



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

A+H Bauträger- und Verwaltungsges. mbH

über

Sebralla Architekten
Frau Dipl.-Ing. Architektin Petra Dostal
Friedrich-Ebert-Str. 112
58454 Witten

Projekt-Nr. 41.7142	Datei P7142B200420	Diktat vZ/Kbw	Büro Witten	Datum 20.04.2020
------------------------	-----------------------	------------------	----------------	---------------------

Erweiterung des Edeka-Marktes in Hagen, Fleyer Straße 204

- Baugrundgutachten und Umwelttechnisches Gutachten -

Auftrag vom 11.03.2020

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, <https://www.dr-spang.de>
58453 Witten, Rosi-Wolfstein-Straße 6, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de

Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Christian Spang, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Spang

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Eberhard-Bauer-Str. 32, Tel. (0711) 3513049-0, Fax 3513049-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Lyoner Straße 12, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Str. 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstr. 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
14480 Potsdam, Großbeerenstraße 231, Haus III, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDEDB430
Stadtparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	4
1.4 Untersuchungen	5
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	6
2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung	6
2.2 Baugrund	6
2.3 Hydrogeologie / Grundwasser	8
2.4 Bodenmechanische Laborversuche	9
2.5 Umwelttechnische Untersuchungen	10
2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften	13
3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE	14
3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke	14
3.2 Bodenkennwerte	15
3.3 Felsmechanische Kennwerte	16
3.4 Homogenbereiche	16
3.4.1 Allgemeines	16
3.4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	18
4. FOLGERUNGEN	20
4.1 Gründung	20
4.2 Baugrube	21
4.3 Grundwasserhaltung	22
4.4 Nachbarbebauung	22
4.5 Geotechnische Kategorie	22
4.6 Bergbau	22
5. EMPFEHLUNGEN	23
5.1 Gründung	23



INHALT	SEITE
5.2 Baugruben	24
5.3 Wasserhaltung / Abdichtung	25
5.4 Herstellung des Planums	26
5.5 Altlasten	27
5.6 Verkehrsflächen	28
5.7 Sonstige Empfehlungen	29
6. ANLAGEN	
Anlage 1: Übersichtslageplan, M. = 1 : 25.000 (2)	
Anlage 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten, M. = 1 : 500 (2)	
Anlage 3: Geotechnischer Schnitt, M = 1 : 100 (2)	
Anlage 4: Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse	
Anlage 4.1: Zeichenerläuterung Baugrunderkundung (2)	
Anlage 4.2: Bohrsondierungen (BS) (9)	
Anlage 4.3: Schwere Rammsondierungen (DPH) (9)	
Anlage 5: Bodenmechanische Laborversuche (5)	
Anlage 6: Chemische Analyse	
Anlage 6.1: Auswertung nach LAGA TR Boden (3)	
Anlage 6.2: Auswertung nach DepV (2)	
Anlage 6.3: Prüfbericht von AgroLab (15)	
Anlage 7: Bergbauliche Verhältnisse und Bergschadensgefährdung (3)	



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Die Bauherren, _____, vertreten durch die A+H Bauräger- und Verwaltungsgesellschaft mbH, Elberfelder Str. 103 in Hagen, beabsichtigen den in der Fleyer Straße 204 in Hagen bestehenden EDEKA-Markt durch einen Anbau im Südwesten mit ca. 800 m² Verkaufsfläche zu erweitern. Der neue Parkplatz soll auf der Fläche der derzeit noch in Betrieb befindlichen Tankstelle (Oil! GmbH & Co.KG) entstehen.

Der bestehende bis zu 4-geschossige Bau mit dem EDEKA-Markt im EG und Wohnungen in den Obergeschossen ist auf etwa halber Fläche teilunterkellert.

1.2 Auftrag

Auf Basis unseres Angebots A 41.14102 vom 14.02.2020 wurde die Dr. Spang GmbH mit Schreiben vom 11.03.2020 beauftragt, eine Baugrunduntersuchung und umwelttechnische Analysen durchzuführen und ein geotechnisches Gutachten dazu zu erstellen.

Bestandteil des Auftrages sind ebenso eine Bergschadenauskunft / Grubenbildeinsichtnahme zur Bewertung der bergbaulichen Einwirkungen und Risiken auf das Bauvorhaben.

1.3 Unterlagen

Seitens des Auftraggebers wurden uns folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt.

[U 1] Übersichtslageplan, Erweiterung eines Edeka-Marktes, M. = 1 : 25.000; A + H Bauräger und Verwaltungsgesellschaft mbH, 01.04.2020.

[U 2] Bauantragsunterlagen, Pläne, Schnitte, Ansichten, M. = 1 : 100, Neubau eines Wohn- und Geschäftshauses in 5800 Hagen, Fleyer Str. 204, Architekt Peter Schenken, Hagen, 1979.



[U 3] Mail der Stadt Hagen, Auskunft zur Altlastensituation, Verdachtsfläche 9.61-452, Hagen, vom 30.01.2020.

Es wurden außerdem die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

[U 4] Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten, M. = 1 : 25.000, Blatt Hagen (4610); Königlich Preußische Geologische Landesanstalt, Berlin, 1923.

[U 5] NRW Umweltdaten vor Ort, Online-Kartendienst; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: <http://www.uvo.nrw.de/uvo.html?lang=de>, abgerufen im April 2020.

[U 6] Gefährdungspotenziale des Untergrunds in Nordrhein-Westfalen; Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Bezirksregierung Arnsberg: http://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/Buerger.html, abgerufen im April 2020.

1.4 Untersuchungen

Vom 25.03. bis 27.03.2020 wurden insgesamt **9 Kleinrammbohrungen** als (BS) nach DIN EN ISO 22 475-1 (Schappen-Ø 40 – 60 mm) und **9 Schwere Rammsondierungen** (Fallgewicht 50 kg, Fallhöhe 50 cm, Spitzenquerschnitt 15 cm²) nach DIN EN ISO 22 476-2 bis in eine maximale Tiefe von 3,9 m unter Geländeoberfläche (GOF) ausgeführt. Alle Aufschlüsse mussten wegen der Geräteauslastung in der Verwitterungszone der anstehenden Festgesteine beendet werden.

Das Bohrgut wurde nach den Maßgaben der DIN EN ISO 14 688 (Boden) geotechnisch aufgenommen und nach DIN 18 196 gruppiert. Die Ergebnisse der Bohrgutaufnahmen sind gemäß DIN 4023 in Anlage 4.2 dargestellt. Die Schwere Rammsondierungen sind gemäß DIN EN ISO 22 476-2 als Rammdiagramme in Anlage 4.3 enthalten.

An repräsentativen Proben wurde folgendes orientierendes bodenmechanisches Untersuchungsprogramm durchgeführt:

- 3 Bestimmungen des natürlichen Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1;
- 3 Bestimmungen der Zustandsgrenzen nach DIN 17 892-12;



Die Versuchsergebnisse sind im Kapitel 2.4 zusammenfassend beschrieben und im Einzelnen der Anlage 5 zu entnehmen. Die Ergebnisse aller Laborversuche wurden bei der Klassifizierung der Böden und zur Festlegung der Kennwerte herangezogen.

