



Geotechnischer Bericht

U-W001283

Wuppertal Hbf.

**Neubau Aufzug Gleis 4/5 und Rückbau
Personenüberführung (Südsteig)**

Lph. 2

**DB InfraGO AG
Willi-Becker-Allee 11, 40227 Düsseldorf**

DB Engineering & Consulting GmbH

I.TV-W-U-T

Zum Portsmouthplatz 6

47051 Duisburg

22.10.2024

Prüf- und Freigabebezeichnung für die aktuell gültige Version

Erstellt		Fachgeprüft
Ort, Datum	Duisburg, 22.10.2024	Duisburg, 22.10.2024
Name	Cedric Garschagen	Kushtrim Gashi
Organisation / Funktion	I.TV-W-U-T 1 / Leiter Ingenieurgeologie	I.TV-W-U-T 1 / Senior Ingenieur

Versionen

Version	Datum	Autor	Änderungen
01	30.09.2024	C. Garschagen	Erstversion
02	22.10.2024	C. Garschagen	Einpflge Laborergebnisse Natursteinmauerwerk Stützwand in Kapitel 4.4 und Anlage 7

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	16
2.4	Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau	16
2.5	Bodenrechenwerte	18
2.6	Hydrogeologische / wasserwirtschaftliche Verhältnisse	18
2.7	Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens	19
2.8	Erdbebeneinwirkung und Frosteinwirkzone	20
2.9	Altbergbau / Gefährdungspotenziale	20
2.10	Rammen, Vibrieren und Einpressen	21
2.11	Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	21
2.12	Kampfmittel	22
3	Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	22
3.1	Allgemeines	22
3.2	Flachgründung des Treppenturms und des Aufzugschachtes	23
3.3	Herstellung des Gerüsts zur Abstützung des Südsteigs	24
3.4	Herstellung des Kranstellplatzes im Bereich Distelbeck	25
3.5	Baugrubensicherung	27
3.6	Wasserhaltung	28
3.7	Bauwerksabdichtung	28
3.8	Arbeitsraumverfüllung	29
3.9	Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen	29
3.10	Bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubmassen	30
3.11	Bautechnische Hinweise zur Bauausführung	31
4	Bausubstanzuntersuchung Stützwand	32
4.1	Ausgeführte Kernbohrungen	32



4.2	Bauteilaufbau- und Stärke	32
4.3	Abschätzung der Bauteilabmessungen - Geometrie	33
4.3.1	Bauteildicke Wand	33
4.3.2	Gründungssohle Stützwand	33
4.4	Abschätzung der Druckfestigkeit	34
5	Homogenbereiche	35
5.1	Gewerk Erdarbeiten gemäß DIN 18300 (ERD)	35
5.1.1	Homogenbereich ERD A	36
5.1.2	Homogenbereich ERD B	37
5.1.3	Homogenbereich ERD C	38
6	Schlussbemerkungen und Hinweise	39

Tabellen	Seite 5
Tabelle 1: Beschreibung und Eigenschaften der Auffüllungen	16
Tabelle 2: Beschreibung und Eigenschaften der Zersatzzone	17
Tabelle 3: Beschreibung und Eigenschaften des Festgestein	17
Tabelle 4: Charakteristische Rechenwerte aus Erfahrungen	18
Tabelle 5: Beurteilung betonangreifender Böden gemäß DIN 4030, Teil 2	19
Tabelle 6: Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe	19
Tabelle 7: Einstufung/Ableitung der Böden nach DIN EN 1993-5 Tab. 4-1	19
Tabelle 8: 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	20
Tabelle 9: Rammfähigkeit des Untergrunds (Erfahrungswerte)	21
Tabelle 10: Versickerungsfähigkeit nach DWA-A 138	21
Tabelle 11: Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	30
Tabelle 12: Ausgeführte Kernbohrungen	32
Tabelle 13: Erbohrter Schichtenaufbau	32
Tabelle 14: Einaxialer Druckversuch an Bohrkernen aus Naturstein	34
Tabelle 15: Übersicht der abgegrenzten Homogenbereiche	35
Tabelle 16: Homogenbereich ERD A	36
Tabelle 17: Homogenbereich ERD B	37
Tabelle 18: Homogenbereich ERD C	38

Abbildungen

Seite 6

Abbildung 1: Abbildung Auszug aus www.tim-online.nrw.de mit Markierung der geplanten Maßnahme	12
Abbildung 2: Prinzipdargestellung des Rückbaus des nördlichen Teils des Südsteigs (Variante 1/1.1)	13
Abbildung 3: finale Darstellung der Variante 1	14
Abbildung 4: finale Darstellung der Variante 1.1	14
Abbildung 5: finale Darstellung der Variante 2	15
Abbildung 6: Aufstellfläche des Krans und Gerüste unterhalb der Segmente	15
Abbildung 7: Skizze des Abstands Kranpratze zu Stützwand	26



Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis
Anlage 2	Aufschlusslageplan
Anlage 3	Bohr- und Sondierprofile
Anlage 4	Bodenmechanische Laborversuche
Anlage 5	Beton- und Stahlaggressivität
Anlage 6	Fotodokumentation
Anlage 7	Ermittlung Druckfestigkeit Naturstein

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/ Einzelvertrag Nr. A256274, Bestellung 0011/ MCX /12726430 zum Rahmenvertrag Nr.: 1000 / EBO 92298825; Stand Januar 2024.
- /U 2/ Wuppertal Hauptbahnhof Rückbaukonzept für den Südsteig, Ergebnisse der MBU, Stand 08.07.2020.
- /U 3/ Baugrundgutachten, Projektnummer 10/2214, Wuppertal, Hauptbahnhof, Neubau eines Aufzuges, Modernisierung der Bahnsteige, BAUGRUND Stralsund, 02/2011.
- /U 4/ Geotechnischer Bericht, Verkehrsstation Wuppertal Hbf., Erneuerung des Bahnsteigsachs am Hauptbahnsteig, DB Engineering & Consulting GmbH, 10/2019.
- /U 5/ E-Mail, WG: Wuppertal Hbf. – Gebäckpersonentunnel Pläne von Cansu Buyruk, DB InfraGo AG, 31.07.2024.
- /U 6/ E-Mail, WG: Prüfprotokoll Wuppertal Hbf. Gebäckpersonentunnel (BST) von Cansu Buyruk, DB InfraGo AG, 31.07.2024.
- /U 7/ E-Mail, WG: Anfrage zu den Lasten/Dimensionen von Cansu Buyruk, DB InfraGo AG, 05.08.2024.
- /U 8/ Protokoll/Unterlagen der Rückverfüllung des Aufzugs 3 und Herstellung des Bahnsteigs 3 zwischen Gleis 4 & 5
- /U 9/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der DB Engineering & Consulting GmbH, 03/2024 - 08/2024.
- /U 10/ Laborergebnisse der DB Engineering & Consulting GmbH, 03/2024 - 08/2024.
- /U 11/ Geologische Karte von Nordrheinwestfalen Blatt 4708, Maßstab 1:25.000, Herausgeber: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 1979.
- /U 12/ Internetseite des Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz NRW (aufgerufen 18.09.2024):
<http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/map/index.jsf>
- /U 13/ GFZ Potsdam, Zuordnung von Orten zu Erdbebenzonen: (aufgerufen: 18.09.2024)
http://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage/



- /U 14/ Daten- und Kartendienst des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW, Onlinedienst, URL: <http://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de>, Stand 18.09.2024
- /U 15/ Geologischer Dienst Nordrhein Westfalen -Landesbetrieb- , Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW, https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/, Bezirksregierung Arnsberg, Stand 18.09.2024

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Die DB InfraGO sieht vor in Wuppertal die Personenüberführung des Hauptbahnhofes tlw. rückzubauen. Gleichzeitig soll eine barrierefreie Erschließung des Bahnsteigs 3 bzw. der Gleise 4 und 5 zur Südstadt mit Hilfe eines Aufzugs realisiert werden.

Die DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- und Geoservice wurde von der DB InfraGO beauftragt, den Baugrund im Bereich der geplanten Maßnahme zu erkunden und auf Grundlage dieser Ergebnisse einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 mit Angabe von Gründungsempfehlungen zu erstellen.

