

Geotechnischer Bericht

U-W001595

Köln-Nippes AW, St. Sonderw. 10kV

Neubau einer Transformatorstation

LP 2

DB Energie GmbH
Projektmanagement Köln, I.ETP 13
Schwarzer Weg 100, 51149 Köln

DB Engineering & Consulting GmbH

I.TV-W-U-T

Königsberger Allee 28

47058 Duisburg

05.06.2025

Prüf- und Freigabezeichnung für die aktuell gültige Version

	Erstellt	Fachgeprüft
Ort, Datum	Duisburg, 05.06.2025	Duisburg, 05.06.2025
Name	i. A. Martin Düpmeier Umwelt- & Geoservices, I.TV-W-U-T Digital signiert von Düpmeier, Martin Datum: 25-06-05 Martin Düpmeier, M. Sc.	Digital signiert von Iwanowitsch, Michael Datum: 2025.06.05 13:44:20 +02'00' Michael Iwanowitsch, M. Sc.
Organisation / Funktion	I.TV-W-U-T 2/ Projektingenieur	I.TV-W-U-T 2/ Projektingenieur

Versionen

Version	Datum	Autor	Änderungen
01	05.06.2025	Martin Düpmeier	Erstversion

Inhaltsverzeichnis

1.1	Unterlagen	7
1.2	Vorgang / Aufgabenstellung	8
1.3	Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	8
2	**Darstellung / Bewertung der Untersuchungsergebnisse**	**10**
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	10
2.2	Beschreibung der geplanten Baumaßnahme	12
2.3	Geologie	13
2.4	Baugrundverhältnisse – Baugrundmodell	13
2.5	Bodenrechenwerte	15
2.6	Hydrogeologische / wasserwirtschaftliche Verhältnisse	16
2.7	Erdbebeneinwirkung und Frosteinwirkzone	16
2.8	Altbergbau / Gefährdungspotenziale	17
2.9	Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	17
2.10	Kampfmittel	17
3	**Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen**	**18**
3.1	Allgemeines	18
3.2	Flachgründung – elastisch gebettete Bodenplatte	18
3.3	Baugrubensicherung	21
3.4	Wasserhaltung	22
3.5	Bauwerksabdichtung	22
3.6	Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen	22
3.7	Bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubmassen	23
3.8	Bautechnische Hinweise zur Bauausführung	23
4	**Homogenbereiche**	**25**
4.1	Gewerk Erdarbeiten gemäß DIN 18300 (ERD)	26
4.1.1	Homogenbereich ERD 1.1	26
4.1.2	Homogenbereich ERD 1.2	27
5	**Schlussbemerkungen und Hinweise**	**28**

Tabellen	Seite 4

Tabelle 1: Beschreibung und Eigenschaften der gemischtkörnigen Auffüllung 14

Tabelle 2: Beschreibung und Eigenschaften der bindigen Hochflutablagerungen 14

Tabelle 3: Beschreibung und Eigenschaften der nicht-bindigen fluviatilen Sedimente (Niederterrasse) 15

Tabelle 4: Charakteristische Rechenwerte aus Erfahrungen 15

Tabelle 5: Durchlässigkeitsbeiwerte und empfohlener Korrekturfaktor 17

Tabelle 6: Ergebnisse der Setzungsberechnungen 20

Tabelle 7: Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen 23

Tabelle 8: Übersicht der abgegrenzten Homogenbereiche 25

Tabelle 9: Homogenbereich ERD 1.1 26

Tabelle 10: Homogenbereich ERD 1.2 27

Abbildungen	Seite 5

Abbildung 1: Auszug aus www.tim-online.nrw.de mit Markierung der geplanten Maßnahme 10

Abbildung 2: Luftbild des Projektareals mit Gleisanlagen. Stand: 1993. 11

Abbildung 3: Luftbild des Projektareals nach Rückbau der Gleisanlagen. Stand: 1998 11

Abbildung 4: Schnittansichten des geplanten Bauwerks /U 3/. 12

Abbildung 5: Auszug aus der geologischen Karte für das Untersuchungsgebiet /U 7/. asl/ðg$_3$: Kies mit einer Decke von Sand und Lehm (im Stadtgebiet), ungegliedert 13

Anlagen	Seite 6

Anlage 1 **Abkürzungsverzeichnis**
Anlage 2 **Aufschlusslageplan**
Anlage 3 **Bohr- und Sondierprofile**
Anlage 4 **Bodenmechanische Laborversuche**
Anlage 5 **Nachweise und Berechnung**
Anlage 6 **Fotodokumentation**

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. A455180

/U 2/ Detaillageplan des Bauvorhabens, Stand: 11.10.2024

/U 3/ Grundriss und Schnitte des Bauvorhabens, Stand: 10.02.2025

/U 4/ Betonböden für Produktions- und Lagerhallen, Gottfried Lohmeyer & Karsten Ebeling, Verlag Bau+Technik, 4. Auflage 2006.

/U 5/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der DB Engineering & Consulting GmbH, März und April 2025.

/U 6/ Laborergebnisse der DB E&C, 12.05.2025.

/U 7/ Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt 5007, Maßstab 1: 25.000, Herausgeber: Preußische Geologische Landesanstalt, 1926.