Zur Untersuchung und Bewertung der gewonnenen Bodenproben in Hinsicht auf die umwelttechnisch relevanten Aspekte wurden einzelne Proben aus den Auffüllungen und den darunterliegenden gewachsen Böden zu einer Mischprobe zusammengefasst und zur Analyse in das Labor AGROLAB gegeben. Hierbei wurde eine Mischprobe aus den unter den Auffüllungen oberflächennah anstehenden gewachsenen Böden und vier Proben der an der Oberfläche anstehenden Auffüllungen nach LAGA untersucht. Die Ergebnisse der Analysen, deren Interpretation und Bewertung sowie die daraus folgenden Hinweise zur Verwertung und Entsorgung sowie ggf. zu beachtende Arbeitsschutzbestimmungen werden in Kapitel 2.5 dargestellt und erläutert. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sowie die zugehörige Bewertung sind in der Anlage 6 und Anlage 7 beigefügt.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie, Vegetation und Bebauung

Das Projektgebiet befindet sich in der Stadt Hagen, in der Gemarkung Halden. Das Gelände des Edeka-Marktes grenzt im Norden an die Feithstraße und im Westen an die Fleyer Straße. Südlich des Edeka-Marktes befindet sich die noch bestehende Tankstelle „Oil!“ und auch im Osten wird das Untersuchungsgebiet von Bebauungsflächen begrenzt. Südlich des Projektgebietes sind die Flächen bewaldet. Vereinzelt sind Bäume auf dem Untersuchungsgebiet selber vorzufinden. Das Gelände ist im geplanten Baufeld selber eben und die die Geländehöhen liegen nach dem Aufmaß der Erkundungspunkte zwischen ca. + 181,6 m NHN und + 182,1 m NHN. Zu den anderen Seiten steigt das Gelände leicht an, weswegen der bestehende EDEKA-Markt im Erdgeschoss z.Zt. als Souterrain angelegt ist.

2.2 Baugrund

Nach der geologischen Karte [U 4] steht im Projektgebiet Flözleeres des Oberen Karbons an. Die Schichten sind als Schiefertone mit Grauwackensandsteinen und zum Teil mit Konglomeraten,



Grauwackenbänken sowie Quarziten ausgebildet. Nach der Baugrunderkundung im Bereich des Baufelds wurde folgender Schichtenaufbau ermittelt:

An der Oberfläche (BS 1 bis BS 9) wurde auf dem untersuchten Gelände unter einer hellgrauen 0,12 m mächtigen Versiegelung / Befestigung aus **Pflastersteinen und Splitt (Schicht 0)** eine ca. 0,1 m bis 0,5 m mächtige Schicht aus **rolligen Auffüllungen (Schicht 1.1)** mit hellgrauer bis brauner Farbe erkundet. Diese sind aus sandigen, schluffigen bis schwach schluffigen Kiesen bzw. sandigen Fein- bis Mittelkiesen zusammengesetzt. Es handelt sich um Tragschichtmaterial (Schotter). Die Schlagzahlen mit der Schweren Rammsonde weisen Eindringwiderstände N_{10} von 5 bis 68 auf, welche für eine mitteldichte bis sehr dichte Lagerungsdichte sprechen. In den Bohrungen BS 6, BS 8 und BS 9, im Bereich der an die Tankstelle angrenzenden Flächen, wurden unterhalb der rolligen Auffüllung dunkelgraue bis rot-graue, schwarzgraue und stark fleckige **bindige Auffüllungen (Schicht 1.2)** in Form von schluffigen, sandigen Tonen mit wechselndem, meist geringem Kies- und Steinanteil erkundet. Die Schicht 1.2 ist 0,3 m bis 0,4 m mächtig und hat eine weiche bis steife Konsistenz.

Zur Tiefe hin folgen unterhalb der Auffüllungen braune bis hellbraune **Hanglehme (Schicht 2)**. Diese wurden in allen Bohrungen angetroffen und weisen Mächtigkeiten von 0,2 m bis 1,8 m auf. Die Schicht 2 besteht aus kiesigen bis schwach kiesigen, schluffigen, sandigen bis schwach sandigen Tonen und kiesig, tonigen Schluffen. Die Konsistenz der Hanglehme reicht von weich bis halbfest bis teilweise fest. In der Regel sind die leicht- bis mittelplastischen bindigen Böden steif bis halbfest.

In der BS 5 steht unterhalb des Hanglehms gering mächtiger (0,1 m), hellbrauner bis brauner **Hangschutt (Schicht 3)** in Form von schluffigem, tonigem, schwach sandigem Kies an. Mit Schlagzahlen von $N_{10} = 7 - 9$ der Schweren Rammsonde weist die Schicht 3 eine mitteldichte Lagerungsdichte auf.

Ansonsten wurde bis zur Endteufe in allen Bohrungen stark **verwittertes karbonisches Festgestein - Hoddel (Schicht 4)** mit steifer bis fester Konsistenz erkundet. Die Mächtigkeit der hellbraunen bis braunen Schicht ist $> 0,5$ m. Es stehen kiesige, schluffige, sandige bis schwach sandige Tone sowie kiesige, tonige Schluffe an. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Festigkeit der Gesteine stark zu und es sind verwitterte bis angewitterte karbonische Festgesteine (Schicht 4.2) in Form von geschichteten und geklüfteten Tonsteinen, Schluffsteinen und Sandsteinen zu erwarten. In der nachfolgenden Tabelle 2.2-1 ist der generalisierte Baugrundaufbau dargestellt.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Schichtmächtigkeit ca. [m]	Bodenbeschreibung	
			Kornverteilung / Farbe	Konsistenz / Lagerungsdichte
0	Auffüllungen (Pflasterstein, Splitt)	0,12	-	-
1.1	Auffüllungen (rollig)	0,1 – 0,5	Kies, sandig, schluffig bis schwach schluffig / hellgrau, braun, sowie Fein- bis Mittelkies, sandig / hellgrau, braun	mitteldicht bis sehr dicht
1.2	Auffüllungen (bindig) ¹⁾	0,3 – 0,4	Ton, schluffig, sandig / dunkelgrau, schwarz; grau-rot	weich bis steif
2	Hanglehm	0,2 – 1,8	Ton, kiesig bis schwach kiesig, schluffig, sandig bis schwach sandig / gelbgrau, braun sowie Schluff, kiesig, tonig / hellbraun-braun	weich bis halbfest, teilweise fest
3	Hangschutt ¹⁾	0,1	Kies, schluffig, tonig, schwach sandig / hellbraun-braun	mitteldicht
4	sehr stark verwittertes (Hoddel) bis angewittertes karbonische Festgestin ^{1) 2)}	> 0,5 > 100 m	Ton, kiesig, schluffig, sandig bis schwach sandig / braunhellbraun Schluff, kiesig, tonig / hellbraun-braun Ton-, Schluff- und Sandstein	steif bis fest geschichtet, geklüftet, tlw brüchig-mürb, tlw. hart, fest

1) nicht in allen Bohrungen erkundet

2) Schichtunterkante nicht erkundet

Tabelle 2.2-1: Schematischer Baugrundaufbau

2.3 Hydrogeologie / Grundwasser

Im Zuge der Erkundung wurde lediglich in einer BS und einer DPH Wasser angetroffen. In der BS 6 wurde Stauwasser in 1,9 m unter GOK (+180,05 m NHN) erkundet, in der DPH 8 in 4,32 m Tiefe (+177,55m NHN) angetroffen. Ansonsten zeigen die Erkundungen größtenteils nur erdfeuchte bis feuchte Böden.

Nach [U 5] sind im weiteren Umfeld des Untersuchungsgebietes keine Grundwassermessstellen vorhanden.

Da zuverlässige Daten von Langzeitmessungen für den unmittelbaren Bereich des geplanten Bauwerks fehlen, ist es erforderlich, den Bemessungswasserstand und den Bauwasserstand vorsichtig auf Grundlage der begrenzt verfügbaren Informationen abzuschätzen. Auf dieser Basis wird der



Bauwasserstand (der während der Bauzeit zu erwartende höchste Grund-/Stauwasserstand) auf 2 m u. GOK (ca. 179 m NHN) und der **Bemessungswasserstand** (der während der voraussichtlichen Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartende höchste Grund-/Stauwasserstand) auf Höhe der GOK festgesetzt.