Abfalltechnische Untersuchungen sind nicht Bestandteil des vorliegenden Berichtes.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Die Aufschlussarbeiten im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurden durch die DB Engineering & Consulting GmbH zwischen März und August 2024 durchgeführt. Außerdem wurden durch die DB InfraGO drei Bausubstanzerkundungen der angrenzenden Stützwand mit Hilfe des Auftragnehmers M. Karabalta GmbH ausgeführt. Zur Erkundung des vorhandenen Baugrundes, Entnahme von gestörten Bodenproben sowie zur Ermittlung der Bauteilgeometrie wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 10 Kleinrammbohrungen (KRB)
- 3 schwere Rammsondierungen (DPH)
- 3 Kernbohrungen zur Bausubstanzerkundung (H)

Die geplante Aufschlusstiefe wurde an keinem der Aufschlusspunkte erreicht. Mit den Kernbohrungen konnten die Bauteile durchbohrt werden

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

Alle Aufschlüsse wurden auf Schienenoberkante und Gleisachse des Gleises 5 im Bereich Wuppertal Hbf. eingemessen. Aus Bestandsdaten wurden daraufhin eine Ableitung der Ansatzpunkthöhen ins DB-Ref System vorgenommen.

Die Entnahme der gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse

können bei Bedarf bei der DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- und Geoservice, Büro Duisburg eingesehen werden.

Die Bestandsuntersuchungen aus /U 3/ & /U 4/ wurden bei der Erstellung des Geotechnischen Berichtes berücksichtigt.

Zur genaueren Klassifizierung der Bodenarten sind ausgewählte Bodenproben bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen worden.

Im Einzelnen wurden ausgeführt:

- 3 x kombinierte Sieb-/Schlammanalyse nach DIN EN ISO 17892-4

Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen sind in Anlage 4 abgelegt.

Es wurden außerdem ausgewählte Bodenproben auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht.

- 1 x Prüfung und Beurteilung betonangreifender Böden nach DIN 4030
- 1 x Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe DIN 50 929-3

Die Analysenergebnisse zur Untersuchung auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe finden sich in Anlage 5.

2 Darstellung / Bewertung der Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich befindet sich beim Streckenkilometer km 115,250 der Strecke 2550 im Stadtteil Wuppertal-Elberfeld, im Bereich des Hauptbahnhofs Wuppertal. Die Bahnstrecke verläuft in diesem Bereich an den Gleisen 4/5 neben einer etwa 8 m hohen Stützwand in einem Einschnitt. Etwa 240 m nördlich des Untersuchungsbereiches fließt die Wupper. Der nachfolgende Bildausschnitt verdeutlicht die Lage des Projektareals.

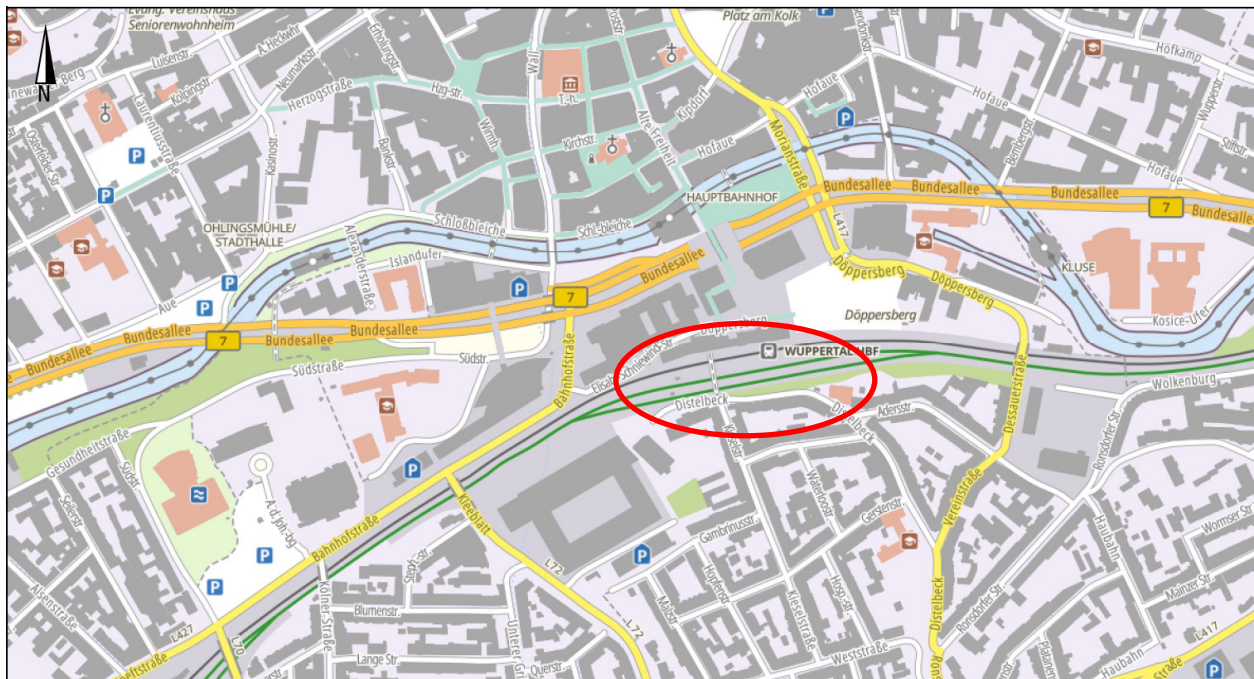


Abbildung 1: Abbildung Auszug aus www.tim-online.nrw.de mit Markierung der geplanten Maßnahme

Die Fotodokumentation in Anlage 6 vermittelt einen Eindruck der örtlichen Verhältnisse.

2.2 Beschreibung der geplanten Baumaßnahme

Für das Rückbaukonzept des Südsteigs am Hbf. Wuppertal gibt es nach /U 2/ mehrere Varianten, die geplant werden können. Nach Rücksprache mit dem AG sollen nur die Varianten 1 & 2 untersucht werden. Die Variante 1 ist in zwei Teilvarianten (Variante 1 und 1.1) aufgeteilt und beinhaltet einen Teilrückbau des nördlichen Abschnitts des Südsteigs zwischen dem Hausbahnsteig (Gleis 1) und dem vorhandenen Treppenaufgang auf Bahnsteig 3 (Gleis 4&5). Hierzu wird auf die folgenden Abbildungen verwiesen:

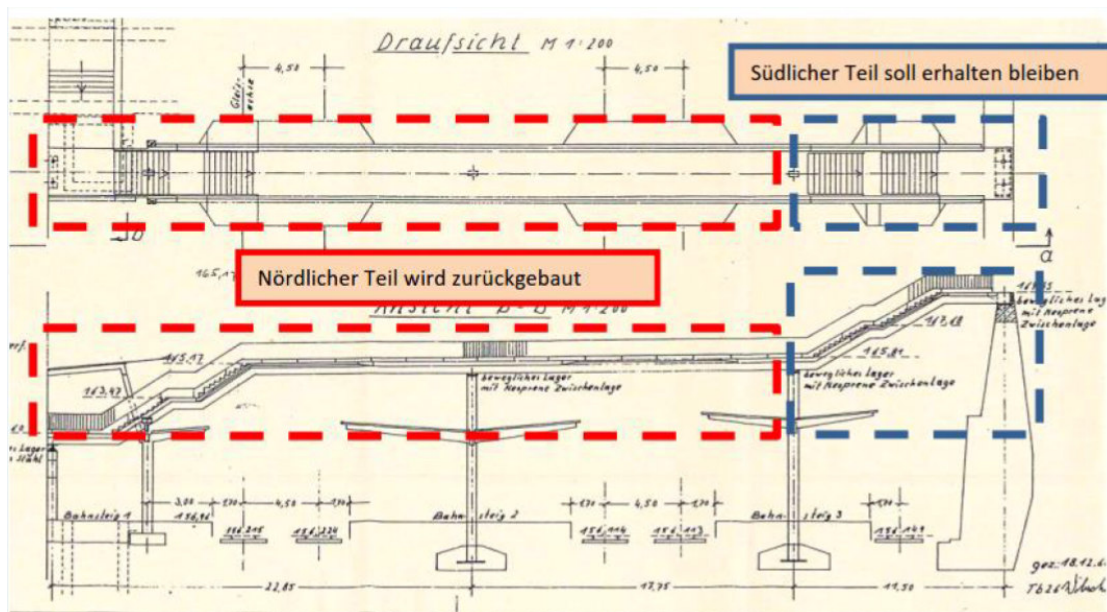


Abbildung 2: Prinzipdarestellung des Rückbaus des nördlichen Teils des Südsteigs (Variante 1/1.1)



Abbildung 3: finale Darstellung der Variante 1

Bei der Teilvariante 1.1 wird zusätzlich zum Rückbau noch eine Erschließung der Südstadt barrierefrei über einen Aufzug östlich des Bahnsteigüberdachung des Bahnsteigs 3 und einen Steg über Gleis 5 geplant. Hierzu wird auf nachstehende Abbildung verwiesen. Die genaue Lage des Aufzugschachtes ist dabei noch nicht final geklärt.

