

Kreisstadt Siegburg

***Integriertes städtebauliches Entwicklungskonzept (ISEK)
Siegburg***

***Neubau Brückenbauwerk Burggasse / Ringstraße
in Siegburg***

Baugrundgutachten

Projekt - Nr. 2220630 BG G01

Bonn, 31.01.2023

Marius Römer, M.Sc. Geow.

Inhaltsverzeichnis

<u>1 Auftrag und Unterlagen</u>	1
<u>2 Durchgeführte Untersuchung</u>	2
<u>3 Untersuchungsergebnisse</u>	3
3.1 Morphologie, Historie und Geologie.....	3
3.1.1 <i>Morphologie</i>	3
3.1.2 <i>Geplantes Brückenbauwerk</i>	4
3.1.3 <i>Derzeitige Nutzung und Historie</i>	4
3.1.4 <i>Geologie und Erdbeben</i>	6
3.2 Hydrogeologie.....	6
3.2.1 <i>Oberflächenwasser</i>	6
3.2.2 <i>Grundwasserstände</i>	7
3.3 Schichtbeschreibung.....	9
3.3.1 <i>Schichtgrenzen</i>	9
3.3.2 <i>Auffüllung</i>	9
3.3.3 <i>Deckschichten</i>	10
3.3.4 <i>Kiessande</i>	11
3.3.5 <i>Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen</i>	12
<u>4 Bauwerk</u>	15
4.1 Planung.....	15
4.2 Flachgründung in den Deckschichten (Sande) über einen Bodenaustausch (Vorbemessung)	16
4.2.1 <i>Aufnehmbare Sohldrücke für Streifenfundamente zur Vorbemessung (Widerlager; Anlage 3.1)</i>	16
4.2.2 <i>Aufnehmbare Sohldrücke für Einzelfundamente zur Vorbemessung (Mittelstütze; Anlage 3.2)</i>	17
4.2.3 <i>Allgemeine Angaben</i>	18
4.2.4 <i>Bewertung</i>	19
4.3 Hinterfüllung, Entwässerung und Erddruck.....	19
<u>5 Hinweise zur Bauausführung</u>	20
5.1 Aushub	20
5.2 Bohrarbeiten	20
5.3 Erdplanum / Baustraßen.....	21
5.4 Wiederverfüllung/Flächenaufbau/Bodenaustausch	21
5.5 Böschungen während der Bauzeit.....	22
5.6 Baugrubensicherung.....	23
5.7 Bauzeitliche Wasserhaltung.....	25
5.8 Beweissicherung	26
5.9 Kampfmittel und Bodendenkmalpflege	26
<u>6 Bewertung Bodenaushub</u>	26
<u>7 Schlussbemerkung</u>	27

1 Auftrag und Unterlagen

Im November 2022 beauftragte die Kreisstadt Siegburg (Planungs- und Bauaufsichtsamt) die Kühn Geoconsulting GmbH, die Baugrundsituation für den Neubau eines Brückenbauwerks zwischen der Burggasse und der Ringstraße in der Innenstadt von Siegburg zu erkunden und ein Baugrundgutachten zu erstellen.

Zur Durchführung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

[U1]: Kreisstadt Siegburg

Vorlage zu Bebauungsplan Nr. 49/7
Insbesondere Anlage 2: Entwurf Planzeichnung
Stand: 29.09.2022

Gymnasium Alleestraße Siegburg – Zweifachsporthalle
Vorentwurf Variante 3 mit Fluchttreppenraum und möglichem Standort des neuen Trafohauses
Lageplan, Grundriss, Schnitte im Maßstab 1:200
Stand: 05.11.2020

[U2]: Kühn Geoconsulting GmbH

Bericht – historische Recherche im Rahmen der Altlastenerkundung
Bericht-Nr.: 2190299AL_G01
Stand: 21.08.2019

Bericht – orientierende Altlastenuntersuchung
Bericht-Nr.: 2190299AL_G02
Stand: 18.08.2020

[U3] Rhein-Sieg-Kreis

Amt für Umwelt- und Naturschutz
Grundwasserstände Messstelle 8428-071
Stand: 19.01.2023

2 Durchgeführte Untersuchung

Am 09.12.2023 wurden auf dem Grundstück insgesamt 6 Rammkernsondierungen (RKS 1 und RKS 6) mit Tiefen bis 10,00 m durchgeführt. Die Sondierung RKS 5 im Bereich der bestehenden Stützmauer musste aufgrund eines Bohrhindernisses in 2,60 m Tiefe einmal versetzt werden (-> RKS 6). Zusätzlich wurde eine mittelschwere (DPM 1) und eine schwere (DPH 2) Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476 mit Erkundungstiefen bis 9,00 m durchgeführt.

Die Bohr- und Rammansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Der Höhenbezug war ein Kanaldeckel auf der Burggasse mit einer in [U1] angegebenen Kanaldeckelhöhe von 64,74 m ü. NHN. Alle Maße und Höhen sind vor Baubeginn und im Zuge der weiteren Planung verantwortlich zu überprüfen.

An fünf aus den Bohrungen entnommenen Bodenprobe wurden im Labor die Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1:2014-03 und an drei Proben der Glühverlust nach DIN 18128:2002-12 ermittelt. Die Untersuchungsergebnisse sind in den Anlagen 1 (Lageplan), 2 (Bohrprofile) und 3 (Grundbruch-/Setzungsberechnungen) dargestellt.

Zusätzlich wurden die entsprechenden historischen, geologischen und hydrogeologischen Karten ausgewertet.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Morphologie, Historie und Geologie

3.1.1 Morphologie

Die untersuchte Fläche liegt in Siegburg und umfasst Teile der Flurstücke 3753 und 4845 der Flur 5 in der Gemarkung Siegburg. Im Süden grenzt das Grundstück an die Burggasse und im Norden an die Ringstraße. Östlich und westlich grenzen bebaute Nachbargrundstücke an (Abbildung 1).

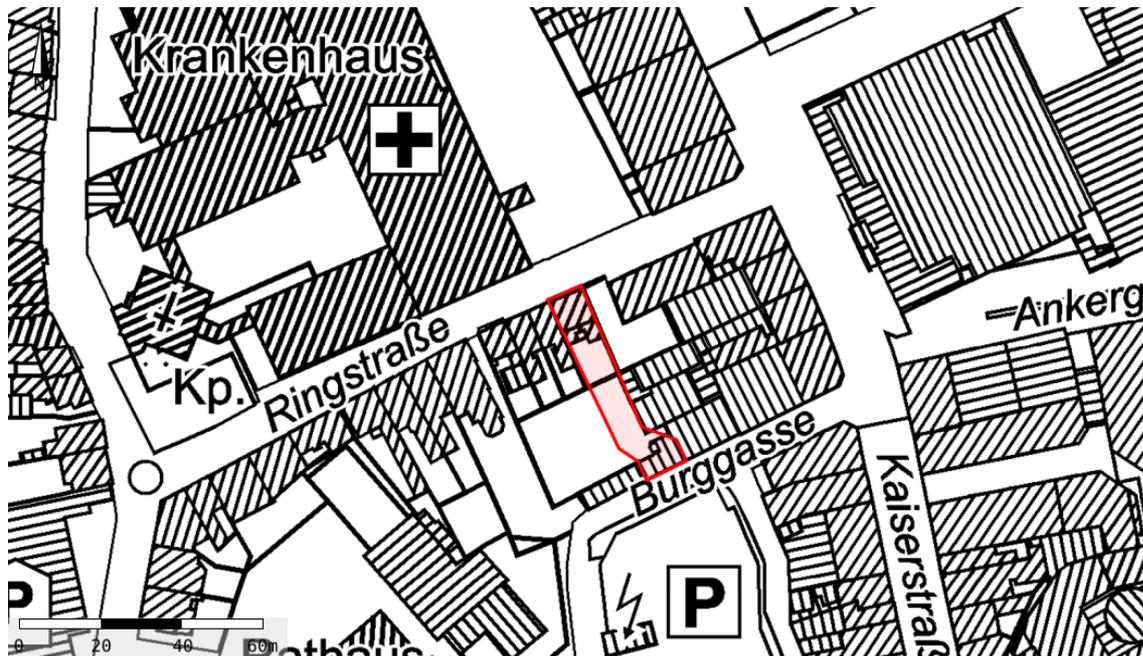


Abbildung 1: Lage des geplanten Bauvorhabens (Ausschnitt ABK aus TIM-ONLINE, unmaßstäblich)

Das Gelände weist nach dem vorliegenden Lageplan [U1] Geländehöhen zwischen ca. 61,50 m ü. NHN im Zentrum und ca. 65,20 m ü. NHN im Bereich der Burggasse bzw. 63,60 m im Bereich der Ringstraße auf. Entsprechend liegt im Zentrum des Grundstücks eine Senke vor. Dabei handelt es sich um den ehemaligen Wallgraben.