/U 8/ Internetseite des Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz NRW (Stand: 03/2025):

http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/map/index.jsf

/U 9/ GFZ Potsdam, Zuordnung von Orten zu Erdbebenzonen (Stand: 03/2025): http://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage/

/U 10/ 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: 03/2025

/U 11/ Geologischer Dienst Nordrhein Westfalen –Landesbetrieb- , Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW, https://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/, Bezirksregierung Arnsberg (Stand: 03/2025)

/U 12/ Historische Digitale Orthophotos, Bezirksregierung Köln, https://www.bezreg-koeln.nrw.de/geobasis-nrw/produkte-und-dienste/luftbild-und-satellitenbildinformationen/historische-luftbild-1, Stand: 06/2025

/U 13/ Schreiben der Bezirksregierung Düsseldorf vom 05.05.2014 zur Kampfmittelabfrage

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Die DB Energie GmbH plant, auf einem Gelände an der Werkstattstr. 104 in Köln-Nippes, eine neue Transformatorstation zu errichten.

Die DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt- und Geoservice wurde von der DB Energie GmbH 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 im März und April 2025 durchgeführt. Zur Erkundung des vorhandenen Baugrundes und Entnahme von gestörten Bodenproben wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 2 Kleinrammbohrungen (KRB)
- 4 schwere Rammsondierungen (DPH)

Die geplante Aufschlusstiefe von 10 m konnte mit den Kleinrammbohrungen nicht erreicht werden, da bereits in geringerer Tiefe kein weiterer Bohrfortschritt mehr möglich war. Mit KRB 1 wurde eine Endteufe von 6,00 m und mit KRB 2 eine Endteufe von 5,80 m erreicht.

Mit DPH 3 wurde der Untergrund bis zur Geräteauslastung bei 8,30 m erkundet. Mit DPH 1, 2 und 4 wurde bis zur maximalen Endteufe der KRB von 6,00 m erkundet.

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

Als Festpunkt für das Nivellement wurde ein Schachtdeckel südlich des geplanten Standorts der Transformatorstation herangezogen. Die Lage des Festpunktes geht aus der Anlage 2 hervor. Für diesen Schachtdeckel liegen keine genauen Angaben zur Höhenlage in m NHN vor, daher wird die über TIM-online für diesen Standort abrufbare Höhenangabe von 48,9 m NHN als Kote für die Schichtprofile festgelegt. Im weiteren Projektverlauf ist diese Annahme zu verifizieren.

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.

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

Im Einzelnen wurden ausgeführt:

- 1 x Nasssiebung nach DIN EN ISO 17892-4

Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchung ist in Anlage 4 abgelegt.

2 Darstellung / Bewertung der Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Das Projektareal befindet sich auf dem Gelände der Integrationswerkstatt der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH an der Werkstattstr. 104 in Köln-Nippes. Die Andienung erfolgt über das im Süden des Bestandsgebäudes befindliche Zugangstor. Die Vorflut bildet der (süd-)östlich in einem Abstand von ca. 2.2 km verlaufende Rhein.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt die ungefähre Lage des Bauvorhabens:

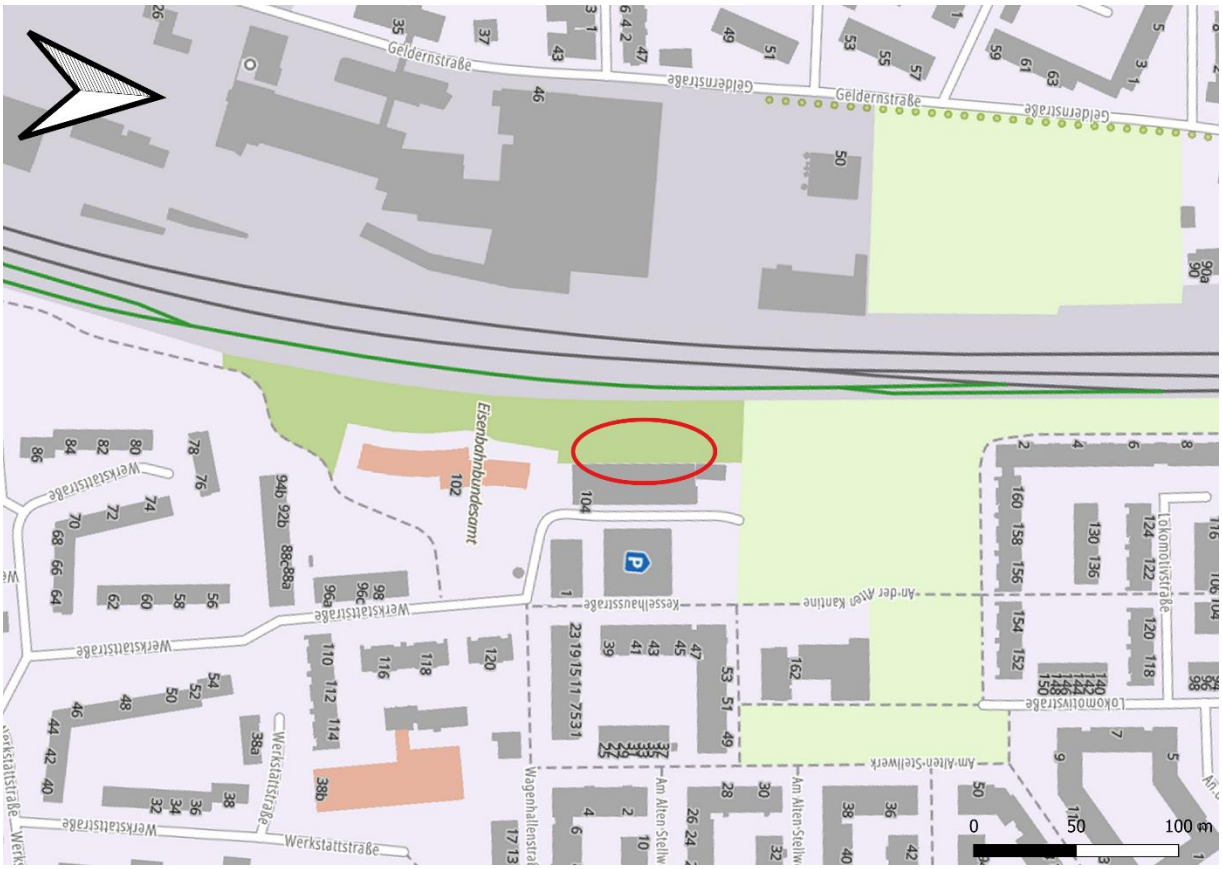


Abbildung 1: Auszug aus www.tim-online.nrw.de mit Markierung der geplanten Maßnahme