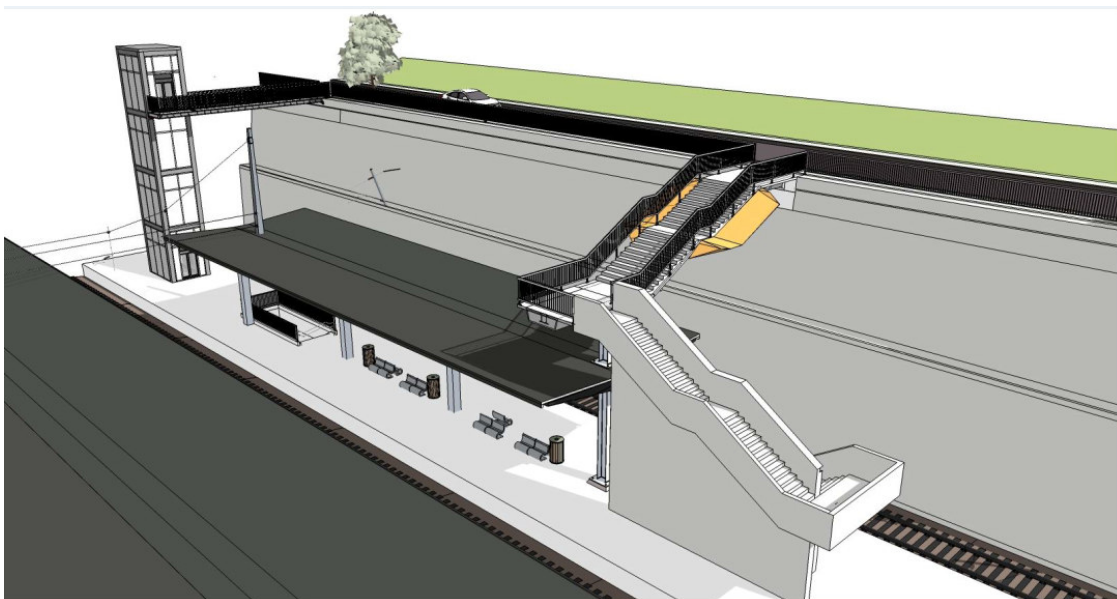


Abbildung 4: finale Darstellung der Variante 1.1

Mit der Variante 2 soll eine Option des kompletten Rückbaus des Südsteiges inkl. des vorhandenen Treppenaufgangs in Betracht gezogen werden. Als Ersatz für den Südsteig soll ein kombinierter Treppenturm mit innenliegender Aufzugsanlage im westlichen Bereich des Bahnsteigs entstehen. Ebenfalls mit einem Steg über Gleis 5. Die genaue Positionierung des Treppen-/Aufzugturms ist ebenfalls noch nicht bekannt.



Abbildung 5: finale Darstellung der Variante 2

Für die Rückbaumaßnahme soll auf der Straße „Distelbeck“ ein Krank aufgestellt werden, der einige Segmente des Südsteigs anheben und entfernen soll (Abbildung 6).

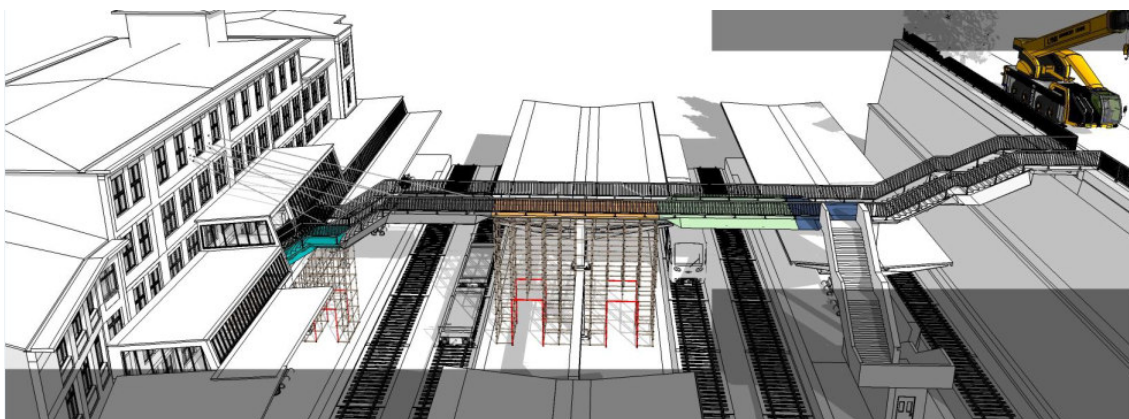


Abbildung 6: Aufstellfläche des Krans und Gerüste unterhalb der Segmente

Wie auf Abbildung 6 ersichtlich, soll unterhalb der Segmente des Südsteigs auf dem Hausbahnsteig sowie dem Bahnsteig 2 ein Gerüst zur Absicherung aufgestellt werden.

2.3 Geologie

Der zu untersuchende Bahnhofsbereich in Wuppertal Elberfeld befindet sich im Bergischen Land. Regionalgeologisch zählt dieser zum Rheinischen Schiefergebirge.

Die im Untersuchungsbereich auftretenden Festgesteine sind Ablagerungen des Devons, genauer des Mitteldevons. Diese großmächtigen Einheiten lassen sich den Oberen Honseler Schichten zuordnen, die sich aus graublauen Tonsteinen mit untergeordnet auftretenden Sandsteinen und örtlich Kalksteinen zusammensetzen. Im Untersuchungsabschnitt des Bahnsteigs werden oberhalb der Festgesteine dessen Verwitterungsprodukte in Form von Gesteinsbruchstücken in schluffiger Matrix oder Verwitterungslehmen aus Schluffen/Tonen mit Gesteinsbeimengungen auftreten.

Im oberflächennahen Bereich ist infolge der bestehenden Bahnanlagen mit anthropogenen Auffüllungen zu rechnen. Durch den Einbau von zumeist lokal vorkommenden Böden ist dabei eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen aufgefülltem und gewachsenem Boden nicht immer möglich.

2.4 Baugrundverhältnisse – Schichtenaufbau

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.