Die Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte für die anstehenden Schichten sind in der nachfolgenden Tabelle 2.3-1 angegeben.

Schicht Nr.	Bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeitsbereich ¹⁾
1.1	Auffüllungen (rollig)	1×10^{-2} bis 1×10^{-5}	durchlässig bis stark durchlässig
1.2	Auffüllungen (bindig)	1×10^{-4} bis 1×10^{-7}	schwach durchlässig bis durchlässig
2	Hanglehm	5×10^{-6} bis 1×10^{-8}	schwach durchlässig bis durchlässig
3	Hangschutt	1×10^{-3} bis 1×10^{-5}	durchlässig bis stark durchlässig
4.1	stark verwittertes Karbon (Hoddel)	1×10^{-6} bis 1×10^{-8}	sehr schwach durchlässig bis schwach durchlässig
4.2	ver- bis angewittertes Karbon	1×10^{-5} bis 1×10^{-7}	schwach durchlässig bis durchlässig

1) Bezeichnung gemäß DIN 18 130

Tabelle 2.3-1: Durchlässigkeitsbeiwerte der Schichten

2.4 Bodenmechanische Laborversuche

An 3 Proben wurden Wassergehaltsbestimmungen der Böden nach DIN EN ISO 17892-1 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 2.4-1 zusammengestellt. Die Wassergehalte in den untersuchten Proben sind unauffällig im Hinblick auf das jeweils untersuchte Material. Sie entsprechen üblichen Werten.

Bohrung	Tiefe [m]	Schicht	Bodenart	w_n [%]
BS 1	0,4 – 1,0	2	T, u, g, s'	7,94
BS 4	0,4 – 1,0	2	T, u, s', g'	14,83
BS 9	0,8 – 1,5	2	T, u, s'	21,09

w_n = natürlicher Wassergehalt

Tabelle 2.4-1: Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen nach DIN EN ISO 17892-1



Zur Ermittlung der Konsistenzgrenzen wurden an 3 Proben Versuche nach DIN EN ISO 17 892-12 durchgeführt. Die Ergebnisse der Ermittlungen der Konsistenzgrenzen sind der Anlage 5.3 zu entnehmen und in Tabelle 2.4-2 zusammengefasst.

Aufschluss	Tiefe [m]	Bodenart	w _n [%]	w _L [%]	w _P [%]	I _P [%]	I _c [-]	Konsistenz	Bodengruppe ¹⁾
BS 1	0,4 – 1,0	T, u, g, s'	7,94	30,5	13,9	16,6	1,21	halbfest	TL
BS 4	0,4 – 1,0	T, u, s', g'	14,83	36,6	18,5	18,1	1,11	halbfest	TM
BS 9	0,8 – 1,5	T, u, s'	21,09	33,4	15,7	17,7	0,69	weich	TL

w_n = natürlicher Wassergehalt; w_L = Wassergehalt an der Fließgrenze; w_P = Wassergehalt an der Ausrollgrenze; I_P = Plastizitätsindex, I_c = Konsistenzzahl

1) DIN 18 196

Tabelle 2.4-2: Ergebnisse der Plastizitätsuntersuchung nach DIN EN ISO 17 892-12

Gemäß DIN EN ISO 17 892-12 lässt sich zwischen den Konsistenzzahlen I_c und der Konsistenz des Bodens eine Beziehung herstellen, die zur Bewertung der Zustandsform verwendet wird. Auf der Basis der zusammengestellten Ergebnisse in der Tabelle 2.4-2 weisen die untersuchten Proben der Hanglehme (Schicht 2) eine weiche bis halbfeste Konsistenz auf. Nach DIN 18 196 sind die Böden den Bodengruppen TL und TM (leicht- bis mittelplastische Tone) zuzuordnen.

2.5 Umwelttechnische Untersuchungen

Probe	Ansatzpunkt	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Schicht	Analytik
MP 1	BS 6	0,5 – 1,0	Hanglehm Schicht 2	LAGA 04, Tab. II. 1.2-4 und Tab. II. 1.2-5
	BS 7	2,6 – 2,8		
	BS 8	0,6 – 0,9		
	BS 9	0,8 – 1,5		
P 2/8	BS 6	0,2 – 0,5	Auffüllungen Schicht 1.2	LAGA 04, Tab. II. 1.2-4 und Tab. II. 1.2-5
P 2/8	BS 8	0,2 – 0,3	Auffüllungen Schicht 1.2	LAGA 04, Tab. II. 1.2-4 und Tab. II. 1.2-5
P 3/8	BS 8	0,3 – 0,6	Auffüllungen Schicht 1.2	LAGA 04, Tab. II. 1.2-4 und Tab. II. 1.2-5
P 2/5	BS 9	0,4 – 0,8	Auffüllungen Schicht 1.2	LAGA 04, Tab. II. 1.2-4 und Tab. II. 1.2-5

Tabelle 2.5-1: Mischprobenplan der chemischen Untersuchungen nach LAGA



Aus den durch die Bohrungen gewonnenen Proben wurden insgesamt 4 repräsentative Proben aus Auffüllungen ausgewählt und eine Mischprobe aus dem die Auffüllungen unterlagernden, gewachsenen Böden zusammengestellt zur Festlegung der Verwertungsmöglichkeiten gemäß den Vorgaben der LAGA M 20 untersucht. Eine Übersicht zur Mischprobenbildung ist der vorstehenden Tabelle 2.5-1 zu entnehmen.

Zur Bewertung der Verwertbarkeit Bodenaushub- und Abbruchmaterialien werden die Zuordnungswerte der LAGA herangezogen. Die LAGA ist für die Bewertung der Wiederverwertungs- / Beseitigungsmöglichkeiten von Böden bzw. Bauschutt gedacht. Die in der LAGA aufgelisteten Zuordnungswerte sind wie in der nachstehenden Tabelle 2.5-2 aufgelistet definiert.

Einbauklasse	Maßnahmen (Auszug)
Z 0	uneingeschränkter Einbau: Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken); erfüllt die Anforderung des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes
Z 1.1	eingeschränkter offener Einbau in technischen Bauwerken (wasser-durchlässige Bauweise - Straßen, Wege, Verkehrsflächen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen, Unterbau von Gebäuden, -unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht von Erdbaumaßnahmen (Lärm- und Sichtschutzwälle) und Unterbau von Sportanlagen
Z 1.2	wie vor, aber nur bei hydrogeologisch günstigen Verhältnissen, Hydrogeologisch günstig sind u. a. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige und homogene Deckschichten mit geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist.
Z 2	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen; u.a. im Straßen, Wege- und Verkehrsflächenbau als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster mit abgedichteten Fugen) unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten) sowie bei Erdbaumaßnahmen als Lärm- und Sichtschutzwall oder Straßendamm (Unterbau), sofern Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall ferngehalten wird; Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m
> Z 2	Einbau/Ablagerung in Deponien; Bestimmung der Deponieklasse nach DepV erforderlich

Tabelle 2.5-2: LAGA Technische Regel – Allgemeiner Teil (06.11.2003) *mit Ergänzung nach TR Boden (05.11.2004)* - Einbauklassen sowie sich daraus ergebende Konsequenzen für die Verwertung / Beseitigung



Die gemessenen Analysenwerte und die Prüfverfahren für die Einzelparameter sind der Anlage 6.3 (Prüfberichte der Agrolab Labor GmbH) zu entnehmen. Die Analysenergebnisse werden in der Anlage 6.1 den Zuordnungswerten der LAGA M 20 gegenübergestellt. Anhand der Ergebnisse der chemischen Untersuchung können die untersuchten Mischproben unterschiedlichen Einbauklassen zugeteilt werden. Eine Zusammenstellung der Zuordnungen und der maßgebenden Parameter sind der nachfolgenden Tabelle 2.5-3 zu entnehmen.