Unmittelbar östlich des Projektareals liegt Nachbarbebauung in Form der o.g. Integrationswerkstatt (unterkellert) vor. Südlich des Projektareals, in einem Abstand von ca. 50 m, befinden sich Bürogebäude des Eisenbahn-Bundesamtes.

Westlich des Projektareals verlaufen die Bahnstrecken 2620, 2610 und 2615 in Dammlage (Dammhöhe: ca. 5 m). Details zu den örtlichen Verhältnissen sind der Fotodokumentation in Anlage 6 zu entnehmen.

Aus historischen Luftbildern des Areals /U 12/ ist ersichtlich, dass sich im Bereich der geplanten Baumaßnahme bis ca. 1993 noch Gleisanlagen befanden, die zurückgebaut wurden. Im Projektareal ist dementsprechend mit Auffüllungen zu rechnen.



Abbildung 2: Luftbild des Projektareals mit Gleisanlagen. Stand: 1993.

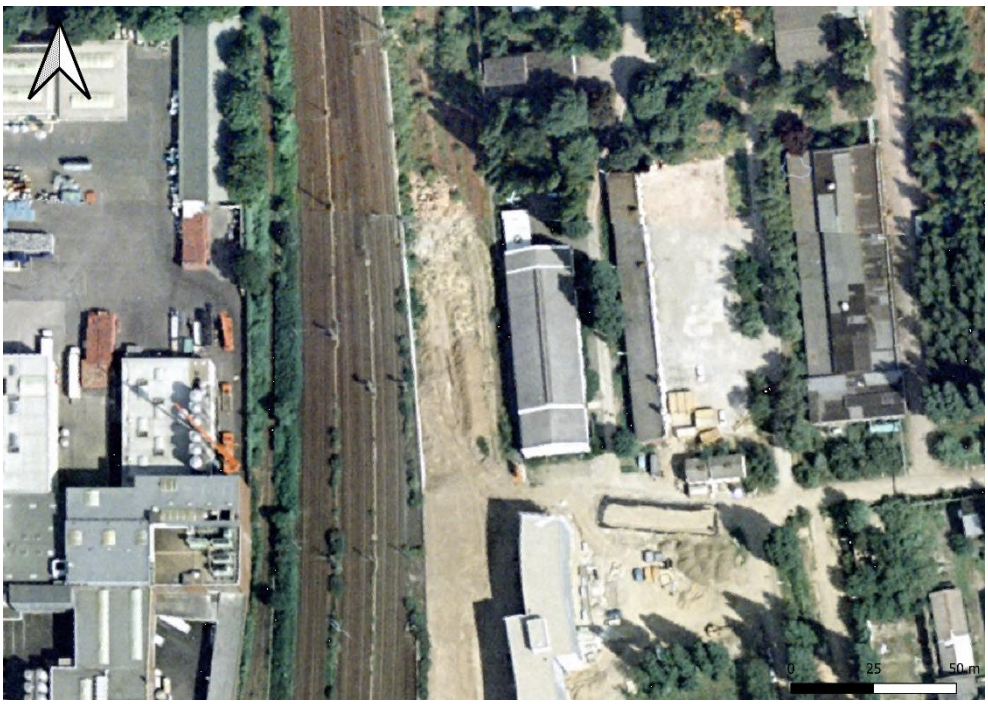


Abbildung 3: Luftbild des Projektareals nach Rückbau der Gleisanlagen. Stand: 1998

2.2 Beschreibung der geplanten Baumaßnahme

Die Transformatorstation ist gemäß den vorliegenden Planunterlagen als ein flach gegründetes, monolithisches Gebäude mit einer Länge von 7,18 m und einer Breite von 3,02 m geplant /U 3/. Die Gründung soll planmäßig über eine 12 cm dicke Bodenplatte auf einer 15 cm starken Ausgleichsschicht erfolgen. Es wird von einer Bodenplatte aus Normalbeton mit der Druckfestigkeitsklasse C35/45 ausgegangen. Dies entspricht dem seitens des Herstellers standardmäßig vorgesehenen Material für derartige Beton-Stationen. Die Einbindetiefe des Fundaments beträgt 0,75 m unter Geländeoberkante /U 3/. Gemäß Typenstatik wird für den Baugrund ein Bettungsmodul von mind. 20 MN/m³ und eine Bodenpressung von ≥ 50 kN/m² gefordert.