3.1.2 Geplantes Brückenbauwerk

Es liegt noch keine konkrete Planung des geplanten Brückenbauwerks vor. Nach [U1] soll die überspannte Fläche etwa ab der bestehenden Stützmauer im Südosten (Burggasse 3) bis zur derzeitigen Terrasse des bestehenden Gebäudes „Ringstraße 60“ reichen. Dies entspricht einer Länge von etwa 25,0 m zzgl. Widerlager. Die Oberkante der Fahrbahn soll auf ca. 64,60...63,80 m ü. NHN liegen. Das Bauwerk überspannt somit die Geländesenke im Zentrum des Untersuchungsgebiets.

Es liegen keine Angaben zu Gründungstiefen, Fundamentabmessungen, etc. vor.

3.1.3 Derzeitige Nutzung und Historie

Im Baufeld des geplanten Brückenbauwerks befinden sich derzeit noch Gebäude (s. Abbildung 1) sowie eine ca. 2,90 m hohe Stützmauer (s. Abbildung 2 bzw. Abbildung 3). Der zentrale Bereich wurde bis vor kurzem als Parkplatz genutzt. Die Hinterhofbebauung, die in der Wallgrabenverfüllung gründet, weist starke Setzungsrisse auf.

Die Geländeoberfläche ist im Hinterhofbereich (Flurstück 3753) mit Pflaster versiegelt. Der Garten des Gebäudes „Ringstraße 60“ ist unversiegelt.



Abbildung 2: Übersicht über das geplante Baufeld. Links: Geländer mit Stützmauer; Rechts im Hintergrund: Gebäudes, das im Zuge der Erschießung zurückgebaut werden soll. Aufnahme-datum: 09.12.2022; Blickrichtung: Nordwest

Nach der historischen Recherche zur Altlastenerkundung [U2] liegt im Geltungsbereich des Bebauungsplans (49/7) der bisher noch nicht bewertete Altstandort Nr. 5209/1021-0.

Nach [U2] wurde das Gelände lange Zeit als Grünfläche genutzt, bis es Ende des 19. Jahrhunderts als Wohngebiet ausgewiesen und bebaut wurde. Die Grundstücke gehörten zum sog. „Schützenburggelände“, das heute noch westlich an das Plangebiet heranreicht. Ebenso verlief dort zum Teil die Stadtmauer mit einem nördlich vorgelagerten Stadtgraben. Die Stadtmauer ist in Teilen heute noch erhalten und steht unter Denkmalschutz.

Auf dem Hinterhof des Grundstücks Burggasse 1-3 befand sich nach [U2] in der Vergangenheit eine betriebseigene Eigenverbrauchstankstelle mit einem 3.000 l fassenden Mineralöltank. Die Lage des Tanks und ob sich dieser noch im Untergrund befindet, ist nicht bekannt. Die erhöhte PAK-Konzentration, die bei der orientierenden Altlastenuntersuchung [U2] in einer Sondierung ermittelt wurde, deutet darauf hin, dass sich die Zapfsäule im Einfahrtbereich zum Hof an der Burggasse befand.

Bezüglich der detaillierten historischen Recherche wird auf den Bericht [U2] verwiesen.



Abbildung 3: Derzeitiger Wallgrabenbereich mit Stützmauer (rechts). Aufnahmedatum: 16.11.2022, Blickrichtung: Nordost

Unmittelbar an das Baufeld angrenzend befinden sich Nachbargebäude und weitere Bauwerke. Die Gründungstiefen der Nachbarbebauung sind im Zuge der weiteren Planung anhand von Schürfen zu ermitteln.

3.1.4 Geologie und Erdbeben

Der tiefere Untergrund des zu untersuchenden Grundstücks besteht aus der jüngeren Mittelterrasse des Rheins (Geologische Karte, 1 : 25.000, Blatt 5109 Lohmar und Blatt 5209 Siegburg). Die Dicke der Kiessande in diesem Bereich sind nicht genau bekannt. In einer Bohrung an der Alleestraße (ca. 320 m südwestlich) weisen die Kiessande eine Dicke von ca. 7,0 m auf. Darüber folgen Deckschichten mit lehmigen Sande pleistozäner Terrassenablagerungen in Verzahnung mit pleistozän – holozän abgelagerten Flugsanden. Aufgrund der anthropogenen Überprägung in innerstädtischen Bereichen (durch z. B. Bebauung, Kriegsschutt, etc.) findet sich auf dem Grundstück aufgefülltes Material in wechselnder Dicke und Zusammensetzung.

Für die Einordnung in Erdbebenzonen nach DIN 4149 ist die nachfolgende Tabelle 1 zu beachten.

Tabelle 1: Angaben bezüglich Erdbeben (Karte zu den Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland zur DIN 4149, Blatt Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:350.000 (Ausgabe Juni 2006) und DIN 4149:2005-04)

Gemarkung:	Siegburg	
Erdbebenzone:	1	
Untergrundklasse:	T	
Baugrundklassen:	B (Kiessande)	C (Deckschichten)

Die im geotechnischen Bericht getroffenen Angaben zur Erdbebenzone und der Untergrundklassen sind durch den Tragwerksplaner bzw. durch die entsprechenden Fachplaner zu überprüfen.

3.2 Hydrogeologie

3.2.1 Oberflächenwasser

Das Grundstück liegt ca. 1.100 m nördlich der Sieg (Fluss-km 12,2) und ca. 280,0 m östlich des Siegburger Mühlengrabens (Fluss-km 2,2).

Nach den recherchierten Hochwassergefahrenkarten des ELWAS-WEB¹ ist das Grundstück selbst bei einem seltenen (>BHW200) Hochwasserereignis nicht von einer Überflutung betroffen.

3.2.2 Grundwasserstände

Bei den am 09.12.2022 durchgeführten Geländeuntersuchungen wurden in den bis 9,00 m unter Gelände reichenden Bohrungen die in Tabelle 2 aufgeführten vernässten Bereiche angetroffen.

Tabelle 2: Gemessene Grundwasserstände am 09.12.2022

Sondierung	Bohransatzpunkt [m ü. NHN]	Wasserstand [m u. GOK]	Wasserstand [m ü. NHN]
RKS 1	61,64	2,60	59,04
RKS 2	63,53	4,40	59,13
RKS 3	62,93	3,80	59,13
RKS 4	63,53	4,60	58,93

Es muss auch mit witterungsbedingt auftretendem Schichtwasser gerechnet werden, dass sich auf den geringdurchlässigen Bereichen der Auffüllung und der Deckschichten aufstaut.

Nach Angaben des Rhein-Sieg-Kreises befindet sich unmittelbar benachbart zum geplanten Bauvorhaben an der Einfahrt neben dem Grundstück „Ringstraße 60“ die Grundwassermessstelle 8428-071. Die gemessenen Wasserstände liegen bei 59,28...59,40 m ü. NHN. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass die Messstelle im Beobachtungszeitraum zwischen dem 15.11.2018 und dem 29.10.2020 lediglich viermal gemessen wurde.

Im direkten Umfeld sind keine aussagekräftigen Grundwassermessstellen bekannt. Die Grundwasserstände der beiden nächstgelegenen Grundwassermessstellen sind in Tabelle 3 dargestellt.

¹ © Land NRW, dl-de/by-2-0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)
<https://www.elwasweb.nrw.de>, 19.01.2022 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2021, Datenquellen: https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open_01.10.2017.pdf

Tabelle 3: Recherchierte Grundwasserstände aus ELWAS-Web

GW-Mess- stelle	Gelände- höhe [m ü. NHN]	Entfer- nung zum Bauvor- haben [m]	Messzeit- raum	An- zahl Mes- sun- gen	Höchster gemesse- ner Grund- wasser- stand [m ü. NHN]	Niedrigster gemesse- ner Grund- wasser- stand [m ü. NHN]	Durch- schnittli- cher Grundwas- serstand [m ü. NHN]
RSK Altabl. 8428-27	62,17	130 W	1995-1997	4	57,46	57,17	57,33
SU BV Mi- norit. P1	65,38	75 NE	1994-1999	49	61,59	60,62	61,33

Bei den zuvor aufgeführten Wasserständen muss berücksichtigt werden, dass durch die geringe Anzahl an Messungen Höchstwasserstände sehr wahrscheinlich nicht erfasst wurden. Der höchste gemessene Grundwasserstand auf 61,59 m ü. NHN entspricht etwa der Geländeoberkante der Senke innerhalb des Untersuchungsgebiets. Als höchsten anzunehmenden Grundwasserstand empfehlen wir vorläufig einen Wert von ca. 62,00 m ü. NHN anzusetzen.