Probe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Lage / Schicht	Zuordnung nach LAGA Boden	Schadstoffe	
				Parameter	Gehalte
MP 1	0,5 – 2,6	Hanglehm Schicht 2	Z 1.2	Blei	101 mg/kg
P 2/8 (BS 6)	0,2 – 0,5	Auffüllungen Schicht 1.2	> Z 2	Blei TOC	3.100 mg/kg 8,8 %
P 2/8 (BS 8)	0,2 – 0,3	Auffüllungen Schicht 1.2	Z 2	TOC	3,8 %
P 3/8 (BS 8)	0,3 – 0,6	Auffüllungen Schicht 1.2	> Z 2	Blei TOC PAK	2.540 mg/kg 5,1 % 31,0 mg/kg
P 2/5 (BS 9)	0,4 – 0,8	Auffüllungen Schicht 1.2	> Z 2	Blei TOC PAK Benzo-[a]-pyren	2.430 mg/kg 8,1 % 58 mg/kg 3,7 mg/kg

Tabelle 2.5-3: Einstufung des Aushubs nach LAGA Boden

Es wurden in drei von vier untersuchten Proben, aus dem Bereich der Auffüllungen, Überschreitungen der Zuordnungswerte Z 2 nach LAGA festgestellt.

Die Probe P2/8 aus der Bohrung BS 6 enthält Blei mit einem Gehalt von 4.600 mg/kg sowie einen TOC-Gehalt von 8,8 %. Außerdem wurde PAK (13 mg/kg) sowie Benzo-[a]-pyren (0,96 mg/kg) festgestellt, die den Zuordnungswerten Z 2 zugeordnet werden können.

Bei der Probe P 3/8 aus der Bohrung BS 8 überschreiten ebenfalls die Blei- (2.540 mg/kg) und TOC-Gehalte (5,1 %) die Zuordnungswerte Z 2. Zusätzlich enthält die Probe auch PAK mit einem Gehalt von 31 mg/kg und überschreitet den Zuordnungswert Z 2.

Die Probe P 2/8 aus der Bohrung BS 8 enthält Zink mit einem Gehalt von 207 mg/kg sowie erhöhte TOC-Gehalte (3,8 %). Daraus ergibt sich eine Zuordnung zu Z 2 nach LAGA.



In der Probe P 2/5 (BS 9) wurden vier Überschreitungen der Zuordnungswerte Z 2 festgestellt. Die Probe enthält Blei (2.430 mg/kg), TOC (8,1 %), PAK (58 mg/kg) sowie Benzo-[a]-pyren (3,7 mg/kg). Außerdem wurde Kupfer mit einem Gehalt von 126 mg/kg (Z 2) ermittelt.

Die **Auffüllungen unterhalb der Platzbefestigung** von ca. 0,2 m bis in Tiefen zwischen 0,3 m und 0,8 m sind daher **in der Summe als chemisch verunreinigt** anzusehen, wobei die Verunreinigungen möglicherweise auf die frühere Tankstellennutzung zurückzuführen sind. Blei, PAK und TOC wären hierfür typische Parameter. In der Summe wird das Material nicht wieder einbaufähig sein (> Z 2 nach LAGA) und muss geordnet entsorgt werden.

Drei untersuchte Proben überschritten die Grenzwerte für LAGA Z 2. Es konnte lediglich eine Nachanalyse nach DepV der Probe P 3/5 (BS 9) erfolgen, da ansonsten nicht genügend Probenmaterial vorlag. Die Analysenergebnisse werden in der Anlage 6.2 den Zuordnungswerten DepV gegenübergestellt. Die untersuchte Auffüllung überschreitet nach DepV die Zuordnungswerte DK III in Bezug auf den Glühverlust (13 %) sowie den TOC-Gehalt (8,1 %). Maßgebend sind die erhöhten TOC-Gehalte – hier ist ggf. noch eine Rückstufung bei Untersuchung weiterer Parameter möglich. Allerdings wird diese Rückstufung maximal zu einer Zuordnung zur Deponieklasse DK I führen können.

Die MP 1 des gewachsenen Bodens unmittelbar unterhalb der Auffüllungen weist ganz überwiegend keine Überschreitungen der Zuordnungswerte Z 0 auf. Nur bei dem Parameter Blei wurde ein Gehalt von 101 mg/kg festgestellt. Es ergibt sich eine Zuordnung zu LAGA Z 1.1. Der Zuordnungswert für Z 0 liegt bei 100 mg/kg, so dass die Überschreitung im Bereich der Messtoleranz liegt. Der gewachsene Boden ist daher als unbelastet anzusehen und kann vorbehaltlich eine Überprüfung als inerter Boden mit der Zuordnung Z 0 verwertet werden.

Aufgrund des zu erwartenden zeitlichen Abstands zwischen der hier vorliegenden Untersuchung und dem Zeitpunkt der Baumaßnahme werden i.d.R. für die Entsorgung Deklarationsanalysen kurz vor der Baumaßnahme oder baubegleitend erforderlich.

2.6 Sonstige Randbedingungen und Eigenschaften

Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet außerhalb von **Erdbebenzonen**.

Zur Bewertung der **Frosteinwirkung auf Bauwerke** und Verkehrswege wurden nach RStO-12 verschiedene Frosteinwirkungszonen eingeführt. Das Untersuchungsgebiet wird demnach der **Frosteinwirkungszone I** zugeordnet.



Ferner liegt das Projektgebiet gemäß [U 5] außerhalb von Naturschutz-, FFH-, Vogelschutz- oder Wasserschutzgebieten. Das Untersuchungsgebiet grenzt im Norden lediglich an das Landschaftsschutzgebiet „LSG-4610-016“.

Gemäß Informationen des Geologischen Dienstes NRW [U 6] sowie der Auskunft über die bergbau-lichen Verhältnisse und Bergschadensgefährdung durch die Bezirksregierung Arnsberg (Anl. 8) liegt das Grundstück über einem inzwischen erloschenen Bergwerksfeld. Im Bereich des Untersuchungs-gebiets ist kein Bergbau dokumentiert und es ist mit keinen bergbaulichen Einwirkungen zu rechnen. Auf die Anlage 8 wird verwiesen.

3. TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN UND KENNWERTE

3.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

Nach den Erkundungsergebnissen sowie den Kenntnissen u.a. aus Archivunterlagen lassen sich die im Projektgebiet zu erwartenden Böden wie folgt geotechnisch klassifizieren.

Schicht-Nr.	Bodenart	Klassifizierung nach DIN		Frostempfindlichkeit ²⁾	Verdichtbarkeit ³⁾
		18 196	18 300 ¹⁾		
1.1	Auffüllungen (rollig)	A [GW, GE, GI, GU, GT,]	3 -5-(6/7) ⁵⁾ (2) ⁴⁾	F 1	V 1
1.2	Auffüllungen (bindig)	UL, TL, TM, TA, SU*, ST*	4 (2) ⁴⁾	F 3	V 3
2	Hanglehm	UL, TL, TM, TA, SU*, ST*	4 (2) ⁴⁾	F 3	V 3
3	Hangschutt	GW, GE, GI, GU	4(6/7) ⁵⁾	F 1	V 1
4.1	stark verwittertes Karbon (Hoddel)	((Tst)), GT*, TL, GU*)	4 - 6 (7) ⁵⁾	F 3	V 3
4.2	verwittertes bis ange-wittertes Karbon	(Tst), (Ust) (Sst) ⁶⁾	6 - 7	/	/

1) gemäß DIN 18 300:2012-09

2) Nach ZTV E-StB 17, Tab. 1 (F1 nicht frostempfindlich, F3 sehr frostempfindlich).