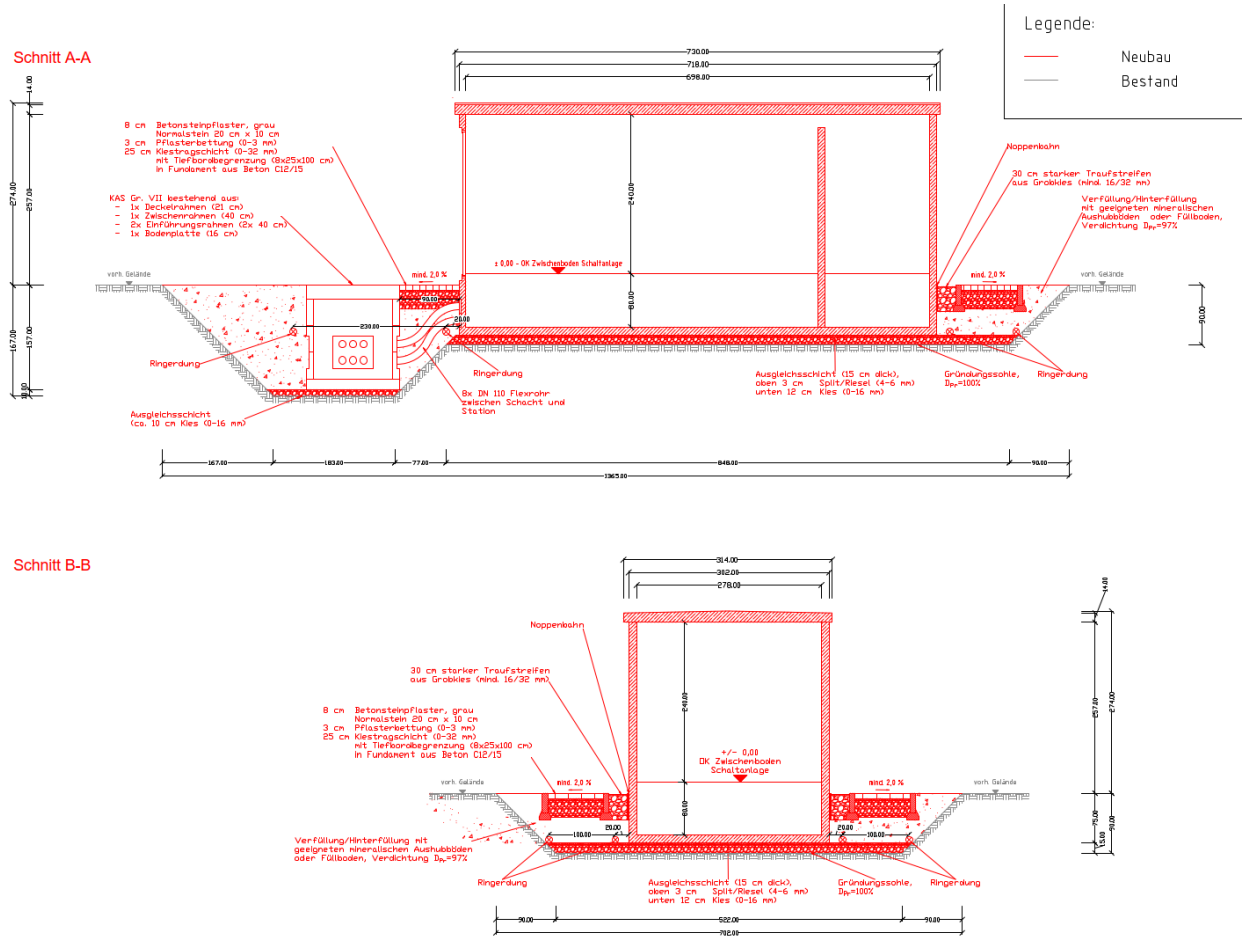


Abbildung 4: Schnittansichten des geplanten Bauwerks /U 3/.

2.3 Geologie

Der Untergrund im Projektareal besteht gemäß /U 7/ aus quartärem Kies der Niederterrasse, der von Hochflutablagerungen aus Sand und Lehm überlagert wird.