Da die Datenlage zum Grundwasserstand nur sehr gering ist und bereits eine Grundwassermessstelle unmittelbar neben dem Grundstück vorliegt, empfehlen wir eine engmaschige Überwachung des Grundwasserstands durch einen Datenlogger. Hierfür steht Ihnen die Kühn Geoconsulting GmbH gerne zur Verfügung.

Das Grundstück liegt außerhalb von festgesetzten Trinkwasserschutzgebieten.

Da bei der Nutzung einer Mittelstütze das Fundament im Grundwasserschwankungsbereich liegen würde, empfehlen wir die Beton- und Stahlaggressivität des Grundwassers nach DIN 4030 bzw. DIN 50529 zu untersuchen. Hierzu kann die Probennahme aus der bestehenden Grundwassermessstelle erfolgen.

Generell sind die Außenanlagen so anzulegen, dass kein Oberflächenwasser zum Gebäude geführt wird.

3.3 Schichtbeschreibung

3.3.1 Schichtgrenzen

Die ermittelten Schichtgrenzen der angetroffenen Schichten sind in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Ermittelte Ober- und Unterkanten der Bodenschichten

Schicht	Oberkante				Unterkante				Dicke	
	[m u. GOK]		[m ü. NHN]		[m u. GOK]		[m ü. NHN]		[m]	
	Min	Max	Min	Max	Min.	Max.	Min	Max	Min	Max
Auffüllung	0,00	0,00	61,64	64,37	0,50	3,20	60,04	62,43	0,50	3,20
Deck-schichten	0,50	3,20	60,04	62,43	7,30	8,80	54,34	55,54	5,50	7,60
Kiessande	7,30	8,80	54,34	55,54	-	-	-	-	-	-

3.3.2 Auffüllung

Die aufgefüllten Böden reichen ab der Geländeoberfläche bis in Tiefen von ca. 0,50 m (RKS 3) bis 3,20 m (RKS 6). In der RKS 5 konnte die Auffüllung aufgrund eines Bohrhindernisses (Beton) nicht durchteuft werden. Dabei handelt es sich ggf. um das Fundament der Stützmauer.

Die sehr inhomogene Auffüllung setzt sich im Norden (Ringstraße) aus schluffigen bis stark schluffigen, humosen Sanden zusammen. Im Zentrum werden sie aus feinnittelsandigen, humosen Schluffen und stark schluffigen, humosen Feinnittelsanden gebildet. Die Hinterfüllung der Stützmauer setzt sich aus sandigen und steinigen, humosen Kiesen und kiesigen, stark sandigen Steinen zusammen. Zudem treten Magerbeton, Ziegelbruch und Mörtelreste als anthropogene Nebengemengenteile auf.

Die nicht-bindige Auffüllung ist nach den Bohrwiderständen locker gelagert. Die bindige Auffüllung ist von einer steifen Konsistenz

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Auffüllung (bindig)

Raumgewicht (erdfeucht)	19,0	-	20,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	9,0	-	10,0	kN/m ³
Kohäsion	5,0	-	0,0	kN/m ²
Reibungswinkel	27,5	-	30,0	°
Steifeziffer	7,5	-	12,5	MN/m ²

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Auffüllung (nicht-bindig)

Raumgewicht (erdfeucht)	18,0	-	20,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	9,0	-	11,0	kN/m ³
Kohäsion	2,5	-	0,0	kN/m ²
Reibungswinkel	27,5	-	32,5	°
Steifeziffer	7,5	-	12,5	MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Auffüllung (bindig)

Raumgewicht	17,0	-	21,0	kN/m ³
Undrainede Scherfestigkeit	50,0	-	200,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	40,0	%
Plastizitätszahl	10,0	-	20,0	%
Konsistenzgrenzen	0,5	-	1,3	

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Auffüllung (nichtbindig)

Raumgewicht	16,0	-	22,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,3	-	>0,8	

3.3.3 Deckschichten

Die Deckschichten beginnen ab ca. 0,50 m (RKS 3) bis 3,20 m u. GOK (RKS 6) bzw. ab 62,43 m ü. NHN (RKS 3) bis 60,04 m ü. NHN (RKS 1) und weisen Dicken von 5,50 m (RKS 4) bis 7,60 m (RKS 3) auf.

Bei den Deckschichten handelt es sich um schwach kiesige Fein- und Mittelsande und feinsandige bis stark feinsandige Schluffe. Die Schlufflagen treten ab ca. 5,00...7,00 m u. GOK auf. In der RKS 3 wurden im oberen Bereich auch humose Beimengungen angetroffen.

Die Deckschichten sind als sehr wasserempfindlich einzustufen und neigen daher bei Wasserzutritt zum Ausfließen und Aufweichen.

An 5 Proben aus den Deckschichten wurden die Wassergehalte und an 4 Proben zusätzlich die Glühverluste ermittelt. Die Glühverluste wurden aufgrund der dunklen Färbung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zu sehen.

Tabelle 5: Ermittelte Wassergehalte der Deckschichten

Probe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Ansprache	Wassergehalt [%]	Glühverlust [%]	Konsistenz nach Bohrgutansprache
RKS 1/7	5,0-6,0	U / U, fs-fs*	18,6	-	Steif
RKS 2/3	1,6-2,8	fmS, u'	-	1,5	-
RKS 2/6	5,5-5,9	U / U, fs'-fs	16,6	-	Steif
RKS 2/7	5,9-6,8	mS / mS, fs'-fs	-	0,5	-
RKS 3/2	0,5-1,5	fmS, u*, h	-	4,2	-
RKS 3/7	5,5-6,5	U / U, fs'-fs*	16,4	-	Steif
RKS 3/9	7,6-8,1	mS / mS, g / fS	-	1,3	-
RKS 4/8	7,0-8,0	U / U, fs	18,0	-	Steif
RKS 6/8	7,2-8,8	U / U, fs-fs*	18,3	-	Steif

In der RKS 3 (Probe 2, 0,5-1,5 m) wurde ein Glühverlust von 4,2 % festgestellt, sodass hier

gemäß der DIN 1054 organische Beimengungen vorhanden sind. Bei den weiteren Proben, insbesondere in den tieferen Bereichen, liegen die ermittelten Glühverluste < 2,0 % und damit unterhalb der Grenzen, ab denen die Böden als organische Böden bzw. Böden mit organischen Beimengungen bewertet werden. Nach DIN 1054 (Abschnitt 3.1.4) sind nicht-bindige Böden mit Glühverlusten < 3,0% und bindige Böden mit Glühverlusten < 5,0 % nicht als organogene Böden zu bezeichnen.

Nach den Bohrwiderständen und den durchgeführten mittelschweren und schweren Rammsondierungen sind Fein- und Mittelsande bis ca. 3,0 m u. GOK locker bis mitteldicht und darunter mittel und dicht gelagert. Bei den ermittelten Wassergehalten weisen die bindigen Deckschichten nach der Bohrgutansprache und den Rammsondierungen eine steife bis halbfeste und halbfeste bis feste Konsistenz auf.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Deckschichten (nichtbindig)

Raumgewicht (erdfeucht)	19,0	-	20,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	9,0	-	10,0	kN/m ³
Kohäsion	5,0	-	0,0	kN/m ²
Reibungswinkel	30,0	-	35,0	°
Steifeziffer (locker)	10,0	-	20,0	MN/m ²
Steifeziffer (mitteldicht bis dicht)	20,0	-	40,0	

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Deckschichten (bindig)

Raumgewicht (erdfeucht)	19,0	-	21,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	10,0	-	12,0	kN/m ³
Kohäsion	10,0	-	5,0	kN/m ²
Reibungswinkel	25,0	-	30,0	°
Steifeziffer	15,0	-	25,0	MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Deckschichten (nichtbindig)

Raumgewicht	16,0	-	22,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,3	-	0,8	

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Deckschichten (bindig)

Raumgewicht	17,0	-	21,0	kN/m ³
Undrained Scherfestigkeit	50,0	-	200,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	40,0	%
Plastizitätszahl	10,0	-	20,0	%
Konsistenzgrenzen	0,5	-	1,3	

3.3.4 Kiessande

Die Kiessande beginnen ab ca. 7,30 m (RKS 1) bis 8,80 m u. GOK (RKS 6) bzw. ab 55,54 m ü. NHN (RKS 6) bis 54,34 m ü. NHN (RKS 1).

