA TR Boden (2004) /U 24/ untersucht.

Die Mischprobenbildung ist der nachfolgenden Tabelle 13 zu entnehmen.

Tabelle 17: Zusammenstellung Probenahme/ Untersuchungsumfang

Material	Mischprobe	Tiefe [m] unter SO	Aufschluss
Boden, Auffüllung	MP 3	0,10 - 2,40	KRB 1/2, 4/1 - 4-3, 5/1 - 5/4, 6/2 - 6/5, 8/2 - 8/4
Boden, Anstehender Boden	MP 4	2,00 - 5,00	KRB 1/5 - 1/6, 4/4 - 4/6, 5/5 - 5/7, 7/5, 9/4 - 9/6

5.2 Laboruntersuchung

5.2.1 Boden

Die chemische Analyse der Bodenmischproben erfolgte nach LAGA TR Boden (2004) Tab. II. 1.2-2/-3/-4/-5 /U 24/ auf folgende Parameter:

Feststoff: Kohlenwasserstoffe (KW), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), extr. org. Halogen (EOX), organischer Kohlenstoff gesamt (TOC), Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom gesamt (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg) und Zink (Zn)

Eluat: pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, Arsen (As), Blei (Pb), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Quecksilber (Hg) und Zink (Zn)

5.3 Darstellung und Bewertung der Analysenergebnisse

5.3.1 Boden

In der nachfolgenden Tabelle sind die Analysenergebnisse des Bodens nach LAGA TR Boden (2004) /U 24/ den entsprechenden Zuordnungswerten zugeordnet. Die Originale der Prüfberichte zur chemischen Analytik /U 25/ und die zugehörigen Auswertungstabellen sind in Anlage 6 einzusehen.

Tabelle 18: Bewertung Untersuchungsergebnisse Boden

Probenbezeichnung	Einstufung nach LAGA	Maßgebende Parameter	Gefährlicher Abfall
S11-Dellbrück, MP 3	Z 1.1	TOC (1,3%) Blei (49,6 mg/kg) Nickel (17,3 mg/kg) Zink (118 mg/kg)	Nein
S11-Dellbrück, MP 4	Z 1.1	Nickel (15,2 mg/kg)	Nein

Die aufgefüllten Böden (MP 3) aus den Bahnsteigen sind in den Zuordnungswert Z1.1 einzustufen, da sie erhöhte TOC-, Blei-, Nickel- und Zinkgehalte aufweisen.

Die anstehenden Böden aus dem Bereich der Bahnsteige sind in den Zuordnungswert Z1.1 einzustufen, da sie einen erhöhten Nickelgehalt aufweisen.

Bei Material mit der Einstufung in die Zuordnungs-kategorie Z 1.1 ist ein offener Einbau des Bodens möglich. Das heißt bei geotechnischer Eignung ist ein Wiedereinbau im Bauvorhaben möglich. Den Böden aus den untersuchten Bereichen kann nach der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) /U 26/ der Abfallschlüssel 170504 (Boden und Steine, die keine gefährlichen Stoffe enthalten) zugeordnet werden.

6 Schlussbemerkungen und Hinweise

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die geplanten Umbaumaßnahmen in Köln-Dellbrück dargestellt. Gegenstand der Untersuchungen ist die Ermittlung von Bodenkennwerten und Berechnungsannahmen für die Gründung der Bahnsteige.

Der Baugrund besteht aus grobkörnigen und gemischtkörnigen Auffüllungen in lockerer Lagerung. Darunter stehen schwach kiesige bis stark kiesige Sande sowie Sande und Kiese in lockerer bis dichter Lagerung an. Die Beschreibung der Bodenverhältnisse wurde durch bodenphysikalische und bodenchemische Laborversuche unteretzt.

In Abschnitt 2 wird aus den erkundeten Bodenschichten ein Baugrundmodell gebildet und die zugehörigen Boden- und Berechnungskennwerte angegeben. Angaben zur Gründung der Bahnsteigkanten und Bahnsteigdächern, Baugrubensicherung, Wasserhaltung und Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials enthält Abschnitt 3. Eine Einteilung der Böden in Homogenbereiche findet sich in Abschnitt 4.

Bei den erkundeten Baugrundverhältnissen sowie unter Berücksichtigung der im vorliegenden Bericht aufgeführten Punkte, Hinweise und Empfehlungen ist eine Flachgründung der Bahnsteigkanten möglich.

Die punktförmig durchgeführten Bodenuntersuchungen geben einen Überblick über die vorhandenen Untergrundverhältnisse, sie schließen jedoch Abweichungen in Teilbereichen nicht aus. Wir empfehlen uns einzuschalten, wenn sich Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen ergeben bzw. planungstechnische Änderungen durchgeführt werden, die Einfluss auf die Gründung haben.

Bei Eingriffen ins Erdreich ist vor Beginn der Arbeiten die Kampfmittelfreiheit der Baufelder herzustellen bzw. zu verifizieren.

Unsere beauftragten Leistungen für dieses Teilobjekt sind bis auf die Ergebnisse der Kampfmittelauskunft (Antrag auf Luftbildauswertung s. Kapitel 2.12) hiermit abgeschlossen.



aufgestellt durch:

M.Sc. Fritz Hamacher

Duisburg, den 24.08.2022

DB Engineering & Consulting GmbH