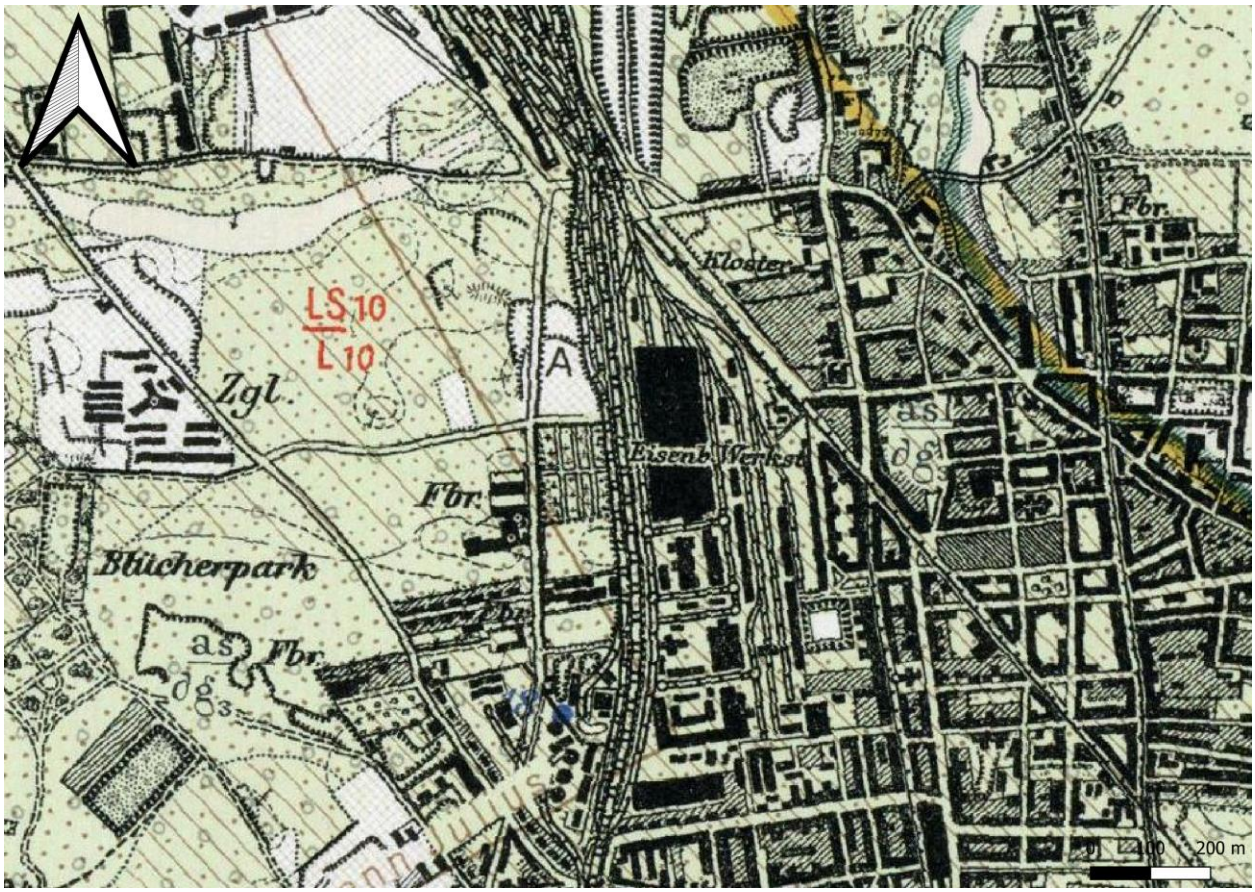


Abbildung 5: Auszug aus der geologischen Karte für das Untersuchungsgebiet /U 7/.
asl/ðg3: Kies mit einer Decke von Sand und Lehm (im Stadtgebiet), ungegliedert

Im oberflächennahen Bereich ist durch den Bau der angrenzenden Bahnanlagen und Gebäude, wie in Kapitel 2.1 bereits erwähnt, mit anthropogenen Auffüllungen zu rechnen. Durch den Einbau von zumeist lokal vorkommenden Böden ist jedoch eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen aufgefülltem und gewachsenem Boden nicht immer möglich.

2.4 Baugrundverhältnisse – 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.

Tabelle 1: Beschreibung und Eigenschaften der gemischtkörnigen Auffüllung

Schicht 1 – gemischtkörnige Auffüllung			
Zusammensetzung		Schotter mit Pflanzenresten; Sand, stark kiesig, mit Schotter; Schluff sandig, schwach tonig bis tonig, teils stark kiesig, Schotter	
Bodengruppe nach DIN 18196		[GE], [SW], [GW], [UL], [GU*], [TL]	
Schichtnummer	**Lagerungsdichte**	1.1	locker
Schichtnummer	**Konsistenz**	1.2	steif
Mächtigkeit		1,4 bis 4,0 m	
Liegendgrenze		1,4 bis 4,0 m unter GOK	
Farbe		braun, braun-rötlich, braun-grau, grau	
Vorkommen im Teilprojekt		im gesamten Teilprojekt	
Frostempfindlichkeit		F1: [GE], [SW], [GW] F3: [UL], [GU*], [TL]	
Besonderheiten		Im Bereich der gemischtkörnigen Auffüllungen sind größere Hindernisse (Steine, Blöcke) nicht gänzlich auszuschließen.	
		Im Bereich etwaiger Ver-/Entsorgungsleitungen und Baukörper können die Auffüllungen mächtiger ausfallen.	

Tabelle 2: Beschreibung und Eigenschaften der bindigen Hochflutablagerungen

Schicht 2 – bindige Hochflutablagerungen			
Zusammensetzung		Schluff, schwach sandig bis stark sandig, schwach tonig bis tonig,	
Bodengruppe nach DIN 18196		UL, SU*	
Schichtnummer	**Konsistenz**	2	steif bis halbfest
Mächtigkeit		1,1 m	
Liegendgrenze		2,5 m unter GOK	
Farbe		braun-rötlich	
Vorkommen im Teilprojekt		nur mit KRB 1 aufgeschlossen	
Frostempfindlichkeit		F3	
Besonderheiten		Boden kann aufgrund der geringen Plastizität bei Wasseraufnahme und/oder dynamischer Anregung mit einem Konsistenzverlust reagieren.	

Tabelle 3: Beschreibung und Eigenschaften der nicht-bindigen fluviatilen Sedimente (Niederterrasse)

Schicht 3 – nicht-bindige fluviatile Sedimente (Niederterrasse)			
Zusammensetzung		Sand, schwach kiesig bis stark kiesig, teils schwach schluffig; Kies, sandig bis stark sandig	
Bodengruppe nach DIN 18196		SU, SW, GW	
Schichtnummer	**Lagerungsdichte**	3.1	mitteldicht, mitteldicht bis dicht
Schichtnummer	**Lagerungsdichte**	3.2	dicht
Mächtigkeit		nicht durchteuft	
Liegendgrenze		außerhalb projektrelevanter Höhenlagen	
Farbe		(hell-)braun	
Vorkommen im Teilprojekt		Schicht 3.1: im gesamten Teilprojekt Schicht 3.2: nur mit KRB 1 aufgeschlossen	
Frostempfindlichkeit		F1: SW, GW F2: SU	
Besonderheiten		Vorhandensein von Steinen und Blöcken ist nicht gänzlich ausgeschlossen.	