Die Kiessande setzen sich aus sandigen bis stark sandigen Kiesen zusammen, die auch

Feinsandlagen aufweisen. Prinzipiell können auch Lehmlinsen, stärker lehmige Abschnitte, Steinlagen, Blocklagen und stark verkittete Bereiche auftreten, die hier jedoch nicht erbohrt wurden. .

An einer Probe der Kiessande wurden aufgrund einer stark dunklen Färbung der Glühverlust ermittelt. Dieser liegt bei 1,3 %, sodass der Boden nicht als organischer Boden nach DIN 1054 eingestuft wird.

Die Kiessande sind nach den durchgeführten mittelschweren und schweren Rammkernsondierungen dicht bis sehr dicht gelagert.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Kiessande

Raumgewicht (erdfeucht)	19,0	-	21,0	kN/m ³
Raumgewicht (unter Auftrieb)	11,0	-	13,0	kN/m ³
Kohäsion	2,5	-	0,0	kN/m ²
Reibungswinkel	35,0	-	40,0	°
Steifeziffer	80,0	-	120,0	MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Kiessand

Raumgewicht	16,0	-	22,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,3	-	>0,8	

3.3.5 Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen

Für die Berechnung nach DIN 1054:2010-12 können die folgenden mittleren Baugrundkennwerte angesetzt werden:

Tabelle 6: Charakteristische Bodengrundkennwerte

Boden-schicht	Wichte erdfeucht [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb [kN/m ³]	Kohäsion [kN/m ²]	Reibungswinkel [°]	Steifemodul [MN/m ²]	Durchlässigkeitsbeiwert (abgeschätzt) [m/s]
Auffüllung (bindig)	19,50	9,50	2,50	28,75	10,00	10 ⁻⁶ bis 10 ⁻¹¹
Auffüllung (nicht bindig)	19,00	10,00	1,25	30,00	10,00	10 ⁻³ bis 10 ⁻⁷
Deckschichten (bindig)	20,00	11,00	7,50	27,50	20,00	10 ⁻⁸ bis 10 ⁻¹¹
Deckschichten (nicht bindig)	19,50	9,50	2,50	32,50	30,00	10 ⁻⁴ bis 10 ⁻⁸
Kiessande	20,00	12,00	1,25	37,50	100,00	10 ⁻³ bis 10 ⁻⁹

Tabelle 7: Bodenklassen nach DIN 18300 (2012)

Bodenschicht	Bodenklassen nach DIN 18 300 (2012)
Auffüllung	1 (humose Bereiche) 3 (nicht bindig) 4* (bindig)
Deckschichten	3 (nicht bindig) 4* (bindig)
Kiessande	3 (nicht bindig) (4* Lehmlagen) (5-7 Stein- und Blocklagen, verkittete Bereiche)

Untergeordnete Klassen in ()

* Bkl. 4* Übergang in Bkl. 2 bei Vernässen möglich

Tabelle 8: Bodenklassen nach DIN 18 196 Frostempfindlichkeitsklassen und Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE (Untergeordnete Klassen)

Bodenschicht	Bodenklassen nach DIN 18 196	Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE	Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE
Auffüllung	OU (Humose Bereiche) GU, GE, GW SU, SE, SW UL/UM TL/TM	F1/F2 (nichtbindig) F3 (bindig)	V1/V2 (nichtbindig) V3 (bindig)
Deckschichten	SU, SE, SW UL/UM TL/TM (OH)	F2 (nichtbindig) F (bindig)	V2 (nichtbindig) V3 (bindig)
Kiessande	GW; GU; GU* SW, SE (UM/UA, TM/TA, SU, SU* (Lehmlagen))	F1/F2 (nichtbindig) (F3 (bindig))	V1/V2 (nichtbindig) (V3 (bindig))

Untergeordnete Klassen in ().

Tabelle 9: Bohrbarkeitsklassen und Zusatzklassen nach DIN 18 301 (2012)

Bodenschicht	Bohrbarkeitsklassen nach DIN 18 301 (2012)	Zusatzklassen nach DIN 18 301 (2012)
Auffüllung	BO1 BN1, BN2 (nichtbindig) BB2, BB3 (bindig)	
Deckschichten	BN1, BN2 (nichtbindig) BB2, BB3 (bindig)	
Kiessande	BN1, BN2 (nichtbindig) (BB2, BB3 (bindig))	BS1 bis BS3

Anmerkung:

Wir möchten darauf hinweisen, dass die Angaben zur DIN 18300 und zur DIN 18301 auf dem Stand der VOB 2012 basieren. Die im Ergänzungsband 2015/2019 überarbeiteten DIN-Normen und die darin enthaltene Einteilung der Böden in Homogenbereiche können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Einteilung aufgrund von Erfahrungswerten und Werten aus Ingenieurgeologischen Karten mit vergleichbaren, geologischen Einheiten, vorgenommen wurde. Die nach der neuen DIN 18300-2015/2019 geforderten Untersuchungen und die Laborversuche in statistisch ausreichender Anzahl wurden nur in eingeschränkter Form durchgeführt. Gleiches gilt auch für die umweltchemische Einordnung der Auffüllung anhand von Analysen.

Tabelle 10: Homogenbereiche nach DIN 18300-2015/2019 und nach DIN 18301-2015/2019

Homogenbereiche*¹ nach DIN 18 300 – 2015/2019	Homogenbereiche*² nach DIN 18 301 – 2015/2019
Homogenbereich A 1 (humose Bereiche in der Auffüllung)	Homogenbereich B 1 (humose Bereiche in der Auffüllung)
Homogenbereich A 2 (aufgefüllte gemischtkörnige und bindige Böden)	Homogenbereich B 2 (aufgefüllte gemischtkörnige und bindige Böden)
Homogenbereich A 3 (Steine, Blöcke in der Auffüllung)	Homogenbereich B 3 (Steine, Blöcke in der Auffüllung)
Homogenbereich A 4 (bindige und nichtbindige Deckschichten, Kiessande)	Homogenbereich B 4 (bindige und nichtbindige Deckschichten, Kiessande)
Homogenbereich A 5*³ (Fließende Bodenarten ³ : bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz [Auffüllung, Deckschichten])	Homogenbereich B 5*³ (Fließende Bodenarten ³ : bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz [Auffüllung, Deckschichten])
Homogenbereich A 6*³ (Verkittete Bereiche der Kiessande)	Homogenbereich B 6*³ (Verkittete Bereiche der Kiessande)

- *¹ Aushub mit Bagger (Homogenbereiche A1 – A6, A = Aushub)
- *² Bohrungen mit Drehbohranlage (Homogenbereiche B1 – B6, B = Bohren), auch für Bohrarbeiten beim Düsenstrahlverfahren
- *³ wurden hier nicht erbohrt
- Gesonderte Homogenbereiche für belastete Böden sind nicht berücksichtigt und sind getrennt auszuweisen

4 Bauwerk

4.1 Planung

Es liegt noch keine konkrete Bauwerksplanung vor. Lediglich die Lage steht nach [U1] fest. Zur Gründungssituation können daher nur Annahmen getroffen werden, sodass die nachfolgend aufgeführten zulässigen Sohlspannungen nur zur Vorbemessung angesetzt werden können. Das Gutachten muss im Zuge des weiteren Planungsfortschritts überarbeitet und auf die konkrete Planung angepasst werden. Da sich derzeit noch Gebäude im geplanten Baufeld befinden und diese in Kürze zurückgebaut werden sollen, ist die Situation nach dem Rückbau neu zu bewerten. In Verbindung mit dem Entwurf des geplanten Brückenbauwerks werden dann ggf. weitere Untersuchungen notwendig werden.

Die aufgefüllten Böden sind aufgrund der Inhomogenität, der geringen Lagerungsdichte und der tlw. humosen Anteile als nicht-gründungsfähig zu bewerten. Die nicht-bindigen Deckschichten sind, abgesehen von den humosen und locker gelagerten Bereichen (bis ca. 1,50 m u. GOK), als mittel bis gut tragfähig, die bindigen Deckschichten als mittel tragfähig und die Kiessande als hoch tragfähig zu bewerten.