3) V1 = verdichtbar, V2 = eingeschränkt verdichtbar V3 = schwer verdichtbar.

4) Der angegebene Boden kann bei Wassersättigung infolge Störung der Lagerung in eine fließende Bodenart übergehen

5) Bodenklasse 6 und 7 bei entsprechendem Steinanteil und Schutt bzw. unverwitterten Einschaltungen

6) Bezeichnung nach DIN 4023

Tabelle 3.1-1: Bodenklassifizierung



Die Angabe der Boden- und Felsklassen der Tabelle 3.1-1 nach der zurückgezogenen DIN 18 3xx (Ausgabe 2012) erfolgt informativ. Seit 2015 ist Boden und Fels in Homogenbereiche einzuteilen. Bei der Festlegung der Homogenbereiche sind einsetzbare Bauverfahren und Baugeräte zu berücksichtigen. Eine vorläufige Einteilung in Homogenbereiche wird in Kap. 3.4 Homogenbereiche vorgenommen.

Die **Rammpbarkeit** der Bodenschichten für Spundwände, Stahlträger und Rammpfähle ist wie in der nachfolgenden Tabelle 3.1-2 zusammengestellt einzuschätzen. Bei schwer rammbaren Böden und Böden, die Rammhindernisse enthalten (siehe Tabelle 3.1-2) ist die Rammpbarkeit ggf. nicht ohne Zusatzmaßnahmen möglich. Es ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit der erforderlichen Einbindetiefen Zusatzmaßnahmen wie z.B. Lockerungsbohrungen oder Austauschbohrungen erforderlich werden. Dies ist im Zuge der weiteren Planung und bei der Ausschreibung zu beachten.

Schicht-Nr.	Boden	Rammpbarkeit ¹⁾
1.1	Auffüllungen (rollig)	mittelschwer bis sehr schwer
1.2	Auffüllungen (bindig)	leicht bis mittelschwer
2	Hanglehm	mittelschwer bis schwer
3	Hangschutt	schwer
4.1	stark verwittertes Karbon (Hoddel)	mittelschwer bis nicht rammpbar ²⁾
4.2	ver- bis angewittertes Karbon	nicht rammpbar ²⁾

1) Bezeichnungen gemäß Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Ernst & Sohn Verlag

2) Vorbohren der Verbauelemente ist erforderlich

Tabelle 3.1-2: Rammpbarkeit der anstehenden Schichten

Bindige Böden (z.B. der Hanglehm, Schicht 2) können bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z.B. dynamische Beanspruchung, Überfahrten, etc.) in eine fließende Bodenart übergehen.

3.2 Bodenkennwerte

Gemäß DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) ist der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße als „eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes festzulegen, der im Grenzzustand wirkt.“ Unter Berücksichtigung dieser Definition lassen sich auf Basis der Untersuchungen und von umfangreichen Erfahrungen mit den im Projektgebiet anstehenden Böden die in Tabelle 3.2-1 zusammengestellten charakteristischen Bodenkennwerte angeben. Lokale Abweichungen sind möglich.



Schicht Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchter Boden γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m ²]	undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}^{1)}$ [MN/m ²]
1.1	Auffüllungen (rollig)	19	10	35	0	0	50
1.2	Auffüllungen (bindig)	20	10	25	7,5	50	10
2	Hanglehm	20	10	27,5	5	60	15
3	Hangschutt	19	10	32,5	2	30	40
4.1	Hoddel	21	11	25	10	80	100

1) Ermittlung des Steifemoduls $E_{s,k}$ für den Laststeigerungsbereich 0 bis 300 kN/m²

Tabelle 3.2-1: Charakteristische Bodenkennwerte

3.3 Felsmechanische Kennwerte

Für das anstehende Festgestein lassen sich die folgenden charakteristischen Kennwerte angeben.

Schicht-Nr.	Bezeichnung	Wichte feuchtes Gebirge γ_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_k' [°]	Kohäsion c_k' [kN/m ²]	einax. Druckfestigkeit Gestein $\sigma_{c,k}$ [MN/m ²]	E-Modul Gebirge E_k [MN/m ²]
4.1	stark verw. Karbon	23	25 ¹⁾	5 - 30	< 1 - 2	200 – 800
4.2	ver- / angewittertes Karbon	25	27,5 ¹⁾	1 - 5	2 – 50 ²⁾	700 – 17.000 ²⁾

1) für Scherbeanspruchung auf Trennflächen

2) Einzelne Härtlinge können auch noch höhere einaxiale Druckfestigkeiten bis 200 MN/m² bzw. E.Moduli bis 70.000 MN/m² aufweisen.

Tabelle 3.3-1: Charakteristische felsmechanische Kennwerte

3.4 Homogenbereiche

3.4.1 Allgemeines

Boden und Fels ist gemäß den Normen der VOB/C (seit der Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein



begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für die in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkspezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Es erfolgt eine Einteilung auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß Kap. 5.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe wurden bei der Einteilung der Homogenbereiche nur dann berücksichtigt, wenn Sie eine offensichtliche Auswirkung auf das Bauverfahren/Baugerät haben oder den Aufwand beim Arbeiten mit diesen Stoffen beeinflussen. Dies wurde immer dann unterstellt, wenn es sich um gefährlichen Abfall nach der AVV handelt. Sofern eine umwelttechnische Belastung sich im Wesentlichen nur auf die Entsorgungskosten auswirkt, wurde keine Unterteilung in den Homogenbereichen ausgewiesen. Es wird empfohlen die Entsorgung in solchen Fällen über eigene Positionen in der Ausschreibung zu regeln.

Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand des Bodens und Fels vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden und Fels verwendet werden können.

Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Bauzeitliche Überprüfungen sind mit Versuche nach den in der Tabelle 3.4.1-1 aufgeführten Prüfvorschriften durchzuführen.

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	Mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	DIN EN ISO 14 689-1
	natürliche Dichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit c_u	DIN 4094-4
	Kohäsion c'	DIN 18 137



Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
	Sensitivität c_{fv}/c_{Rv}	DIN 4094-4
	Wassergehalt w_n	DIN EN ISO 17 892-1
	Plastizität I_p	DIN 18 122-1
	Konsistenz I_c	DIN 18 122-1
	Durchlässigkeit k_f	DIN 18 130
	bezogene Lagerungsdichte I_D	DIN 18 126 in Verbindung mit Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17 892-2
	organischer Anteil v_{gl}	DIN 18 128
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129
	Sulfatgehalt	BS 1377-3
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579
Felsmechanik	Dichte	DIN EN ISO 17 892-2
	Verwitterung und Veränderungen/Veränderlichkeit	DIN EN ISO 14 689-1
	Kalkgehalt v_{ca}	DIN 18 129
	Sulfatgehalt	BS 1377-3
	einaxiale Druckfestigkeit	DIN 18 141-1
	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	DIN EN ISO 14 689-1
	Abrasivität	CAI-Test nach NF P 94-430-1