2.5 Bodenrechenwerte

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

Tabelle 4: Charakteristische Rechenwerte aus Erfahrungen

Schicht	**Wichte [kN/m³]**		**Scherfestigkeit**		**Steifemodul [MN/m²]**
	γ_k	γ'_k	φ'_k [°]	c'_k [kN/m²]	$E_{s,k}$
1.1	18	10	32,5	-	10
1.2	19	11	27,5	2	5
2	20,5	10,5	27,5	5	8
3.1	19	11	32,5	1	50
3.2	20	12	37,5	-	80

Der Steifemodul ($E_{s,k}$) ist eine spannungsabhängige Größe. Der hier genannte Steifemodul ist für ein Spannungsspektrum zwischen $\sigma \approx 100$ kN/m² bis $\sigma \approx 250$ kN/m² gültig.

2.6 Hydrogeologische / wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Mit keinem der Aufschlüsse wurde Schicht-/Grundwasser notiert.

Nordwestlich des Untersuchungsgebietes, in einer Entfernung von ca. 160 m, befindet sich die Grundwassermessstelle 076611115 – MVR KOELN 5, deren Messdaten als Orientierung für die im Untersuchungsgebiet vorliegenden Grundwasserstände herangezogen werden können /U 8/. Der Mittelwert der von 1989 bis 2021 dokumentierten Jahreshauptwerte des Grundwasserstandes beträgt hier für den minimalen Grundwasserstand 37,25 m NHN und für den maximalen Grundwasserstand 38,63 m NHN. Der Durchschnitt beträgt 37,96 m NHN. Dies entspricht, unter Berücksichtigung der dortigen Geländeoberkante von 48,38 m ü. NHN, einem durchschnittlichen Flurabstand von 10,42 m.

Für die geplante Maßnahme können folgende Wasserstände zur Bemessung herangezogen werden:

- MHGW – bauzeitlicher Bemessungswasserstand: 10,0 m unter GOK
- HHGW – endzeitlicher Bemessungswasserstand: 8,50 m unter GOK

Das Projektareal liegt außerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete, Trinkwasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete /U 10/.

2.7 Erdbebeneinwirkung und Frosteinwirkzone

Nach DIN EN 1998-1/NA 1:2023-11, Anhang NA.I ist für das Projektareal die spektrale Antwortbeschleunigung ($S_{aP,R}$) für eine Referenzwiederkehrperiode von T_{NCR}=475 Jahre mit $S_{aP,R}$ < 1,36 m/s² anzusetzen.

Der Untersuchungsbereich befindet sich in Köln und ist bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte (PLZ 50667) der Erdbebenzone 1 zuzuordnen /U 9/.

Das Projektareal liegt in der Untergrundklasse T /U 9/. Der Baugrund ist nach DIN EN 1998-1:2010-12 der Baugrundklasse C zuzuordnen.

Das Projektareal liegt nach Ril 836.4101A04 in der Frosteinwirkungszone I.

2.8 Altbergbau / Gefährdungspotenziale

Im Projektareal sind gemäß /U 11/ keine Gefährdungspotenziale durch Altbergbau, verkarstungsfähiges Gestein oder Methanausgasungen verzeichnet.

2.9 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Die Einschätzung der Durchlässigkeitsbeiwerte der Bodenschichten für die Planung von Versickerungsanlagen nach DWA-A 138-1 ergibt sich wie folgt:

Tabelle 5: Durchlässigkeitsbeiwerte und empfohlener Korrekturfaktor

Schicht	Bodengruppe	k_f-Werte [m/s]	f_K empfohlener Korrekturfaktor
1.1	[GE], [SW], [GW]	$1*10^{-6}$ – $1*10^{-3}$	1
1.2	[UL], [GU*], [TL]	$1*10^{-9}$ – $1*10^{-7}$	1
2	UL, SU*	$1*10^{-8}$ – $1*10^{-7}$	1
3	SU, SW, GW	$1*10^{-6}$ – $1*10^{-3}$	1
3	SU	$5,5*10^{-5}$	0,1

Die Überprüfung der Umsetzbarkeit einer entwässerungstechnischen Versickerung in Bezug auf die in Tabelle 3 des Merkblattes DWA-A 138-1 aufgeführten Einflussgrößen (Abstand Sohle Versickerungsanlage zum MHGW, Altlasten, Umfeld etc.) ist nicht Gegenstand der Ausführungen.

2.10 Kampfmittel

Bezüglich Kampfmittel im Projektareal wird auf das vorliegende Schreiben der Bezirksregierung Düsseldorf verwiesen /U 13/.

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

3.1 Allgemeines

Eine Beschreibung der Baumaßnahme ist dem Kapitel 2.2 zu entnehmen.

Die Baumaßnahme ist der Geotechnischen Kategorie GK 1 zuzuordnen.

Bodenschutzrechtliche Belange im Sinne des BBodSchG und der DIN 19639 sind planseitig abzuhandeln und nicht Gegenstand der vorliegenden Berichterstattung.

3.2 Flachgründung – elastisch gebettete Bodenplatte

Es wird von einer Gründung über eine elastisch gebettete Bodenplatte ausgegangen. Gegründet werden soll planmäßig in einer Tiefe von 0,75 m unter GOK auf einer 15 cm starken Ausgleichsschicht. Aufgrund der angetroffenen unterschiedlichen Bodenverhältnisse auf kleinem Raum, ist aus geotechnischer Sicht jedoch eine Gründung auf einem 30 cm starken Bodenpolster aus gebrochenem Natursteinmaterial zu empfehlen. Hierfür eignet sich FSS-Material nach ZTV SoB-StB 20 der Körnung 0/32 bis 0/45. Die planmäßig vorgesehene Ausgleichsschicht kann auf die Gesamtstärke des Bodenpolsters angerechnet werden. Das Bodenpolster ist lagenweise in einer maximalen Lagenstärke von d = 0,3 m einzubauen und zu verdichten. Es wird ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 98$ % gefordert.