Entsprechend sind die Auffüllung und die oberflächlich locker gelagerten und tlw. humosen Bereiche der Deckschichten über einen Bodenaustausch zu durchgründen. Dabei ist ein qualifizierter Bodenaustausch bodenmechanisch gegenüber einem unbewehrten Beton zu bevorzugen, da dieser die Baugrundverhältnisse unterhalb des Fundamentbereiches homogenisiert und sich ein Teil der Vertikalspannungen im Bodenaustausch abbauen kann. Die Mindestdicke des Bodenaustauschs liegt bei $\geq 0,50$ m. Gleichzeitig kann der Bodenaustausch bauzeitlich zur Wasserhaltung verwendet werden.

Anmerkung:

Aufgrund der sehr nahen Bebauung und der setzungsempfindlichen Decklehme empfehlen wir dynamische Verfahren zur Gründung wie Ramppfähle, Spundwände, Rüttelstopfverdichtung auszuschließen.

Nach [U1] wird das Brückenbauwerk unmittelbar an bestehende Nachbargebäude und Bauwerke grenzen. Die Gründungssohlen der Bauwerke sind im Zuge der weiteren Planung durch Schürfe zu ermitteln. Ggf. werden Unterfangungen notwendig werden.

Soll eine zentrale Mittelstütze errichtet werden, wird die Gründung ggf. unterhalb des Grundwasserniveaus erfolgen.

Die Gründung muss in jedem Fall frostfrei, d.h. mindestens 0,80 m unterhalb der geplanten

Geländeoberkante erfolgen. Die Gründungssohlen sind vom Baugrundgutachter abzunehmen.

4.2 Flachgründung in den Deckschichten (Sande) über einen Bodenaustausch (Vorbemessung)

In Tabelle 11 und Tabelle 12 (Anlage 3.1) werden die zulässigen Sohldrücke zur Vorbemessung für die Widerlagerfundamente und ggf. für Flügelfundamente als Streifenfundamente dargestellt. Zusätzlich erfolgt in Tabelle 13 und Tabelle 14 die Angabe der zulässigen Sohldrücke zur Vorbemessung eines Einzelfundaments der Mittelstütze (Anlage 3.2). Da noch keine Bauwerksplanung mit Gründungstiefen vorliegt, wird zur Vorbemessung von einer Einbindung von 1,0 m u. GOK und einem mindestens 0,50 m dicken Bodenaustausch ausgegangen.

4.2.1 Aufnehmbare Sohldrücke für Streifenfundamente zur Vorbemessung (Widerlager; Anlage 3.1)

In Tabelle 11 wurden die zulässigen Sohldruckspannungen für die Bemessungslasten (GZ 1 b bzw. GEO-2) und in Tabelle 12 die zulässigen Sohldruckspannungen für die charakteristischen Lasten (GZ 2 bzw. SLS nach DIN 1054) bei Setzungen von 2,0 und 3,0 cm angegeben. Aufgrund der frühen Planungsphase sind diese Angaben nur zur Vorbemessung anzusetzen.

Ungünstig wurde bei der Grundbruch-/Setzungsberechnung die höchste Deckschichten-Dicke oberhalb der Kiessande berücksichtigt.

Tabelle 11: Aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} zur Vorbemessung für Streifenfundamente unter Berücksichtigung des Grundbruchwiderstandes (Lastfall 1 (= BS-P): $\gamma_{Gr} = 1,4$; Grenzzustand GZ 1B (= GEO-2))

Fundamentbreite in [m]	1,00	2,00	3,00	4,00
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m ²			
Einbindetiefe > 1,00 m	610	700	560	550

Der Abfall der zulässigen Sohldruckspannungen zwischen $b = 2,5 \dots 4,0$ m ist auf die Lage der Grundbruchfigur in den bindigen Deckschichten zurückzuführen.

In der nachfolgend aufgeführten Tabelle 12 wurden die zulässigen Sohldrücke unter Berücksichtigung der charakteristischen Lasten für die Gebrauchstauglichkeit/Setzungen (SLS-GZ der Gebrauchstauglichkeit (= GZ 2_{alt})) angegeben. Es muss bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden, dass die Sohldruckspannungen unter Berücksichtigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Beanspruchungen/Einwirkungen unterhalb der

Werte in Tabelle 12 bleiben. Entsprechend DIN EN 1997-1, Abschnitt 2.4.8 sollten die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{Beanspruchungen}$ für die GZ der Gebrauchstauglichkeit gleich 1,0 gesetzt werden.

Zur Vorbemessung wurde davon ausgegangen, dass für den Neubau Setzungen und Setzungsunterschiede bis 2,0 cm bzw. 3,0 cm zugelassen werden können. Treffen die Annahmen nicht zu, so bitten wir um Rücksprache damit die Sohldrücke entsprechend dem zulässigen Setzungsmaß, das durch den Statiker festzulegen ist, angegeben bzw. anhand ergänzender Setzungsberechnungen ermittelt werden können.

Tabelle 12: Aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} zur Vorbemessung für Streifenfundamente zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Lastfall BS-P (LF 1); Grenzzustand SLS (GZ 2); Setzungen begrenzt auf 2,0 cm und 3,0 cm

Fundamentbreite in [m]	1,00	2,00	3,00	4,00
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m ²			
Setzungen bis 2,0 cm				
Einbindetiefe > 1,00 m	440	260	210	180
Setzungen bis 3,0 cm				
Einbindetiefe > 1,00 m	610*	400	320	270

*entspricht Tabelle 11, da Grundbruchkriterium erreicht

Da die zu erwartenden Setzungsdifferenzen auch vom Bauwerksentwurf abhängen, können diese erst nach dessen Erstellung angegeben werden.

4.2.2 Aufnehmbare Sohldrücke für Einzelfundamente zur Vorbemessung (Mittelstütze; Anlage 3.2)

In Tabelle 13 wurden die zulässigen Sohldruckspannungen für die Bemessungslasten (GZ 1 b bzw. GEO-2) und in Tabelle 14 die zulässigen Sohldruckspannungen für die charakteristischen Lasten (GZ 2 bzw. SLS nach DIN 1054) bei Setzungen von 2,0 und 3,0 cm angegeben. Aufgrund der frühen Planungsphase sind diese Angaben nur zur Vorbemessung anzusetzen.

Tabelle 13:: Aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} zur Vorbemessung für Einzelfundamente unter Berücksichtigung des Grundbruchwiderstandes (Lastfall 1 (= BS-P): $\gamma_{Gr} = 1,4$; Grenzzustand GZ 1B (= GEO-2))

Fundamentbreite in [m]	1,00	2,00	3,00	4,00
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m ²			
Einbindetiefe > 1,00 m	570	600	450	730

Der Abfall der zulässigen Sohldruckspannungen zwischen $b = 2,0 \dots 3,5,0$ m ist auf die Lage der Grundbruchfigur in den bindigen Deckschichten zurückzuführen.

In der nachfolgend aufgeführten Tabelle 14 wurden die zulässigen Sohldrücke unter Berücksichtigung der charakteristischen Lasten für die Gebrauchstauglichkeit/Setzungen (SLS-GZ der Gebrauchstauglichkeit (= GZ 2_{alt})) angegeben. Es muss bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden, dass die Sohldruckspannungen unter Berücksichtigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Beanspruchungen/Einwirkungen unterhalb der Werte in Tabelle 14 bleiben. Entsprechend DIN EN 1997-1, Abschnitt 2.4.8 sollten die Teilsicherheitsbeiwerte_{Beanspruchungen} für die GZ der Gebrauchstauglichkeit gleich 1,0 gesetzt werden.

Zur Vorbemessung wurde davon ausgegangen, dass für den Neubau Setzungen und Setzungsunterschiede bis 2,0 cm bzw. 3,0 cm zugelassen werden können. Treffen die Annahmen nicht zu, so bitten wir um Rücksprache damit die Sohldrücke entsprechend dem zulässigen Setzungsmaß, das durch den Statiker festzulegen ist, angegeben bzw. anhand ergänzender Setzungsberechnungen ermittelt werden können.

Tabelle 14: Aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} zur Vorbemessung für Einzelfundamente zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Lastfall BS-P (LF 1); Grenzzustand SLS (GZ 2); Setzungen begrenzt auf 2,0 cm und 3,0 cm

Fundamentbreite in [m]	1,00	2,00	3,00	4,00
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m ²			
Setzungen bis 2,0 cm				
Einbindetiefe > 1,00 m	*570	500	340	270
Setzungen bis 3,0 cm				
Einbindetiefe > 1,00 m	*570	*600	*450	400

*entspricht Tabelle 13, da Grundbruchkriterium erreicht

Da die zu erwartenden Setzungsdifferenzen auch vom Bauwerksentwurf abhängen, können diese erst nach dessen Erstellung angegeben werden.