Tabelle 3.4.1-1: Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

3.4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Bagger mittlerer Leistungsklasse mittlere Leistungsklasse (ca. 10 – 30 to) ausgeführt wird, der Boden zumindest zum Teil auf der Baustelle zwischengelagert wird und vor Ort wieder eingebaut und verdichtet wird. Daher berücksichtigen die Homogenbereiche sowohl das Lösen als auch den Wiedereinbau und die Verdichtung. In der nachfolgenden Tabelle 3.4.2-1 und der Tabelle 3.4.2-2 ist die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schich-



ten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass der Aushub maximal bis in eine Tiefe von 1,5 m u. GOK erfolgt, sodass nur bis in diese Tiefe Homogenbereiche für Erdarbeiten ausgewiesen werden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-A
Schicht Nr.	1, 2, 3, 4.1
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, Hanglehm, Hangschutt, Hoddel
Bodenart, Korngrößenverteilung	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 20 < 10 < 5
natürliche Dichte [g/cm ³]	1,6 - 2,3
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	< 250
Wassergehalt w_n [%]	5 - 35
Plastizität $I_p^{1)}$	Leicht- bis mittelplastisch
Konsistenz $I_c^{1)}$	weich bis halbfest
bezogene Lagerungsdichte $I_D^{1)}$	mitteldicht bis sehr dicht
organischer Anteil $v_{gl}^{1)}$	nicht bis mittel organisch
Bodengruppe	A [..] GW, GE, GI, GU, GU*, GT, GT*, UL, TL, TM, TA

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

Tabelle 3.4.2-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

Es wird darauf hingewiesen, dass eingelagerte Blöcke / Felshärtlinge o.Ä. die Eigenschaften der Bodenklassen 6 und 7 nach DIN 18 3000:2012 aufweisen können. In Bezug auf den Homogenbereich Erd-A sind daher im Zuge der weiteren Planung und Ausschreibung Zulagen für die Hindernisbeseitigung (z.B. Lösen mit Meißeleinsatz etc.) vorzusehen.



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-B
Schicht Nr.	4.2
ortsübliche Bezeichnung	verwittertes bis angewittertes Karbon
Benennung von Fels ¹⁾	Tonstein, Schluffstein, Sandstein
Dichte [g/cm ³]	2,2 - 2,7
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit ¹⁾	verwittert, verfärbt bis angewittert und graubraun, nicht veränderlich bis veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	2 – 50, Härtlinge bis 200 möglich
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	Fallrichtung/Fallwinkel 340° ± 30° / 35° ± 35° ²⁾ Trennflächenabstand: 10 - 100 cm tafelförmiger Gesteinskörper ³⁾

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 689-1

2) aus geologischer Karte [U 4] abgeschätzt

Tabelle 3.4.2-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten im Festgestein

4. FOLGERUNGEN

4.1 Gründung

Um eine frostfreie Flachgründung zu gewährleisten, muss die Unterkante des jeweiligen Gründungselementes mindestens 1,0 m unter Gelände liegen. Die geplante Gründungssohle des Neubaus liegt daher auf einer Höhe von ca. 180,6 m NHN (EFH Bestand bei 181,80 m NHN). Es ist eine Flachgründung über Einzel- / Streifenfundamente geplant.

Die Fundamente des Neubaus müssen in derselben Höhe wie diejenigen des Bestands gegründet werden. Nach den aktuellen Planunterlagen ist das bestehende Edeka Gebäude teilunterkellert. Demnach sind in diesem Bereich zusätzliche Maßnahmen zur Lastverteilung notwendig. Grundsätzlich sind hier drei verschiedenen Gründungsarten möglich. Vor der bestehenden Kellerwand kann zum einen die Gründung des Neubaus durch eine ausstreifende Wandscheibe gestützt werden, zum anderen kann auch ein Streifenfundament, welches abgetrept bis in Höhe der Bestandsgründung geführt wird, eingesetzt werden. Alternativ kann der Lastabtrag über ein parallel zur Kellerwand geführtes Streifenfundament erfolgen, so dass keine Zusatzlasten auf die Kellerwand erfolgen. Die Bodenplatte des Neubaus ist in diesem Bereich quasi als Kragarm freitragend auszubilden.



Bei dem Edeka-Markt handelt es sich um ein **setzungsempfindliches** Bauwerk. Für die Flachgründung ist von im Hochbau üblich belasteten Fundamenten auszugehen. Die Gebäudelasten, welche in den Baugrund abzutragen sind, werden als gering bis mittel eingeschätzt.

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunderkundung liegt die Gründung damit so gut wie vollständig im Bereich des Hanglehms (Schicht 2), bereichsweise im Bereich des Hangschutts (Schicht 3) bzw. des stark verwitterten Karbons (Schicht 4.1). Bei der Schicht 2 handelt es sich um bindige bis gemischtkörnige Böden, die eine mäßige Tragfähigkeit haben und für die geplanten Flachgründungen geeignet sind. Die Böden der Schichten 2 und 4.1 sind gut tragfähig. Zum Ausgleich unterschiedlicher Tragfähigkeiten in der Gründungssohle muss unter den Gründungen ein ca. 0,3 m mächtiger Bodenaustausch als Trag-/Ausgleichsschicht eingebaut werden.

4.2 Baugrube

Für die Herstellung der Baugruben werden unter Berücksichtigung einer Tragschicht bis zu ca. 1,3 m tiefe Baugruben erforderlich. Aufgrund der Platzverhältnisse können die Baugruben grundsätzlich frei geböscht hergestellt werden.

Der Baugrund besteht ganz überwiegend aus bindigen bis gemischtkörnigen Böden (Schicht 2, Schicht 4.1), sodass bei geböschten Baugruben nach DIN 4124 mit Böschungswinkeln von maximal 60° geböscht werden kann. Bei dieser Böschungsneigung können kleinere Ausbrüche aus den Baugrubenböschungen nicht ausgeschlossen werden. Kann dies nicht hingenommen werden, sind die Böschungen entsprechend abzuflachen. Voraussetzung ist grundsätzlich immer die Wasserfreiheit der Böschungen. Andernfalls ist die Böschung mit einem Verbau zu sichern.

Auf die in Kap. 3.1 angegebenen Rammbarkeiten wird hingewiesen. Es ist darauf zu achten, dass in der Schicht 1 sowie durch den Rückbau Bauschuttreste vorhanden sein können, die Zusatzmaßnahmen z.B. in Form von Lockerungs- oder Austauschbohrungen, erforderlich machen. Auch in der Schicht 2 im Übergang zum Fels können Block- und Steinanteile eingelagert sein, die ggf. Zusatzmaßnahmen erforderlich machen.

Beim Aushub werden Böden besonders der Schicht 0 (Auffüllungen/Beton), Schicht 1 (Auffüllungen), Schicht 2 (Hanglehm) und Schicht 4 (verwittertes Karbon) anfallen. Der Aushub ist überwie-



gend den Bodenklassen 3 bis 5 nach DIN 18 300:2012 zuzuordnen. Je nach Steinanteilen (Tonsteinersatz) können zudem die Bodenklassen 6 bis 7 angeschnitten werden – der Anteil wird auf ca. 15 % geschätzt. Auf die chemischen Verunreinigungen in den oberflächennahen Auffüllungen wird nochmals hingewiesen.

4.3 Grundwasserhaltung

Die Baugrubensohle liegt oberhalb des ausgewiesenen Bauwasserstandes, eine geschlossene Wasserhaltung ist nicht erforderlich. Oberhalb des Bauwasserstands ist lokal mit Schicht- und Stauwasser zu rechnen. Es ist eine offene (Rest-)Wasserhaltung mittels Pumpensümpfen in Verbindung mit der Tragschicht, die dabei als Auflastfilter dient, vorzusehen.