Tabelle 1: Beschreibung und Eigenschaften der Auffüllungen

Schicht 1 - Auffüllungen			
Zusammensetzung		(schwach schluffige bis schluffige) Sande und Kiese	
Bodengruppe nach DIN 18196		A, [GI, SE, SU, GU, GU*, SU*]	
Schichtnummer	Lagerungsdichte	1	locker - mitteldicht ¹⁾
Mächtigkeit		0,55 - 1,5 m (Bahnsteigbereich) 1,8 - 1,9 m (Straßenbereich Distelbeck)	
Liegendgrenze		155,5 - 155,9 m (Bahnsteigbereich) 165,6 - 166,8 m NHN (Straßenbereich Distelbeck)	
Vorkommen im Teilprojekt		Im gesamten Projektgebiet	
Frostempfindlichkeit		F1-F3	
Besonderheiten		im Bahnsteigbereich oftmals mit großen Anteilen aus Bauschutt, Splitt, Schlacke, Schotter, Ziegelresten im Straßenbereich innerhalb der KRB 7 Ziegelreste notiert	

¹⁾ aufgrund des Vorschachtens nur selten ermittelbar

Tabelle 2: Beschreibung und Eigenschaften der Zersatzzone

Schicht 2 - Zersatzhorizont			
Zusammensetzung		Vollständig verwittertes Festgestein mit bodenähnlichen Eigenschaften (Felsbruchstücke in toniger Matrix)	
Bodengruppe nach DIN 18196		TL, GU*, UL	
Schichtnummer	Verwitterungsgrad	2	Stufe 5
	Konsistenz		weich-steif ¹⁾
	Lagerungsdichte		Mitteldicht ²⁾
Mächtigkeit		0,3 - 1,6	
Liegendgrenze		153,9 m - 156,2 NHN (Bahnsteigbereich)	
Vorkommen im Teilprojekt		vor allem im Bereich des Bahnsteigs 1 (Hausbahnsteig) und Bahnsteig 2 erkundet. Im Bereich von Bahnsteig 3 ist ein früherer Übergang in den unverwitterten Fels (Schicht 3) erkundet worden	
Frostempfindlichkeit		F3	
Besonderheiten		-	

¹⁾ im Bahnsteigbereich erkundet²⁾ im Straßenbereich erkundet

Tabelle 3: Beschreibung und Eigenschaften des Festgestein

Schicht 3			
Zusammensetzung		Tonstein (Festgestein)	
Bodengruppe nach DIN 18196		Tst	
Schichtnummer	Verwitterungsgrad	3	Stufe 1 - 3
Mächtigkeit		Schichtunterkante = nicht erkundet, liegt außerhalb bauwerksrelevanter Tiefen	
Liegendgrenze			
Vorkommen im Teilprojekt		Im gesamten Projektgebiet	
Frostempfindlichkeit		--	
Besonderheiten		nicht direkt erkundet, Rückschlüsse aus geologischer Karte und den abgebrochenen Bohrungen sowie den Bausubstanzerkundungen getroffen.	

2.5 Bodenrechenwerte

Den erkundeten Baugrundsichten können aus den Laborversuchen und Erfahrungen für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Berechnungskennwerte und Bodengruppen zugeordnet werden.

Tabelle 4: Charakteristische Rechenwerte aus Erfahrungen

Schicht	Wichte [kN/m ³]		Scherfestigkeit		Steifemodul [MN/m ²]	
	γ_k	γ'_k	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$E_{s,k}$	$E_{s,dyn,k}$
1	17,0	9,0	27,5 - 32,5	2,0	8,0 - 12,0	70,0
2 ¹⁾	19,0	9,0	27,5	8,0	10,0	80,0
2 ²⁾	19,0	9,0	30,0	2,0	25,0	125,0
3	22,0	12,0	35,0	15	--	--

¹⁾ Bahnsteigbereich

²⁾ Straßenbereich

Der Steifemodul ($E_{s,k}$) ist eine spannungsabhängige Größe. Der hier genannte Steifemodul ist für ein Spannungsspektrum zwischen $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$ bis $\sigma = 250 \text{ kN/m}^2$ gültig.

Der indirekt erkundete Felshorizont (Schicht 3) kann als setzungsbegrenzende Schicht angenommen werden, daher wurden keine expliziten Bodenrechenwerte (Steifemodul) angenommen.

2.6 Hydrogeologische / wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Mit keinem der Aufschlüssen wurde Schicht-/Grundwasser notiert.

Für die geplante Maßnahme ist aufgrund der geologischen Randbedingungen und der damit verbundenen Gefahr eines Schichtwasseraufstaus innerhalb der Auffüllungen mit einem ideellen Bemessungswasserstand von 156,5 m NHN (Bahnsteigbereich) bzw. 167 m NHN (Straßenbereich) zu rechnen.

Das Projektareal liegt außerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete, Trinkwasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete.

2.7 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Bodens

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

In der nachfolgenden Tabelle 5 kann die Zusammenstellung der Bodenmischproben sowie deren Einstufung nach DIN 4030 in die jeweiligen Expositionsklassen entnommen werden.

Tabelle 5: Beurteilung betonangreifender Böden gemäß DIN 4030, Teil 2

Probe	Bohrung/ Erkundung	Tiefe	Böden	Repräsentativ für folgenden Untersuchungsbereich	Beurteilung
MP1	KRB 6	0 – 0,5	Schicht 1	Auffüllungen im Bereich des Bahnsteig 3 (Gleis 4/5)	< XA1

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

Tabelle 6: Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe

	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
MP1 – Auffüllungsbereich im Bereich des Bahnsteigs 3		
Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe)	Ib – schwach aggressiv	
Freie Korrosion (mit Bezug auf umgebende Böden)	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 7: Einstufung/Ableitung der Böden nach DIN EN 1993-5 Tab. 4-1

Schicht	Einstufung
1	unverdichtete nicht-aggressive Auffüllungen
2	ungestörte natürlich gewachsene Böden

Die empfohlenen Werte können der nachfolgenden Tabelle 8 entnommen werden.

Tabelle 8: 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 in Jahren	5	25	50	75	100
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.

2.8 Erdbebeneinwirkung und Frosteinwirkzone

Nach DIN EN 1998-1/NA 1:2023-11 ist für das Projektareal die spektrale Antwortbeschleunigung ($S_{aP,R}$) für eine Referenzwiederkehrperiode von $T_{NCR}=475$ Jahre mit $S_{aP,R} = 0,56 \text{ m/s}^2$ anzusetzen.

Der Untersuchungsbereich befindet sich in Wuppertal (PLZ 42119) in. Dieser gehört, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, zu keiner Erdbebenzone /U 13/.

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

2.9 Altbergbau / Gefährdungspotenziale

Im Untersuchungsbereich des Wuppertaler Hbf. - Kilometerquadrat 12500 sind keine Gefährdungspotenziale durch Altbergbau verzeichnet.

Im Untersuchungsbereich der Baumaßnahme - Kilometerquadrat 12500 sind der Karte des geologischen Dienstes NRW Gefährdungspotenziale durch verkarstungsfähiges Gestein zu entnehmen. Im tieferen Untergrund des Areals kann verkarstungsfähiges Gestein anstehen. Erdfälle wurden im Untersuchungsbereich in der Vergangenheit jedoch nicht dokumentiert. Das hieraus resultierende Gefährdungspotential ist somit als sehr gering zu bewerten.

2.10 Rammen, Vibrieren und Einpressen

Die erkundeten Baugrundsichten sind in Kapitel 2.4 ausführlich beschrieben. Die nachfolgende Einschätzung basiert auf der Grundlage der erkundeten Bodenarten, Lagerungsdichten und den Erfahrungen mit vergleichbaren Böden.

Tabelle 9: Rammfähigkeit des Untergrunds (Erfahrungswerte)

Schicht	Bodenart	Rammfähigkeit
1	Auffüllungen, locker-mitteldicht	mittelschwer bis nicht rammbar
2	Verwitterungslehm, weichsteif/mitteldicht	mittelschwer bis sehr schwer
3	Festgestein, unverwittert	nicht rammbar

In aufgefüllten Böden ist generell mit Steinen, Blöcken, o. ä. zu rechnen, welche die Rammfähigkeit des Untergrundes wesentlich verschlechtern können.

In den locker gelagerten Auffüllungen ist mit Verdichtungssetzungen beim Rammen zu rechnen.

Aufgrund des oberflächlich angetroffenen Festgesteins wird von Rammarbeiten aus geotechnischer Sicht abgeraten.

2.11 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Nach DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ sind Böden versickerungsfähig, deren k_f -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 unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren nach DWA-A 138 wie folgt einzuschätzen:

Tabelle 10: Versickerungsfähigkeit nach DWA-A 138

Schicht	k_f -Werte [m/s]	$k_{f,korr}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
1	$7,2 \cdot 10^{-6} \dots 7,0 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-6} \dots 1,4 \cdot 10^{-7}$	Versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
2	---	$10^{-7} \dots 10^{-10}$	nicht versickerungsfähig
3	--	--	nicht versickerungsfähig

2.12 Kampfmittel

Seitens der Bauherrschaft wurde keine Kampfmittelabfrage bei dem Aufsteller angefragt. Es ergeht an dieser Stelle die Empfehlung, die Kampfmittelfreiheit im Zuge der weiteren Planung sicherzustellen. Die Verantwortung hierfür trägt die Bauherrschaft.