4.2.3 Allgemeine Angaben

Die Angaben gelten nur zur Vorbemessung und sind nach Vorlage des Entwurfs abhängig von der vorgesehenen Gründungssohle und Lage der Fundamente zu überarbeiten.

Da der Hauptlastabtrag in dem Bodenaustausch und den nicht-bindigen Deckschichten (Fein-/Mittelsande) stattfindet, werden ca. 70,0% der Setzungen nach der Errichtung des Bauwerkes stattgefunden haben. Etwa 30,0% der Gesamtsetzung wird sich aufgrund der bindigen Böden als länger andauernde Setzung äußern, was allerdings auch von der Verkehrsbelastung der Brücke abhängt.

Um ein Aufweichen zu verhindern, muss die Gründungssohle unmittelbar nach Aushub mit Beton abgedeckt werden. Treten an der Aushubsohle aufgeweichte, humose oder aufgefüllte Böden aus, so sind diese zu entfernen. Der Bodenaustausch ist entsprechend zu vertiefen.

Erfolgt die Gründungsbemessung über ein vertikales Bettungsmodul, so kann, zur Vorbemessung im Bodenaustausch über den Deckschichten, ausgehend von einem ca. 1,0...4,0 breiten Laststreifen und charakteristischen Sohldruckspannungen von 100,0...300,0 kN/m² ein mittlerer Bettungsmodul_{statisch, vertikal} von 10,0 MN/m³ angesetzt werden. Dies ist anhand von Setzungsberechnungen auf Basis der zu ermittelnden Lasten zu überprüfen.

4.2.4 Bewertung

Entsprechend der Ergebnisse der Grundbruch-/Setzungsberechnungen ergeben sich niedrigere Sohldruckspannungen bei größeren Fundamentbreiten, was sich aus den bindigen Schichten am Übergang zu den Kiessanden ergibt. Sollten die o.g. zulässigen Sohldruckspannungen nicht ausreichen, so kann alternativ die Gründung z.B. über Brunnenfundamente auf den Kiessanden erfolgen. Da die Dicke der Kiessande nicht genau bekannt ist, sind dann ggf. ergänzende Untersuchungen notwendig.

4.3 Hinterfüllung, Entwässerung und Erddruck

Generell ist bei der Hinterfüllung des Bauwerks das "Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke" (Ausgabe 1994 bzw. M HifüBau 2017) einzuhalten. Die Ausführung der Erdarbeiten muss entsprechend ZTVE-StB 09 bzw. Ausgabe 2017 erfolgen.

Weiterhin muss bei dem Bauwerk im Hinterfüllbereich eine Entwässerung/Drainage vorgesehen werden. Die Ausführung der Entwässerung muss gemäß dem o.g. Merkblatt (Abschnitt 6.6) durchgeführt werden. Die Entwässerung mit Entwässerungsöffnungen muss so geplant werden, dass einstauendes Oberflächenwasser schnell abgeführt wird und keine ungünstigen Wasserdrücke auf die Konstruktion ausgeübt werden.

Die Hinterfüllung muss mit geeignetem Material (siehe o.g. Merkblatt, Abschnitt 6.3) lagenweise eingebaut (max. Lagendicke: 0,30 m) und verdichtet werden. Dabei müssen mindestens 100% der einfachen Proctordichte erreicht und nachgewiesen werden. Wird ein Kiessand oder ein vergleichbares, grobkörniges Material als Hinterfüllmaterial verwendet, kann zur Ermittlung des Erddruckes ein Reibungswinkel von 35° und eine Wichte von 20,0 kN/m³ angesetzt werden.

Der Erddruck aus der Hinterfüllung ist von der Steifigkeit des Systems Baugrund/Widerlager und den damit einhergehenden Wandbewegungen abhängig. Bei der Gründung der Widerlager in dem Bodenaustausch über den Kiessanden werden nur minimale Wandbewegungen zu erwarten sein. Diese reichen gemäß "Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke" (Ausgabe 2017, Abschnitt 4.2) nicht aus, um den Erddruck auf den aktiven Erddruck herabzusetzen. Zur Bemessung der Konstruktionsteile ist deshalb der Erdruhedruck anzusetzen, wenn nicht ein genauer Nachweis mit dem erhöhten, aktiven Erddruck geführt wird.

5 Hinweise zur Bauausführung

5.1 Aushub

Beim Aushub fallen die Bodenklassen 1 (humose Auffüllung), 3 (nicht bindige Auffüllung, nicht-bindige Deckschichten, Kiessande) und 4 (bindige Auffüllung, bindige Deckschichten) an. Gegebenenfalls können auch die Bodenklassen 5-6 (verkittete Bereiche in den Kiessanden, Stein- und Blocklagen) auftreten. Durchnässen die bindigen Böden beim Bearbeiten, so gehen sie in die Bodenklasse 2 über. Abhängig vom Humusgehalt sind die humosen Bereiche der Auffüllung auch der Bodenklasse 2 zuzuordnen. Alle Angaben zu den Bodenklassen beziehen sich auf die DIN 18 300 (2012).

Der Abbruch von möglicherweise vorhandenen Fundament- und Mauerwerksresten der vorherigen Bebauung lässt sich nicht in das Klassifizierungsschema der DIN 18 300 einordnen und ist daher getrennt abzurechnen.

Für die Ausschreibung von Homogenbereichen nach DIN 18300-2015/2019 sind diese in der Tabelle 10 angegeben.

5.2 Bohrarbeiten

Für die Ausschreibung von Homogenbereichen nach DIN 18301:2015 sind diese in Tabelle 10 angegeben.

Trägerbohrungen oder Bohrpfähle müssen generell verrohrt gebohrt werden, um das Nachbrechen der Bohrlochwände zu verhindern. Die Verrohrung muss immer dem Bohrfortschritt vorausseilen, damit ein Eintreiben von Bodenteilchen verhindert wird, wobei im Bohrrohr ein ständiger Wasserüberdruck aufrechtzuerhalten ist. Bei Erreichen der Solltiefe ist das Bohrgut bis zur Bohrlochsohle vollständig aus dem Bohrrohr zu entfernen. Die Betonierung muss direkt

im Anschluss an die Bohrung erfolgen. Bei der Ausführung der Bohrarbeiten ist die DIN EN 1536 zu beachten.

Es dürfen nur Verfahren bei Baugrubensicherungen/Pfahlbohrungen eingesetzt werden, die ohne Folgewirkungen für diese Leitungen und auch die Bestandsbauwerke (die Häuser sind sehr dicht an der Baustelle) bleiben. Wir empfehlen die Durchführung einer Beweissicherung.

Aufgrund der umliegenden Bebauung ist im Umfeld der Baumaßnahme in jedem Fall eine Beweissicherung (Erschütterungen des Baugrunds aufgrund der Bohrarbeiten) erforderlich.

5.3 Erdplanum / Baustraßen

Die bindigen Auffüllungen und Deckschichten sind frost- und feuchtigkeitsempfindlich (F 3-Boden). Bei Zutritt von Wasser und/oder Befahren mit Gerät weichen sie tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten. Dort, wo das Gelände während der Bauzeit befahren werden soll (Zufahrten oder Materiallagerplätze), müssen entsprechende Baustraßen (mindestens 0,5 m dicke Tragschicht mit verdichtungsfähigen Material auf einem Geotextil \geq GRK 4) angelegt werden. Sofern Drehbohranlagen mit einem Gewicht $> 50,0$ to zum Einsatz kommen, muss ggf. die Baustraße auf 0,8 m verdickt werden.

Der Aushub muss über Kopf mit einer als Messer ausgebildeten Baggerschaufel erfolgen.

Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

5.4 Wiederverfüllung/Flächenaufbau/Bodenaustausch

Die inhomogene Auffüllung und die Deckschichten lassen sich nicht ausreichend verdichten und sind deshalb nur zur Wiederverfüllung von nicht belasteten Flächen geeignet (z. B. Grünflächen), auf denen Setzungen in Kauf genommen werden können. Bezüglich der nichtbindigen Auffüllung ist eine Verwendung als Hinterfüllmaterial aufgrund der unregelmäßigen Kornklassierung und der Schlufflagen bautechnisch nicht oder nur mit hohem Aufwand (Separation) zu realisieren.

Bei der Planung des Bodenaustausches ist ein Lastabstrahlwinkel der Fundamente = Randböschungswinkel_{Bodenaustausch} von 60° zu berücksichtigen.