4.4 Nachbarbebauung

Das geplante Bauvorhaben liegt in unmittelbarer Entfernung zu einer Wohnsiedlung und einem angrenzenden Gebäude. Die Fleyer Straße verläuft wenige Meter westlich zu dem geplanten Baufeld. Das östlich gelegene Gebäude grenzt unmittelbar an das Bauvorhaben. Ca. 20 m westlich vom Projektgebiet befinden sich Wohnhäuser entlang der Fleyer Straße. Bei der Planung sind die DIN 4123 und 4124 zu beachten.

4.5 Geotechnische Kategorie

Insgesamt ist aufgrund der erforderlichen Zusatzmaßnahmen von mittleren Gründungsverhältnissen auszugehen. Unter Berücksichtigung der Komplexität der Gründungsarbeiten und der (hydro-) geologischen Gegebenheiten wird das Bauwerk in die geotechnische Kategorie GK 2 nach dem Normenhandbuch EC 7 eingeordnet.

4.6 Bergbau

Die Dr. Spang GmbH hat bei der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW eine Anfrage bezüglich der bergbaulichen Verhältnisse und möglicher Bergschadensgefähr-



ung gestellt. Mit Schreiben vom 23.03.2020 wurde uns mitgeteilt, dass kein Bergbau dokumentiert ist und mit bergbaulichen Einwirkungen nicht zu rechnen ist. Auf die Anlage 8 wird verwiesen.

5. EMPFEHLUNGEN

5.1 Gründung

Es wird empfohlen, die Lasten des Bauvorhabens über eine Flachgründung (Einzel- / Streifenfundamente) in den Baugrund abzutragen.

Unter den Gründungen ist wie vorher beschrieben, eine Tragschicht als Bodenaustausch mit einer Mächtigkeit von mindestens 0,3 m erforderlich ist. Als Bodenersatzmaterial eignen sich natürliche, volumenbeständige Mineralstoffgemische, die für Frostschutzschichten im Straßenbau zugelassen sind. Empfohlen wird z.B. Natursteinschotter der Körnung 0/45 mm. Das Bodenersatzmaterial ist in einer Lage von 0,3 m einzubauen und mit 1 – 2 Übergängen statisch zu verdichten. Bei der Anordnung des Bodenersatzes ist eine Lastausbreitung unter 45° anzusetzen. Demnach ist ein seitlicher Überstand der Ersatzmaterialien entsprechend der Schichtmächtigkeit einzuhalten.

Für eine Flachgründung über Einzelfundamente bzw. Streifenfundamente kann der Bemessungswert des Sohlwiderstands gemäß den folgenden Tabellen 5.1-1 und 5.1-2 angesetzt werden.

Es ist zu beachten, dass es sich bei den angegebenen Sohlwiderständen um keinen aufnehmbaren Sohlruck nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässige Bodenpressung nach DIN 1054: 1976-11 handelt. Zudem ist zu beachten, dass die Gründungshöhen im Anschluss des Neubaus an den Bestand die gleiche Ebene haben müssen.

kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b'						
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m
1,0	260	270	280	375	410	445	490
1,5	310	320	440	475	510	545	595

Tabelle 5.1-1: Bemessungswert des Sohlwiderstands für **Einzelfundamente** auf Gründungspolster



kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] b bzw. b			
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
1,0	250	260	280	300
1,5	280	300	350	380

Tabelle 5.1-2: Bemessungswert des Sohlwiderstands für **Streifenfundamente** auf Gründungspolster

Die in den vorstehenden Tabellen angegebenen Bemessungswerte basieren auf überschlägigen Grundbruch- und Setzungsberechnungen unter Ansatz von zulässigen Setzungsbeträgen ≤ 2 cm und den bodenmechanischen Kennwerten entsprechend Kapitel 3. Es wurde von einem Horizontal-lastanteil $H/V \leq 0,2$ und von max. 25 % veränderlichen Lasten, sowie einem zentrischen Lasteintrag ausgegangen.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass die **Gründung des Neubaus im Bereich des unterkellerten Bestands bis auf das Niveau der Bestandsgründung geführt werden muss**. Auf die in Kapitel 4.1 beschriebenen Möglichkeiten wird hingewiesen. Nach unserer Erfahrung ist die Lösung eines Fundamentbalkens mit aufgelegter, freitragender Bodenplatte i.d.R. einfach zu realisieren und erfordert die geringsten Eingriffe in den Bestand und in den Baugrund.

5.2 Baugruben

Für die Herstellung der **Baugrube** sind die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten. Im Übergangsbereich zum Gelände sind die erforderlichen Sicherheitsabstände und Böschungsneigungen gemäß DIN 4124 einzuhalten. Ist dies nicht der Fall sind die Böschungen nach DIN 4124 verbaut anzulegen.

Die Baugruben können, auch aufgrund der geringen Aushubtiefen, frei geböscht hergestellt werden. In Anlehnung an die DIN 4124 sind die anstehenden gewachsenen Böden mit maximal 60° zu böschen. Falls kleinere Ausbrüche vermieden werden sollen, muss flacher geböscht werden. Voraussetzung ist die angenommene Wasserfreiheit der Böschungen.

Für die Herstellung der **Baugruben** sind die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten. Der Baugrubenrand ist auf einer Breite von ≥ 1 m lastfrei zu halten. Wegen der Erosionsempfindlichkeit der anstehenden Böden wird empfohlen, die Baugrubenböschungen mit Folie abzuhängen.



Soweit ein Verbau vorgesehen wird, bzw. erforderlich ist, ist dieser erdstatisch nach DIN 4124 zu bemessen. Hierfür gelten die in Kapitel 3.2 angegebenen bodenmechanischen Kennwerte.

Beim Aushub ist zu beachten, dass bindige Böden (Schichten 2, 4.1) witterungsempfindlich und bei erhöhten Wassergehalten stark bewegungsempfindlich sind. Diese Böden können bei ungünstigen Witterungsbedingungen / Wassersättigung und mechanischer Beanspruchung aufweichen und sich verflüssigen. Der Boden ist dann nicht wieder einbaufähig und auch nicht mehr tragfähig. Dynamische Beanspruchungen dieser Böden sind zu vermeiden. Der Aushub muss rückschreitend erfolgen. Das Aushubgerät ist grundsätzlich mit einer Grabenschaufel (Baggerschaufel mit gerader Schneide) auszurüsten. Damit lässt sich die Aushubsohle weitgehend ohne Störung des Baugrundes herstellen. Die Baugrubensohlen dürfen nicht befahren werden und sind unverzüglich abzudecken, d.h. die Tragschicht ist direkt nach Aushub einzubauen, um die anstehenden Böden vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen. Aufgeweichte Bereiche sind vollständig aus der Aushubsohle zu entfernen und gegen ein rolliges, gut verdichtbares, steinfreies Material, (Bodenklassen nach DIN 18 196: GW, SW, SI, GI oder Tragschichtmaterial, z. B. 0/45 gemäß ZTV SoB-StB) auszutauschen.

Die bindigen Böden sind überwiegend gut lösbar, aber schlecht verdichtungsfähig und frostempfindlich. Sie sind für einen Wiedereinbau ohne Zusatzmaßnahmen (Bodenverbesserung) i.d.R nicht geeignet, außer es können Sackungen (z.B. in Grünflächen) hingenommen werden.

5.3 Wasserhaltung / Abdichtung

Für die Herstellung der Bebauung ist eine offene (Rest-) **Wasserhaltung** ausreichend. Hierbei ist anfallendes Sickerwasser zusammen mit dem Oberflächen- und Schichtwasser in Pumpensämpfen, die seitlich am Rand des Flächen- und Auflastfilters angeordnet werden, zu fassen und abzuführen. Die Tragschicht fungiert in diesem Falle als Flächenfilter und ist an den Böschungen als Auflastfilter entsprechend hochzuziehen. Das Sichern der Arbeiten gegen Niederschlagswasser und ihre Beseitigung inkl. des Fassens und geordneten Ableitens des anfallenden Sickerwassers sind gemäß DIN 18 299, VOB Teil C (4.1.10) Nebenleistungen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die notwendigen Genehmigungen für die Einleitung des anfallenden Wassers in eine geeignete Vorflut bei den zuständigen Behörden eingeholt werden müssen.