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

3.1 Allgemeines

Die Baumaßnahme ist der Geotechnischen Kategorie GK 2 zuzuordnen. Im Rahmen des barrierefreien Ausbaus des Bahnsteigs 3 sowie des Rückbaus des Südsteigs sind folgende Bauteile aus geotechnischer Sicht identifiziert und im Folgenden beurteilt worden:

- Gründung eines neuen Treppenturms auf dem Bahnsteig 3
- Gründung eines Aufzugs auf dem Bahnsteig 3
- Herstellung einer Kranaufstellfläche im Straßenbereich Distelbeck
- Aufstellung von Gerüsten zum bauzeitlichen Abstützen des Südsteigs

Planunterlagen zu den oben genannten Bauvorhaben gibt es nicht. Skizzen und Abschätzungen wurden teilweise aus dem Rückbaukonzept /U 2/ entnommen.

Es wird bei den Gründungen eine Flachgründungen über Einzelfundamente empfohlen.

3.2 Flachgründung des Treppenturms und des Aufzugschachtes

Die geplante Gründungssohle des Aufzugschachtes liegt nach /U 2/ 2,7 m u. Bahnsteigoberkante und somit innerhalb des Festgesteins (Schicht 3).

Die geplante Gründungssohle des Treppenturms wird mit 0,8 m u. GOK angenommen und liegt somit voraussichtlich in der Schicht 3 (angewittertes bis unverwittertes Festgestein).

Es wird von einer Gründung über Einzelfundamenten ausgegangen. Zur Dimensionierung dieser ist der Bemessungswiderstand des Sohldrucks zu liefern. Aus geotechnischer Sicht kann dieser Variante für das vorgesehene Bauvorhaben zugestimmt werden.

Die Lastabtragung hat über das Festgestein (Schicht 3) zu erfolgen. Die Hangendgrenze dieses Horizontes liegt auf einer Höhe zwischen 156,0 m NHN bis 156,2 m NHN bzw. einer Tiefe von 0,5 m u. GOK bis 1,0 m u. GOK.

Detaillierte Planunterlagen liegen zum Zeitpunkt der Berichterstattung nicht vor. Für die Bewertung wurden folgende Annahmen getroffen.

- Plattenabmessung: $a \times b = 2,0 - 3,0 \times 2,0 - 3,5 \text{ m}$
- Gründungssohle: 2,7 m u. GOK (Aufzug)
0,8 m u. GOK (Treppenturm)
- Belastung: $\sigma_{E,k} \approx 250 \text{ kN/m}^2$

Diese Annahmen sind planseitig zu verifizieren. Bei Abweichungen sind die nachfolgenden Empfehlungen seitens des Aufstellers zu überprüfen und ggf. zu korrigieren.

Ausgehend von den planmäßigen Gründungssohlen ergeben sich keine Differenz zur empfohlenen Gründungsebene. Sofern in der Gründungssohle Böden aufgeschlossen werden, welche nicht der o. g. Definition (Festgestein) entsprechen, ist die Differenzhöhe über einen Bodenaustausch zu überbrücken. Hierfür ist Magerbeton der Mindestgüte C 12/15 unter dem Fundamentkörper bis in die tragfähigen Böden der Schicht 3 zu führen. Der Bodenaustausch sollte möglichst senkrecht unterhalb des Fundamentkörpers ausgeführt werden. Der Magerbeton ist sukzessive mit dem Aushub einzubringen um die Kurzzeitstabilität der Grube nicht zu gefährden.

Für die Bemessung der Fundamentkörper (Einzel-/Streifenfundamente) kann nach DIN 1054 ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} \leq 500 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Bei Einhaltung dieses Wertes ist mit bauwerksverträglichen Verformungen zu rechnen. Eine

ausreichende Sicherheit gegenüber Grundbruch ist bei einer frostsicheren Mindesteinbindetiefe von 0,8 m u. GOK gegeben.

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.

Es wird darauf hingewiesen, dass im Jahr 2023 der ehemalige Aufzugschacht zu einem Posttunnel auf Bahnsteig 3 mit Magerbeton verfüllt wurde. Dieser Bereich sollte nicht für die Neugründung herangezogen werden.

3.3 Herstellung des Gerüstes zur Abstützung des Südsteigs

Während des segmentweisen Rückbaus des Südsteigs sollen, wie in Abbildung 6 ersichtlich, Gerüste zur Sicherung der Segmente 4 & 5 unter dem Südsteig auf den Bahnsteigen 1 und 2 errichtet werden.

Aus geotechnischer Sicht ist aufgrund der stark unterschiedlichen Auflager des Gerüstes (locker gelagerte Auffüllung) und der bestehenden Stütze des Steigs (Festgestein) davon auszugehen, dass kaum Lasten über das Gerüst abgetragen werden. Entsprechende Einschätzung ist nach Vorlage der statischen Berechnungen zu prüfen und ggf. zu konkretisieren. Es wird empfohlen unterhalb des Gerüstes eine lastausbreitende Platte (Baggermatratze o. ä.) einzuplanen um etwaige Lasten zu verteilen.

3.4 Herstellung des Kranstellplatzes im Bereich Distelbeck

Während des segmentweisen Rückbaus des Südsteigs soll, wie in Abbildung 6 ersichtlich, ein Kran im Bereich der Straße Distelbeck aufgestellt werden, welcher die Segmente 1 & 2 anheben und entfernen soll. Dafür ist laut Aussage des Planers eine Auslegerlänge von 12 – 60 m für das Anheben von Lasten notwendig.

Ausgehend von den Erkundungen im Straßenbereich ist mit einem Übergang in das Festgestein von 2 m unterhalb der Straßenoberfläche (~165,5 – 166,5 m NHN) zu rechnen. Aus geotechnischer Sicht sollten die Lasten, welche über die Kranpratzen anfallen, direkt in das (verwitterte) Festgestein abgeleitet werden. Es wird empfohlen eine entsprechende Tieferführung der Lasten über Magerbeton (Kapitel 3.2) oder einen Bodenaustausch bis in die genannte Schicht zu gewährleisten.

Als Alternative zum Magerbeton kann der Bodenaustausch aus gebrochenem Natursteinmaterial hergestellt werden. Hierfür eignet sich FSS-Material nach ZTV SoB-StB 20 der Körnung 0/32 bis 0/45. Der Bodenaustausch ist lagenweise in einer maximalen Lagenstärke von $d = 0,3$ m einzubauen und zu verdichten. Es wird Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100$ % gefordert. Die Verdichtungsnachweise zu erbringen.

Das Bodenpolster ist mit einem seitlichem Überstand einzubauen. Der Überstand des Polsters muss die Projektion der Fundamente allseitig um das Maß Höhe des Polsters durch $\tan 50^\circ$ überschreiten, um den angenommen Druckausbreitungsbereich der Fundamentkörper von 50° abzudecken.

Für das Gründungspolster können folgende Bodenrechenwerte zum Ansatz gebracht werden:

- | | |
|------------------------------|---|
| • Wirksamer Reibungswinkel | $\text{cal } \varphi' = 35^\circ$ |
| • Wirksame Kohäsion | $\text{cal } c' = 0 \text{ kN/m}^2$ |
| • Wichte des feuchten Bodens | $\text{cal } \gamma = 22 \text{ kN/m}^3$ |
| • Wichte unter Auftrieb | $\text{cal } \gamma' = 12 \text{ kN/m}^3$ |
| • Steifemodul | $E_s = 80 \text{ MN/m}^2$ |

Alternativ zum gebrochenen Natursteinmaterial kann auch entsprechend zertifiziertes und gleichwertiges Recycling Material unter Berücksichtigung abfall- und wasserrechtlicher Auflagen eingebracht werden.