Der Bodenaustausch muss mit geeignetem, verwitterungs- und volumenbeständigem Material

(Kiessand oder Naturschotter mit Frostschutzqualität gem. ZTV SoB-StB 04 bzw. ZTV T StB 95/2002 alt) lagenweise eingebaut (max. Lagendicke: 0,30 m) und verdichtet werden. Dabei müssen mindestens 100% der einfachen Proctordichte erreicht und nachgewiesen werden. Zwischen Bodenaustausch und dem anstehenden Boden ist ein trennendes Kombinationsgeotextil Geogitter/Filtervlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 4 zu verlegen. Entsprechende Kontrollprüfungen wie Lastplattendruckversuche und Rammsondierungen nach DIN 22476 sind vorzusehen.

Sofern, aus Gründen der Wasserhaltung, die untere Lage des Bodenaustauschs ohne Nullkorn ausgeführt wird, ist ein zusätzliches, trennendes Geotextil/Filtervlies GRK 4 zwischen unterer und oberer Lage des Bodenaustauschs einzubauen.

Treten beim Aushub aufgeweichte Bereiche, alte Kanalgruben, Schächte usw. auf, so sind diese in Abstimmung mit dem Bodengutachter vollständig zu entfernen und durch einen Bodenaustausch in der o.g. Weise zu ersetzen. Die Aushubsohlen müssen, damit sie nicht aufweichen, unmittelbar nach dem Aushub abgedeckt werden.

5.5 Böschungen während der Bauzeit

Generell kann unter Beachtung der DIN 4124 für Böschungen bis zu einer Böschungshöhe von 5,0 m während der Bauzeit in den Auffüllungen, den Deckschichten und den Kiessanden mit 45° geböscht werden. Theoretisch könnten in den bindigen Bereichen der Deckschichten die Böschungen mit 60° angelegt werden, was sich baupraktisch allerdings kaum differenzieren lässt. Unter Einfluss von Schichtwasser können Bereiche mit verringerter Scherfestigkeit auftreten, so dass eine Abflachung der Böschung erforderlich wird (z. B. Hang-/ Schichtwasser und/oder beim Anschnitt von Leitungsgräben und Arbeitsraumverfüllungen). Bei Böschungen > 5,0 m muss ein rechnerischer Nachweis der Standsicherheit nach DIN 4084 erfolgen.

Größere bauzeitlichen Lasten wie Autokräne, Kräne o.ä. sind für jede Böschung in einer Standsicherheitsuntersuchung nach DIN 4084-100 zu untersuchen. Bei Böschungshöhen > 5,0 m ist die Standsicherheit nach DIN 4084-100 zu untersuchen.

Bei einer Flachgründung ist zu beachten:

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse müssen die Fundamentbaugruben durch entsprechende Baugrubensicherungen (z.B. Trägerbohlwandverbau oder Pfahlwand) gesichert werden. Zusätzlich werden Unterfangungen notwendig werden. Hier ist insbesondere die Lage

der Baugrube zu den vorhandenen Nachbarbauten zu berücksichtigen, was im Lastabstrahlbereich der Gebäude einen verformungsarmen Verbau erforderlich werden lässt.

Die Böschungen sind gegen Erosion durch Oberflächenwasser zu schützen.

Bei einem Grundwasseranstieg ist ein Abflachen der Baugrubenböschungen unvermeidlich. Die o.g. Angaben gelten nur für erdfeuchte Baugrubenböschungen.

Fundamentgräben können bis zu einer Aushubtiefe von 1,20 m senkrecht abgegraben werden. Oberhalb der Böschungsschulter müssen für Lasten wie z. B. Aushub, gelagertes Material, Hebewerkzeuge/Fahrzeuge, Baucontainer oder Fahrflächen die nach DIN 4124 erforderlichen Abstände eingehalten werden. Die Böschungen müssen gegen Erosion durch Oberflächenwasser geschützt werden.

Die Art /Ausbildung der Baugrubensicherung bzw. der Böschungen ist von der weiteren Planung abhängig (Tiefe und Ausdehnung der Baugruben).

Eine abschließende Bewertung bezüglich der Standsicherheitssituation der Baugrube kann erst nach Vorlage aller Bauunterlagen nach DIN 4124, Abschnitt 3 (z.B. Schalplan, Leitungen, Abstand angrenzender Bauwerke etc.) erfolgen. Ergeben sich allerdings Böschungshöhen über 5,0 m, so muss in jedem Fall eine Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084 erfolgen, wobei sich meist flachere Böschungswinkel als die o. g. ergeben.

5.6 Baugrubensicherung

Aufgrund der sehr engen Platzverhältnisse und der unmittelbar angrenzenden Bestandsbebauung wird eine detaillierte Baugrubenplanung notwendig werden. Da sich derzeit auch noch Bestandsgebäude im Gründungsbereich der geplanten Baumaßnahme befinden und zudem noch kein Entwurf vorliegt, kann eine tiefere Bewertung der Baugrubensituation noch nicht durchgeführt werden.

Für einen wahrscheinlich notwendigen Verbau können die für die Berechnungen erforderlichen charakteristischen Baugrundkennwerte der Tabelle 6 entnommen werden.

Findet eine Baugrubensicherung statt, so müssen z.B. bei einem gebohrten Trägerverbau mit Holz-/Betonverzug oder einer Pfahlwand das schwere Bohren in der Auffüllung und den Kies-

sanden berücksichtigt werden. Es muss verrohrt gebohrt werden. Außerdem müssen entsprechende Lasteinwirkungen und ggf. Sicherheitsabstände durch den Straßenverkehr berücksichtigt werden.

Der Hohlraum zwischen Träger und Bohrloch ist kraftschlüssig bis zur GOK zu verfüllen.

Beim Trägerverbau bzw. "Berliner Verbau" muss unbedingt auf eine satte Hinterfüllung ohne tiefreichende Störung geachtet werden. In stark rolligen Bereichen Sande/Kiessande oder der Auffüllung kann der Boden schon bei geringen Aushubtiefen (dm-Bereich) herausrieseln, so dass zusätzliche Maßnahmen (Verpressen mit Zementmilch) notwendig werden können. Entsprechende Positionen sind in der Ausschreibung vorzusehen.

Beim Einsatz einer Spundwand sind die Einbringverfahren auf den Baugrund abzustimmen (s.a. schwere Rammsondierungen). Generell können beim „Einrütteln“ mittels Vibrationsramme Schwingungen auftreten, die in einem Umkreis von ca. 30,0 bis 50,0 m zu Schäden führen können. Es sind Lockerungsbohrungen als Bodenaustauschbohrungen einzuplanen. Entsprechend ist die Beweissicherung durch den in der Nähe befindlichen Gebäudebestand unbedingt zu erweitern und durch baubegleitende Erschütterungsmessungen zu ergänzen. Aufgrund der zu Erwartenden Einwirkungen auf die Umgebung raten wir vom Einsatz von Spundwänden ab.

Weiterhin müssen die vorhandenen Kellertiefen und Versorgungsleitungen höhen- und lagemäßig ermittelt werden (insbesondere Kanäle und Schächte), um die Verbauposition und ggf. die Ankerlagen entsprechend abzustimmen.

Bei der Bemessung des Verbaus ist der auf das Gründungskonzept abgestimmte Bodenaustausch zu berücksichtigen.

Für jede Baugrubensicherung sind im Zuge der statischen Bemessung der Baugrubensicherung die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB, neueste Auflage) der Deutschen Gesellschaft f. Geotechnik sowie bezüglich der Lastannahmen der DIN Fachbericht 101 bzw. des entsprechenden Eurocodes zu beachten.

5.7 Bauzeitliche Wasserhaltung

Im Zuge der Baugrunduntersuchungen wurde ab ca. 2,7...4,8 m unter GOK vernässte Bereiche (Grundwasser) erbohrt. Ausgehend von recherchierten Grundwasserständen aus der Umgebung wurde ein vorläufiger Bemessungsgrundwasserstand von 62,00 m ü. NHN angegeben, was im Bereich des ehemaligen Wallgrabens der Geländeoberkante entspricht. Abhängig von der weiteren Planung kann das Grundwasser somit bis über die Aushubsohlen reichen. Dabei ist zu beachten, dass die Datenlage zu den Grundwasserständen nur sehr gering ist, sodass eine abschließende Bewertung nicht möglich ist (s. Abschnitt 3.2).

Sollte dann eine Grundwasserabsenkung notwendig werden, ist diese maßgeblich von der notwendigen Absenktiefe und der Ergiebigkeit der sandigen Deckschichten abhängig. Dies ist im Zuge der weiteren Planung anhand von ergänzenden Untersuchungen (z.B. Pumpversuch in vorhandener Messstelle) zu prüfen.