Eine frostsichere Gründung ist durch Einbau des o. g. 30 cm starken Bodenpolsters gewährleistet.

Für die Berechnungen wird davon ausgegangen, dass die finale GOK bei rd. 48,6 m NHN zu liegen kommen wird. Die Gründungssohle verläuft demnach innerhalb der gemischtkörnigen Auffüllungen der Schicht 1.1.

Den zur Verfügung gestellten Planunterlagen lassen sich gemäß Typenstatik folgende Anforderungen an den Baugrund entnehmen:

- Bettungsmodul ≥ 20 MN/m³
- Bodenpressung ≥ 50 kN/m²

Der Bettungsmodul kann gemäß Lohmeyer /U 4/ für Betonplatten anhand der nachfolgenden Parameter abgeschätzt werden:

$$k_s = \frac{E_T}{0{,}83 \times h_B \times \sqrt[3]{\frac{E_{cm}}{E_T}}}$$

$E_T - Elastizitätsmodul\ der\ Tragschicht\ \approx E_{v2}$ (MN/m²)

$E_{cm} - Elastizitätsmodul\ des\ Betons$ (MN/m²)

$h_B - Bauteildicke\ der\ Bodenplatte$ (m)

Aus /U 3/ geht für die Bodenplatte einen Plattenstärke von 12 cm hervor. Gemäß den Herstellerinformationen für vergleichbare Modelle der Beton-Station wird eine Betongüte von C35/45 (≈ E_{cm} = 34.000 MN/m²) angesetzt. Für den Nachweis der geforderten Bettung k_s = 20 MN/m³ ist auf OK der Gründungssohle ein E_{v2} = 30 MN/m² nachzuweisen, dies entspricht überschlägig einem E_{vd} = 15 MN/m².

$$k_s = \frac{E_T}{0{,}83 \times h_B \times \sqrt[3]{\frac{E_{cm}}{E_T}}} = \frac{30}{0{,}83 \times 0{,}12 \times \sqrt[3]{\frac{34000}{30}}} = 28{,}9\ MN/m^3 > 20\ MN/m^3$$

Zur Ermittlung der Grenztragfähigkeit sowie der zu erwartenden Setzungen, wurden mit dem Programm GGU-FOOTING in Anlage 5, bei Annahme der Sicherheiten nach EC 7, BS-P (ständige Bemessungssituation) und lotrecht mittiger Belastung, Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen durchgeführt.

Dabei wurde als Vorbelastung die Aushubentlastung ab jetziger Geländeoberkante zum Ansatz gebracht. Die Vorbelastung wurde bei den Setzungsabschätzungen vereinfachend von der Fundamentspannung abgezogen. Für die Berechnungen wurden unter Berücksichtigung der Bauwerkspläne /U 3/ folgende Annahmen getroffen:

- Fundamentabmessung (Bodenplatte):
  - Fundamentbreite: b = 3,02 m
  - Fundamentlänge: a = 7,18 m
- Gründungssohle: 0,75 m u. GOK
- Belastung: $\sigma_{R,d}$ = 70 kN/m²
- Aushubentlastung: 13,5 kN/m²

- Baugrundprofile: KRB 2 und KRB 1

Die Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnisse der Setzungsberechnungen

Baugrundprofil	Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	Setzungen [cm]
KRB 2	70	1,0
KRB 1	70	0,6

Gemäß der in Tabelle 1 dargestellten Berechnungsergebnisse, auf Basis der Baugrundprofile KRB 2 und KRB 1, ergibt sich eine rechnerische Setzungsdifferenz von 0,4 cm bezogen auf einen Abstand der Aufschlusspunkte von ca. 7,8 m.

Für das Gründungspolster können folgende Bodenrechenwerte zum Ansatz gebracht werden:

- Wirksamer Reibungswinkel cal $\varphi' \geq 35°$
- Wirksame Kohäsion cal $c' = 0$ kN/m²
- Wichte des feuchten Bodens cal $\gamma \approx 20$ kN/m³
- Wichte unter Auftrieb cal $\gamma' \approx 11$ kN/m³
- Steifemodul $E_s \geq 60$ MN/m²

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

Bei den festgestellten Untergrundverhältnissen ist davon auszugehen, dass die Setzungen zeitgleich bzw. mit einer marginalen Verzögerung zur Lastaufbringung abklingen.

Die Summe und der zeitliche Verlauf der rechnerisch ermittelten Setzungen sind aus geotechnischer Sicht als unkritisch zu bewerten.

3.3 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, 3 ß ≤ 45°
- Schicht 2 ß ≤ 60°

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 Böschungsflächen sind vor Witterungseinflüssen durch entsprechende Maßnahmen zu schützen. Ein entsprechender Schutz kann durch eine witterungsbeständige, am Böschungsfuß und Böschungskopf befestigte Folie erzielt werden.

Es ist nicht gänzlich auszuschließen, 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 ≥ 0/80 bis ≤ 0/120 in einer Stärke von ≥ 50 cm zu ersetzen.

3.4 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 verstärkt auftreten kann, ist über Baudränagen oder Gräben zu fassen und aus dem Tätigkeitsbereich abzuleiten.