Aufgrund der Nähe zur Stützwand, die den Geländesprung zum Hauptbahnhof abstützt, wird die Einhaltung eines Mindestabstands/Mindesteinbindetiefe der Pratten zur Stützwand empfohlen, um eine Lastübertragung in die Stützwand zu verhindern und somit etwaige Nachweise der Stützwand zu vermeiden.

Die Ermittlung des Mindestabstands bzw. Mindestdtiefe der Lasteintragung kann anhand nachstehender Skizze erfolgen:

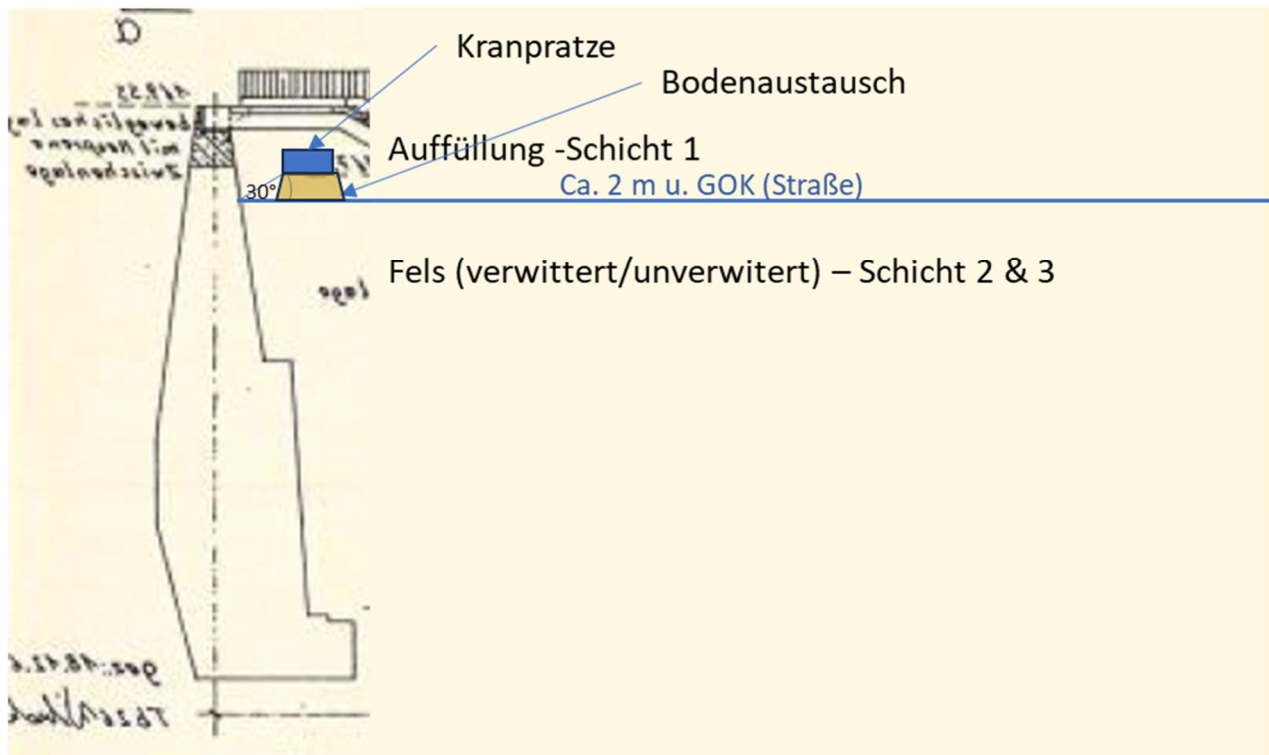


Abbildung 7: Skizze des Abstands Kranpratze zu Stützwand

Solange unter Beachtung des 30° Winkels die Last einzig in den Fels geleitet werden, kann aus geotechnischer Sicht auf den Nachweis der Stützwand verzichtet werden.

Bei der Tieferführung der Lasten mittels Magerbeton bis in den verwitterten Fels (Schicht 2/3) kann auf das 30° Kriterium verzichtet werden.

Bei der Herstellung mittels Bodenaustausch ist entsprechend das obenstehende Kriterium anzuwenden und die Tiefe entsprechend des erforderlichen Abstands der Kranpratze zur Wand zu berechnen.

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.

3.5 Baugrubensicherung

Für Eingriffe ins Erdreich können nicht verbaute Baugruben bis 1,25 m Tiefe ohne besondere Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden. Die Einhaltung der DIN 4124 ist zu gewährleisten. 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:

- Schicht 1 $\beta \leq 45^\circ$
- Schicht 2 (Straße) $\beta \leq 45$
- Schicht 2 (Bhstg.) $\beta \leq 60$
- Schicht 3 $\beta \leq 80^\circ$

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.

Es ist zu erwarten, dass es nach unterschiedlichen Niederschlagsereignissen zur Schicht- und Stauwasserbildung (auch zeitverzögert) kommt. Dieses Wasser kann aus den Böschungen austreten und lokal zu Böschungsbrüchen führen. Wir empfehlen durch diese Erscheinung beschädigte Böschungsbereiche scheibenförmig auszuheben und am Fußpunkt durch grobkörniges Material der Fraktion $\geq 0/80$ bis $\leq 0/120$ in einer Stärke von ≥ 50 cm zu ersetzen.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Planung und der erkundeten Baugrundverhältnisse ist eine konventionelle Baugrubensicherung über freie Böschungen im Bahnsteigbereich möglich.

Im Bereich der Kranaufstellfläche (Straße) ist aus geotechnischer Sicht ebenfalls eine konventionelle Baugrubensicherung möglich.

Alternativ kann die Sicherung im Bahnsteigbereich über konstruktive Elemente vorgenommen werden. Die Sicherung sollte vorzugsweise über eine Aussteifung der Baugrube oberhalb des unverwitterten Felses vorgenommen werden. Hierfür eignen sich bspw. Grabenverbauten mit Holzbohlen nach DIN 4124.

3.6 Wasserhaltung

Unter Berücksichtigung der erkundeten Grundwasserverhältnisse und der angenommenen/vorgegebenen Aushubtiefe 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.

Aus den Böschungen anfallendes Schichtwasser, welches nach unterschiedlichen Niederschlagsereignissen aus den Trennflächen des Festgesteins verstärkt auftreten kann, ist über Baudränagen oder Gräben zu fassen und aus dem Tätigkeitsbereich abzuleiten.

3.7 Bauwerksabdichtung

Unter Berücksichtigung des genannten Bemessungswasserstandes und der vorliegenden Unterlagen empfehlen wir für das Abdichtungskonzept nach DIN 18533-1:2017-07 die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E – mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe festzulegen.

3.8 Arbeitsraumverfüllung

Wir empfehlen die Hinterfüllung des Bauwerks nach ZTV E-StB herzustellen. Für den Hinterfüllbereich sind folgende Böden zulässig:

- 1) Grobkörnige Böden der Gruppen SW, SI, SE, GW, GI, GE
- 2) Gemischtkörnige Böden der Gruppen SU, ST, GU, GT
- 3) Gemischtkörnige Böden der Gruppen SU*, ST*, GU*, GT* und feinkörnige Böden der Gruppen TL, TM, UM, UL in Verbindung mit einer qualifizierten Bodenverbesserung.
- 4) Bodenmaterial und Baustoffe nach TL BuB E-StB sofern sie die unter 1) bis 2) genannten Kornverteilungskurven einhalten.

Für Straßen der Belastungsklasse \geq Bk 10 sollten vorzugsweise grobkörnige Böden der Gruppe SW, SI, GW, GI zum Einsatz kommen. Ein typisches Beispiel einer Straße der Belastungsklasse Bk 10 sind Hauptgeschäftsstraßen/Verbindungsstraßen.

Es wird ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ gefordert.

3.9 Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen

Im Vorfeld der Baumaßnahme sollte eine Beweissicherung der Nachbarbebauung durchgeführt werden. Die Leitungen Dritter sind mit dem Betreiber in einer Beweissicherung zu markieren und einzumessen (Gas, Fernwärme, Strom, Telefon usw.). Unter Umständen ist eine Umverlegung erforderlich.