Bei einer geringen Ergiebigkeit ist eine offene Wasserhaltung denkbar. Hierzu ist für die Baugrube ein umlaufender Drängraben mit mehreren Pumpensümpfen ($d=1,0...1,5$ m, Anzahl abhängig von Bauwerksplanung) als offene Wasserhaltung einzuplanen. Im Zuge der Baugrubenplanung sind die Böschungen und die Baugrubensicherungen so anzulegen, dass ein genügender Platz für die Pumpensümpfe und die Drängräben vorhanden ist. Die Pumpensümpfe müssen dem Aushub vorauslaufen, so dass das Wasser vor Erreichen der jeweiligen Aushubsohle abgesenkt wird. In die Pumpensümpfe (im Förderbereich perforiert) ist Filterkies mit einem Pegelrohr DN 400 für die Tauchmotorpumpen einzubringen, wobei zwischen perforierter Schachtwandung und Filterkies ein trennendes Filtervlies zum Trennen notwendig wird.

Da die Ergiebigkeit (=Fördermenge) vom Niederschlag abhängt, ist diese bei Baubeginn zu kontrollieren. Vor Baubeginn ist daher ein Schürf bis zur Unterkante der Gründung vorzunehmen. Sofern größere Mengen an Schichtwasser anstehen, sind die weiteren Maßnahmen mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen. In Abhängigkeit vom Wasseranfall ist als erste Lage des Bodenaustauschs eine mind. 0,3 m dicke Filterschicht aus gebrochenem, nullkornfreiem Material (auf einem Geotextil der GRK ≥ 4) in der Baugrubensohle einzurichten.

Zeigt sich, dass die Ergiebigkeit für eine offene Wasserhaltung zu hoch ist, so ist eine geschlossene Wasserhaltung durch Brunnen oder eine Wellpointanlage notwendig. Für die Wasserhaltung wird eine entsprechende Planung notwendig werden. Dabei sind auch die Auswirkungen auf die umgebende Bestandsbebauung zu beachten.

Die Wasserhaltung muss auch während der arbeitsfreien Zeit (nachts, Wochenende, Feiertage, etc.) funktionsfähig sein.

5.8 Beweissicherung

Grundsätzlich hat der AN dafür Sorge zu tragen, dass die eingesetzten Geräte den örtlichen Verhältnissen angepasst werden und an benachbarten Bauwerken keine Schäden eintreten können. Da durch die Verbauarbeiten sowie möglicher Absenkung von Wasserständen aber Schäden an der Nachbarbebauung, Straßenkörpern oder Leitungstrassen nicht vollständig ausgeschlossen werden können, muss eine entsprechende Beweissicherung erfolgen. Weiterhin sind messtechnische Überwachungen bezüglich Erschütterung (auch für restlichen unterirdischen Abbruch) und Setzungen infolge der Spezialtiefbauarbeiten in/an den Nachbarbeständen zu empfehlen. Ergebnis ist dann ein Alarmplan, in dem auch Verfahrensumstellungen beschrieben werden, die im Falle einer Grenzwertüberschreitung durchzuführen sind.

5.9 Kampfmittel und Bodendenkmalpflege

Mit dem Vorhandensein von Kampfmitteln aus dem II. Weltkrieg ist zu rechnen, sodass entsprechende Anfragen beim Landesbetrieb Kampfmittel in Düsseldorf zu stellen sind.

Weiterhin ist die weitere Planung mit dem Amt für Bodendenkmalpflege abzustimmen.

6 Bewertung Bodenaushub

Im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurde aufgefülltes oder umgelagertes Material erbohrt. Da es sich dabei nicht um den natürlich anstehenden Boden handelt, ist ggf. eine abfallbezogene Untersuchung zur Überprüfung der Möglichkeiten zur Verwertung/Entsorgung erforderlich. Hierzu steht Ihnen die Kühn Geoconsulting GmbH gerne zur Verfügung. .

Auffüllungen weisen häufig eine inhomogene, kleinräumig wechselnde Zusammensetzung auf. Sollte beim Aushub aufgefülltes Material auftreten, so ist dieses separat gesichert (z. B. in wasserdichten Containern) zu lagern. Für die weiteren erforderlichen Maßnahmen zum fachgerechten Handling der vorgefundenen Situation ist die Kühn Geoconsulting GmbH hinzuzuziehen. Die Aushubarbeiten sind jeweils zu unterbrechen, damit keine Folgeschäden (z.B. Vermischung unterschiedlich belasteter Belastungschargen) verursacht werden.

Die Untersuchung des Bodens erfolgt nach dem untergesetzlichen Regelwerk, der LAGA -

Richtlinie M 20², zur Überprüfung einer möglichen Wiederverwertung. **Sofern die Konzentrationsvorgaben der Zuordnungsklassen der o.g. LAGA-Richtlinie überschritten werden, ist eine Verwertung nicht möglich. Für diesen Fall muss eine Untersuchung gemäß Deponieverordnung (DepV, 2009)³ durchgeführt werden.**

7 Schlussbemerkung

Die Beschreibung der Boden- und Grundwasserverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Abweichungen in Bereichen zwischen den Untersuchungspunkten können nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund des sehr frühen Planungsstands des Brückenbauwerks wird eine Überarbeitung des Baugrundgutachtens in jedem Fall notwendig werden. Abhängig vom Entwurf sind ggf. noch weitere Untersuchungen notwendig.

Zur Ermittlung der Grundwasserstände empfehlen wir eine dauerhafte Überwachung des Grundwasserstands der Messstelle an der Ringstraße mittels Datenlogger.

Der Untersuchungsumfang, die Untersuchungstiefe und die Aussagen im Baugrundgutachten beziehen sich auf den mitgeteilten Planungsstand und die zur Verfügung gestellten Planunterlagen. Da es sich bei der vorliegenden Planung um einen Vorentwurf handelt und aufgrund von Leitungslagen und der Bestandsbebauung nicht im kompletten Baufeld Sondierungen durchgeführt werden konnten, werden ergänzende Baugrunduntersuchungen und eine Überarbeitung des Gutachtens notwendig werden.

Die im Gutachten getroffenen Aussagen beziehen sich nur auf die Einstufung des Bodens bezüglich seiner Eignung als Baugrund.

Die Angaben zu den Bodenklassen basieren auf der VOB 2012. Die Einteilung in Homogenbereiche nach VOB, Ergänzungsband 2015/2019, erfolgte auf Grundlage der für das o.g. Baugrundgutachten durchgeführten Geländeuntersuchungen und Laborarbeiten. Da nach der VOB, Ergänzungsband 2015/2019, hierfür ein höherer Untersuchungsaufwand vorgegeben ist, kann die Einteilung in Homogenbereiche nur näherungsweise erfolgen.

Wir weisen darauf hin, dass es durch Baubehelfe, Baugrubensicherungen etc. zu besonderen

² **LAGA - Richtlinie:** Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen und Abfällen - Technische Regeln; Mitteilungen der LAGA M 20; Stand: 06.11.2003 bzw. 05.11.2004.

³ **Deponieverordnung 2009** - Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung) DepV vom 27.04.2009; BGBl I Nr. 22 vom 29.04.2009, S. 900

Lasteinwirkungen oder tiefen Baugrundeingriffen kommen kann, die durch die o.g. geotechnischen Untersuchungen nicht abgedeckt sind. Hier sind dann in jedem Fall ergänzende Abstimmungen mit dem geotechnischen Sachverständigen erforderlich.

Kommt es zu Planungsänderungen bzw. werden die Planungen konkretisiert, so bitten wir um Mitteilung, damit ggf. das Gutachten überarbeitet und/oder zusätzliche Untersuchungen durchgeführt werden können.

Dem Baugrundgutachter muss Gelegenheit zur Überprüfung des Baugrunds während der Ausubarbeiten gegeben werden. Die Gründungssohlen sind vom Baugrundgutachter abzunehmen.

Bonn, 31.01.2023

Kühn Geoconsulting GmbH

ppa.



.....
Dipl.-Geol. Dirk Blume
Prokurist



.....
Marius Römer, M.Sc. Geow.
Projektleiter Baugrund

Anlagen: 1 Lageplan
 2 Profile
 3 Grundbruch-/Setzungsberechnungen

Ø

-Kreisstadt Siegburg: Planungs- und Bauaufsichtsamt, Herr Kjell Nickmann
1 x per Post (Nogenter Platz 10, 53721 Siegburg)
1 x per E-Mail (kjell.nickmann@siegburg.de)