3.5 Bauwerksabdichtung

Unter Berücksichtigung des genannten Bemessungswasserstandes und der vorliegenden Unterlagen empfehlen wir für das Abdichtungskonzept nach DIN 18533-1:2017-07 die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E - Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung festzulegen. Die Dränung ist nach DIN 4095:1990-06 auszuführen.

Niederschlags- und Oberflächenwasser ist über Gefälle vom Baukörper wegzuleiten.

Bei der Planung des Abdichtungskonzeptes sind Bauwerksdurchdringungen zu berücksichtigen.

3.6 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.

3.7 Bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubmassen

Die beim Aushub anfallenden Böden bestehen aus den Bodengruppen der Schicht 1.

Tabelle 7: Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Schicht	Bodenart	Wiederverwendbarkeit / Bemerkung
1.1	[GE], [SW], [GW]	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	[UL], [GU*]	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.

Ausgebaute Oberböden sind für eine bautechnische Wiederverwendung nicht geeignet und nur zur Rekultivierung zu verwenden. Nach BauGB §202 ist Mutterboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.

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.

3.8 Bautechnische Hinweise zur Bauausführung

- Die frostbeeinflusste Tiefe liegt im vorliegenden Fall bei t ≤ 0,8 m.
- 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 tan50° 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 $D_{Pr} \geq 98$ % aufweist.
- Die Gründungspolster sind fachgerecht einzubauen und zu verdichten. Das Bodenpolster ist lagenweise in einer maximalen Stärke von d ≤ 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.
- 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.

4 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 sowie Erfahrungswerten in Homogenbereiche für die Gewerke:

- Erdarbeiten (DIN 18300)

eingeteilt.

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

Tabelle 8: Übersicht der abgegrenzten Homogenbereiche

Schicht	Gewerk
	Erdarbeiten
1.1	ERD 1.1
1.2	ERD 1.2

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.

4.1 Gewerk Erdarbeiten gemäß DIN 18300 (ERD)

Für das Gewerk Erdarbeiten wurden lediglich die Auffüllungen (max. 4 m) betrachtet.

Eine Einteilung in Homogenbereiche erfolgt ohne Berücksichtigung umweltrelevanter Inhaltsstoffe.

4.1.1 Homogenbereich ERD 1.1

Zum Homogenbereich ERD 1.1 werden die erkundeten grobkörnigen Auffüllungen zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle sind für den abgegrenzten Homogenbereich die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 9: Homogenbereich ERD 1.1

		Erfahrungswerte	
		von	**bis**
Korngrößenverteilung	**T/U [%]**	0	2
	S [%]	0	85
	G [%]	15	100
Massenanteil Steine	**X [%]**	0	10
Massenanteil Blöcke	**Y [%]**	0	0
Masseanteil große Blöcke	**Z [%]**	0	0
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	**ρ [t/m³]**	1,7	2,2
undränierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2)	**c_u [kN/m²]**	--	--
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	**w_N [%]**	5	30
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	
	I_D [%]	15	35
organischer Anteil (DIN 18128)	**V_{gl} [%]**	0	6
ortsübliche Bezeichnung		grobkörnige Auffüllung	
Bodengruppen (DIN 18196)		[GE], [GW], [SW]	

4.1.2 Homogenbereich ERD 1.2

Zum Homogenbereich ERD 1.2 werden die erkundeten gemischt- bis feinkörnigen Auffüllungen zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle sind für den abgegrenzten Homogenbereich die Eigenschaften und Spannen der Kennwerte gemäß DIN 18300 zusammengestellt.

Tabelle 10: Homogenbereich ERD 1.2

		Erfahrungswerte	
		von	bis
Korngrößenverteilung	T/U [%]	5	95
	S [%]	0	30
	G [%]	0	60
Massenanteil Steine	X [%]	0	10
Massenanteil Blöcke	Y [%]	0	0
Masseanteil große Blöcke	Z [%]	0	0
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2)	ρ [t/m³]	1,7	2,2
undränierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2)	c_u [kN/m²]	20	200
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	w_N [%]	5	30
Plastizitätszahl (DIN 18122-1)	I_P [%]	0	10
Konsistenzzahl (DIN 18122-1)	I_C [-]	0,75	1
Konsistenz (DIN EN ISO 14688-1)	[-]	steif	
bez. Lagerungsdichte (DIN EN ISO 14688-2)	[-]	--	--
	I_D [%]	--	--
organischer Anteil (DIN 18128)	V_{gl} [%]	0	6
ortsübliche Bezeichnung		gemischt- bis feinkörnige Auffüllung	
Bodengruppen (DIN 18196)		[UL], [GU*], [TL]	

5 Schlussbemerkungen und Hinweise

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die geplante Maßnahme Köln-Nippes AW, St. Sonderw. 10kV dargestellt.

Die Baumaßnahme ist in die geotechnischen Kategorie GK 1 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, und Kampfmittelfreiheit behandelt.

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

Unter Berücksichtigung der im vorliegenden Bericht aufgeführten Punkte, Hinweise und Empfehlungen ist eine Gründung über eine elastische Bodenplatte auf einem 30 cm starken Bodenpolster möglich. Aufgrund der Aushubtiefe in Kombination mit dem Bemessungswasserstand werden wasserhaltende Maßnahmen nicht erforderlich. Die Aushubmassen eignen sich aus geotechnischer Sicht überwiegend 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:

i. A.
Martin Düpmeier
Umwelt- & Geoservices, I.TV-W-U-T

Digital signiert von
Düpmeier, Martin
Datum: 25-06-05

Duisburg, den 05.06.2025

DB Engineering & Consulting GmbH