Bezüglich des Eintragens von Vibrationen wird auf die DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ verwiesen. Im Teil 3 der v. g. DIN wird unter anderem auch auf die erforderlichen Mindestabstände zwischen Erschütterungsquelle und baulichen Anlagen eingegangen.

Als bahnseitige Schutzmaßnahme empfehlen wir, die Gleise während der Bauarbeiten visuell und messtechnisch zu überwachen und eine Langsamfahrstelle einzurichten.

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

3.10 Bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubmassen

Die beim Aushub anfallenden Böden bestehen aus grob- bis gemischtkörnigen Auffüllungen und Verwitterungsprodukten des Festgesteins (gemischtkörnig/bindig).

Tabelle 11: Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Schicht	Bodenart	Wiederverwendbarkeit / Bemerkung
1	[GI, SE, SU, GU]	Diese Böden können bei entsprechender Separierung von den übrigen Bodenschichten für den Erdbau mit Verdichtungsanforderungen unter der Voraussetzung der Anwendung geeigneter und auf die gewählte Schüttlagendicke abgestimmte Verdichtungstechnologie wiederverwendet werden. In Abhängigkeit der Witterung und des damit verbundenen Wassergehalts der Bodenmassen können vorbereitende Maßnahmen zur Einstellung des optimalen Wassergehaltes erforderlich werden. Sollten die Massen Wiederverwendung finden sind sie vor der Witterung zu schützen.
1 & 2	A, [GU*, SU*], GU*, UL, TL	Diese Böden, sind nur unter Berücksichtigung geeigneter Zusatzmaßnahmen (z. B. qualifizierte Bodenverbesserung) für eine Wiederverwendung geeignet. Ohne Zusatzmaßnahmen können die Böden aus geotechnischer Sicht nur in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit 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 unbedingt zu berücksichtigen.

Die durchgeführten umweltanalytischen Laborergebnisse werden in einem separaten abfalltechnischen Bericht dargestellt.

3.11 Bautechnische Hinweise zur Bauausführung

- Eine erforderliche frostfreie Gründungstiefe (Abstand von UK Fundament zu der dem Frost ausgesetzten Oberfläche) ist mit mind. $t \geq 0,8$ m zu gewährleisten.
- Etwaige Bodenpolster für die Kranstellplätze sind mit einem seitlichem Überstand einzubauen. Der Überstand des Polsters muss die Projektion der Fundamente allseitig um das Maß Höhe des Polsters durch $\tan 50^\circ$ überschreiten, um den angenommen Druckausbreitungsbereich der Fundamentkörper von 50° abzudecken.
- Für das Gründungspolster eignet sich FSS-Material nach ZTV SoB-StB 20 der Körnung 0/32 bis 0/45. Das Gründungspolster ist so einzubauen, dass es im verdichteten Zustand einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100$ % aufweist. Die Gründungspolster sind fachgerecht einzubauen und zu verdichten. Das Bodenpolster ist lagenweise in einer maximalen Stärke von $d \leq 0,3$ m einzubauen und zu verdichten. Die Verdichtungsarbeiten sind so durchzuführen, dass die unterlagernden Böden nicht in ihrer Tragfähigkeit herabgesetzt werden. Die Aushubsohlen sind von einem fachkundigen Geotechniker abnehmen zu lassen.
- Nach dem Entfernen von Baugrubenverbauen sind aufgelockerte Bereiche nachzuverdichten.
- Auf eine ordnungsgemäße Tagwasserhaltung nach DIN 18 299, Teil 4 wird hingewiesen.
- Die Fundamentsohlen des Bauwerkes sind bei einer Flachgründung von einem fachkundigen Geotechniker abnehmen zu lassen.
- Das Planum ist profilgerecht, eben und tragfähig zu erstellen.
- Aufgrund des in allen Baubereichen oberflächlich anstehenden Festgesteins ist mit Blick auf die geplanten Gründungen besonders im Bahnsteigbereich mit erhöhtem Aufwand bei der Baugrubenherstellung durch Stemmarbeiten zu rechnen. Der Ausgleich von Unebenheiten in der Sohle ist durch Magerbeton zu gewährleisten.

4 Bausubstanzuntersuchung Stützwand

Die Aufschlussarbeiten im Bereich der Stützwand wurden durch die DB InfraGO AG in Auftrag gegeben und in der Nacht vom 22.08.2024 auf den 23.02.2024 durchgeführt. Es wurden Kernbohrungen horizontal in die Stützwand und schräg in das Fundament durchgeführt. Insgesamt wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 3 Kernbohrungen (horizontal, schräg)
- 4 Druckfestigkeitsprüfungen

4.1 Ausgeführte Kernbohrungen

Insgesamt wurden 3 Kernbohrungen ausgeführt. Alle Bohrungen konnten bis zum Bauteilende durchgeführt werden. Eine Übersicht der ausgeführten Bohrungen ist nachfolgend gegeben.

Tabelle 12: Ausgeführte Kernbohrungen

Bohrung (-)	Ansatzpunkt (m ü. GOK)	Bohrtiefe (m)	Bauteildicke in Bohrachse (m)
KB H1	0,40	4,5	3,75 (danach 0,75 m Festgestein)
KB H2	2,00	3,3	2,00
KB H3 (schräg, 40°)	0,40	2,6	2,35 (danach 0,25 m Festgestein)

4.2 Bauteilaufbau- und Stärke

Mit den Kernbohrungen wurden unterschiedliche Baustoffe erkundet. Fotos der Bohrkerns können der Anlage 6 entnommen werden. Eine Beschreibung der Bohrkerns ist nachfolgend gegeben:

Tabelle 13: Erbohrter Schichtenaufbau

Prüfbereich	Bohrung	Abschnitt (m ab Bohr- ansatz)	Schichtenaufbau / visuelle Begutachtung	Bohrende
Wand	KB H1	0,00 - ~3,75	Mauerwerk, Naturstein mehrfach gebrochen, bereichsweise viel Mörtel	gebrochen

Prüfbereich	Bohrung	Abschnitt (m ab Bohr- ansatz)	Schichtenaufbau / visuelle Begutachtung	Bohrende
		~3,75 - 4,50	Fels (Tonstein)	
Wand	KB H2	0,00 - 3,30	Mauerwerk, Naturstein, bereichsweise viel Mörtel, mehrfach gebrochen	gerade
Fundament	KB H3	0,00 - 1,00	Mauerwerk, Naturstein, mehrfach gebrochen	-
		1,00 - 2,35	Fundament, Beton	
		2,35 - 2,60	Fels (Tonstein)	gebrochen

4.3 Abschätzung der Bauteilabmessungen - Geometrie

Zur Abschätzung der Bauteilgeometrie, wurden die Querschnitte aus dem Bauwerksbuch zugrunde gelegt und mit den ausgeführten Kernbohrungen verglichen. Eine grafische Darstellung dazu findet sich in Anlage 3.

4.3.1 Bauteildicke Wand

Die Stützwand wurde mit den Bohrungen H1 und H2 durchbohrt.

Mit der Bohrung H1 wurde Mauerwerk aus Naturstein erbohrt. Etwa ab einer Tiefe von 3,7 m wurde der Übergang in den anstehenden Tonstein erkundet. Aufgrund der gebrochenen Bohrkerne war eine zweifelsfreie Unterscheidung des Mauerwerks und des Festgesteins nicht eindeutig möglich. Der Querschnitt aus dem Bauwerksbuch lässt eine Mächtigkeit in dieser Tiefe von 3,6 m erahnen. Diese Dicke konnte daher überschlägig bestätigt werden. Im Bereich von H2 ist laut Bauwerksbuch eine größere Mächtigkeit der Stützwand zu erwarten. Laut Bohrmeisterangaben wurde das Bauteil bei 3,3 m bereits durchbohrt.

4.3.2 Gründungssohle Stützwand

Die Schrägbohrung H3 in das Fundament zur Ermittlung der Gründungssohle konnte bis zum Bauteilende durchgeführt werden. Aus dem Bauwerksbuch geht eine von etwa 1,1 m u. GOK hervor.

Die Gründungssohle der Stützwand wurde nach 2,35 m in einem Winkel von 40° zur Horizontalen durchbohrt. Dies würde einer Gründungssohle von etwa 0,8 m u. GOK entsprechen

4.4 Abschätzung der Druckfestigkeit

Es wurden zusätzlich Druckfestigkeiten an dem erbohrten Naturstein durchgeführt. Die dazugehörigen Prüfberichte können der Anlage 7 entnommen werden.

Tabelle 14: Einaxialer Druckversuch an Bohrkernen aus Naturstein

Bohrung/Probe	Entnahmetiefe (m)	Prüfmaße Ø:h (cm)	Rohdichte (g/cm³)	Druckfestigkeit (N/mm²)
H1 -1	0,00 - 0,21	9,4:16,7	2,68	60,8
H1 - 4b	1,26 - 1,48	9,4:16,8	2,66	37,4
H2-1	0,00 - 0,24	9,4:17,1	2,74	75,4
H3-3	0,75 - 1,00	9,4:14,6	2,52	40,6
Min.			2,52	37,4
Max.			2,74	75,4
Mittelwert			2,65	53,6

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den Untersuchungen um punktförmige Aufschlüsse in einem Teil der Stützwand handelt und daher Abweichungen von den dargestellten Verhältnissen (Geometrie und Druckfestigkeit) zu erwarten sind.

5 Homogenbereiche

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 die Gewerke:

- Erdarbeiten (DIN 18300)

eingeteilt.

Eine Übersicht der zugeordneten Homogenbereiche gemäß den eingeteilten Baugrundsichten ist in nachstehender Tabelle dargestellt.

Tabelle 15: Übersicht der abgegrenzten Homogenbereiche

Schicht	Gewerk
	Erdarbeiten
1	ERD A
2	ERD B
3	ERD C

Die Einteilung in Homogenbereiche muss mit fortschreitender Planung überprüft und ggf. fortgeschrieben werden.

Abweichungen von den gegebenen Spannen in untergeordneten Teilbereichen einzelner Homogenbereiche können nicht ausgeschlossen werden.

5.1 Gewerk Erdarbeiten gemäß DIN 18300 (ERD)

Orientierende abfalltechnische Untersuchungen sind nicht Bestandteil dieses Geotechnischen Berichts.

Eine Einteilung in Homogenbereiche erfolgt ohne Berücksichtigung umweltrelevanter Inhaltsstoffe.

Im Rahmen der Bauausführung sind die Ergebnisse der Deklarationsanalytik zu beachten.

5.1.1 Homogenbereich ERD A

Zum Homogenbereich ERD A werden die erkundeten Auffüllungen zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle sind für den abgegrenzten Homogenbereich die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 16: Homogenbereich ERD A

		Erfahrungswerte	
		von	bis
Korngrößenverteilung	T/U [%]	0	40
	S [%]	45	85
	G [%]	30	65
Massenanteil Steine	X [%]	0	30
Massenanteil Blöcke	Y [%]	0	5
Masseanteil große Blöcke	Z [%]	0	0
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	ρ [t/m³]	1,6	2,3
undräßierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2)	c_u [kN/m²]	--	--
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	w_N [%]	3	25
Plastizitätszahl (DIN 18122-1)	I_P [%]	--	--
Konsistenzzahl (DIN 18122-1)	I_c [-]	--	--
Konsistenz (DIN EN ISO 14688-1)	[-]	--	--
bez. Lagerungsdichte (DIN EN ISO 14688-2)	[-]	locker	mitteldicht
	I_D [%]	0,15	0,65
organischer Anteil (DIN 18128)	V_{gl} [%]	0	6
ortsübliche Bezeichnung		Auffüllungen	
Bodengruppen (DIN 18196)		A, [GI, SE, SU, GU, GU*, SU*]	

5.1.2 Homogenbereich ERD B

Zum Homogenbereich ERD B werden die erkundeten zersetzten Felspartien zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle sind für den abgegrenzten Homogenbereich die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 17: Homogenbereich ERD B

		Erfahrungswerte	
		von	bis
Korngrößenverteilung	T/U [%]	15	95
	S [%]	5	50
	G [%]	0	60
Massenanteil Steine	X [%]	0	15
Massenanteil Blöcke	Y [%]	0	10
Masseanteil große Blöcke	Z [%]	0	5
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	ρ [t/m³]	1,9	2,3
undräßierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2)	c_u [kN/m²]	25	85
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	w_N [%]	14	55
Plastizitätszahl (DIN 18122-1)	I_P [%]	7	16
Konsistenzzahl (DIN 18122-1)	I_c [-]	0,5	1,0
Konsistenz (DIN EN ISO 14688-1)	[-]	weich	steif
bez. Lagerungsdichte (DIN EN ISO 14688-2)	[-]	mitteldicht	
	I_D [%]	0,35	0,65
organischer Anteil (DIN 18128)	V_{gl} [%]	--	--
ortsübliche Bezeichnung		Zersetzter Fels	
Bodengruppen (DIN 18196)		TL, GU*, UL	

5.1.3 Homogenbereich ERD C

Zum Homogenbereich ERD C wird das indirekt erkundete Festgestein zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle sind für den abgegrenzten Homogenbereich die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 18: Homogenbereich ERD C

		Erfahrungswerte	
		von	bis
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	[-]	genetische Einheit (a): sedimentär	
		geologische Struktur (b): geschichtet *	
		Korngröße (c): feinkörnig *	
		mineralogische Zusammensetzung (d): Tonminerale*	
		Poren- und Hohlraumanteil (e): n. b.	
Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	[-]	Verwitterung und Veränderung: Stufe 1 - 3	
		Veränderlichkeit: n. b.	
einaxiale Druckfestigkeit nach DIN 18141-1	[MN/m²]	5 - 50	
Trennflächenrichtung, -abstand und Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	[-]	Trennflächenrichtung: n. b.	
		Trennflächenabstand [mm] (Schichtabstand): n. b.	
		Trennflächenabstand [mm] (Schieferflächenabstand): n. b.	
		Gesteinskörperform: n. b.	
		Gesteinskörperabstände [mm]: n. b.	
Dichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	ρ [t/m³]	2,45 - 2,7	
ortsübliche Bezeichnung		Tonstein	

* Aus Erfahrungswerten abgeleitet, da Fels nicht direkt erkundet/kartiert

6 Schlussbemerkungen und Hinweise

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die geplante Maßnahme zum barrierefreien Ausbau des Bahnsteigs 3 sowie des Rückbaus des Südsteigs am Wuppertaler Hbf. dargestellt.

Die Baumaßnahme ist in die geotechnischen Kategorie GK 2 einzustufen.

Die Maßnahme und die örtlichen Verhältnisse, sowie die Ergebnisse der Baugrund- und Laboruntersuchungen werden in Kapitel 2 behandelt. Ferner werden in diesem Kapitel gegebene Randbedingungen wie Hydrogeologie, Tektonik, Frostzone, Gefährdungspotenziale, Versickerungsfähigkeit, Kampfmittelfreiheit und Rammbarkeit behandelt.

Die resultierenden bautechnischen Empfehlungen wie z. B. Gründung, Baugrubensicherung, Wasserhaltung etc. sind dem Kapitel 3 zu entnehmen. Die Auswertung der Bausubstanzerkundungen ist in Kapitel 4 beschrieben. Eine Einteilung der Böden in Homogenbereiche mit den entsprechenden Parametern findet sich in Abschnitt 5.

Unter Berücksichtigung der im vorliegenden Bericht aufgeführten Punkte, Hinweise und Empfehlungen ist eine Flachgründung möglich. Die Aushubmassen eignen sich aus geotechnischer Sicht zum Teil ohne und zum Teil nur unter Berücksichtigung von Mehraufwand für eine Wiederverwertung.

Die punktförmig durchgeführten Bodenuntersuchungen geben einen Überblick über die vorhandenen Untergrundverhältnisse, sie schließen jedoch Abweichungen in Teilbereichen nicht aus. Sollten sich Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen herausstellen oder gründungsrelevante Planänderungen durchgeführt werden, ist der vorliegende Bericht zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Unsere beauftragten Leistungen für dieses Teilobjekt sind hiermit abgeschlossen.

aufgestellt durch:

Duisburg, den 22.10.2024

DB Engineering & Consulting GmbH