Für die **Abdichtung** von erdberührten Bauteilen ist die DIN 18 533 maßgebend. Bauteile, die in gering durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) bis maximal 3 m einbinden, und alle Bauteile mit einer Grundwassereinwirkung von bis zu 3 m, sind in die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E gemäß DIN 18 533 einzuordnen. Alle anderen Bauteile, auf die ein (Stau-)Wasserdruck von mehr als 3 m wirken kann, sind entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten. Sofern eine dauerhaft funktionsfähige Drainage eingebaut wird, ist der Ansatz der Wassereinwirkungsklasse W1.2-E auch bei gering durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) ausreichend. Für die Ausführung sind, insbesondere im Hinblick auf den Abstand zum Bemessungswasserstand (GOK), die Ausführungen der DIN 18 533, Abschnitt 5.1.3.1 zu beachten.

5.4 Herstellung des Planums

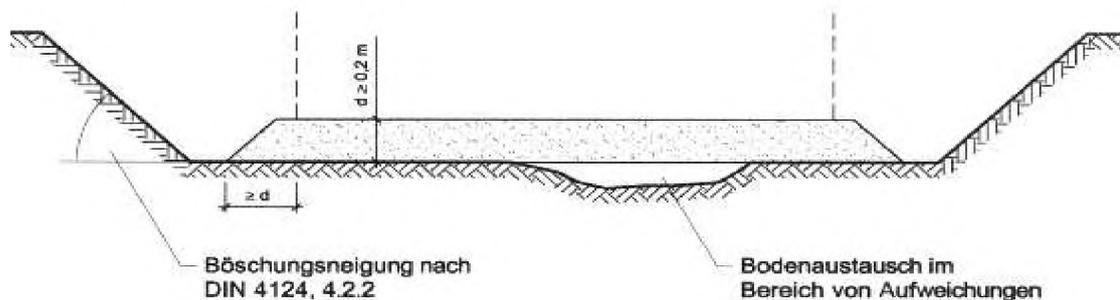
Für die Gründung auf dem bindigen Boden müssen nachstehende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Aushubsohlen liegen bereichsweise in leicht plastischen bindigen Böden. Diese können bei ungünstigen Witterungsbedingungen / Wassersättigung der Böden und mechanischer Beanspruchung aufweichen und in Bodenklasse 2 nach DIN 18 300:2012 übergehen. Der Aushub darf deshalb nur rückschreitend (**kein Befahren des Planums**) und bei trockener, frostfreier Witterung mit einem Tieflöffelbagger mit gerader Schneide ausgeführt werden. Es wird empfohlen, die Ausschachtung abschnittsweise auszuführen. Aufgeweichte leicht plastische, bindige Böden sind nicht mehr einbaufähig und werden auf einer Boden - Verwertungs- / Beseitigungsanlage nicht oder nur zu höheren Gebühren angenommen. Dies ist bei Aushub zu beachten.
- Der bindige Boden in der Gründungssohle muss mindestens eine steife Konsistenz aufweisen und darf nicht aufgeweicht sein. Aufgeweichte Bereiche sind lagenweise durch Austauschboden (z. B. Sand der Körnung 0/2 mm) zu ersetzen. Der Umfang dieser ggf. erforderlichen Maßnahmen ist durch die Dr. Spang Ingenieurgesellschaft mbH vor Ort festzulegen. Es darf wegen einer möglichen Lagerungsstörung der unterlagernden bindigen Böden nicht oder nur mit einem leichten Verdichtungsgerät in einem Übergang statisch verdichtet werden. Das Planum darf nicht dynamisch verdichtet werden.



- Der Bodenaustausch ist als Planumsschutz **unmittelbar nach Aushub** aufzubringen (Verdichtung wie vor beschrieben). Die Mehrausschachtung für den Bodenaustausch ist zu berücksichtigen. Es ist ein seitlicher Überstand mindestens in der Auftragsstärke vorzusehen. Auf die Prinzipskizze 5.4-1 wird verwiesen (die Maße sind nicht maßgebend, auf den Text wird verwiesen).

Einbau Planumsschutzschicht



Prinzipskizze 5.4-1: Schematischer Aufbau der Planumsschutzschicht

5.5 Altlasten

Nach [U 3] liegt das Grundstück der derzeit noch bestehenden Oil! Tankstelle auf der **Altlastenverdachtsfläche 9.61-452** der Stadt Hagen. Die Tankstelle soll schon einmal umgebaut worden sein und in diesem Zuge sollen Bodenverunreinigungen entsorgt worden sein. Eine Untersuchung der auf dem Grundstück anstehenden Auffüllungen erfolgte allerdings seinerzeit nicht. Daher wurden mit dieser Untersuchung, gemäß Forderung der Stadt Hagen, Auffüllungen auf dem Tankstellengrundstück beprobt – soweit dies der unter Betrieb befindlichen Tankstelle möglich war.

Im Ergebnis zeigten sich unter der organoleptisch unauffälligen Oberflächenbefestigung (Pflaster, Schotter), die bis ca. 0,2 m Tiefe reicht, geringmächtige Auffüllungen, welche organoleptisch auffällig sind. Diese reichen bis in Tiefen zwischen 0,6 m und 0,8 m u. GOK. Diese Auffüllungen können ganz überwiegend nicht mehr nach LAGA verwertet werden (> Z 2) und müssen nach DepV (DK II – DK III) entsorgt werden, sofern sie ausgekoffert werden. Maßgebend sind erhöhte Gehalte an Blei, PAK und TOC. Auf die detaillierte Beschreibung in Kapitel 2.5 wird verwiesen.



Da die Auffüllungen unter einer Oberflächenversiegelung liegen bzw. mit Pflaster flächig überbaut werden sollen und deutlich oberhalb des Grundwassers anstehen, muss mit der Stadt Hagen geklärt werden, ob die Auffüllungen ggf. im Untergrund verbleiben können – sofern das aus planerischer Sicht (Geländegestaltung, Sollhöhen) überhaupt möglich ist.

5.6 Verkehrsflächen

Gemäß RStO 12, Tabelle 5, ist für die geplanten Verkehrsflächen von der Belastungsklasse Bk1,0 oder Bk1,8 auszugehen. Auf der sicheren Seite liegend wird von der Belastungsklasse Bk1,8 (Parkplatzflächen mit gelegentlichem Schwerverkehr) ausgegangen. Der frostsichere Aufbau muss unter Berücksichtigung der anstehenden F 3-Böden (Hanglehm – Schicht 2 in Verbindung mit der Belastungsklasse Bk1,8 gemäß RStO 12, Tabellen 6 mindestens 60 cm betragen.

Die anstehenden bindigen Böden können mit hoher Wahrscheinlichkeit die nach RStO geforderten Tragfähigkeitsanforderungen ($E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum) nicht erfüllen, insbesondere, wenn bei nasser Witterung gebaut wird. Es ist in diesem Falle ein zusätzlicher, mindestens ca. 0,3 m mächtiger Bodenaustausch aus volumenbeständigem, gut verdichtbarem Material (z.B. Schotter der Körnung 0/45 mm) unterhalb des frostsicheren Aufbaus vorzusehen. Zur endgültigen Festlegung der Bodenaustauschmächtigkeit können vor Baubeginn Probefelder angelegt werden. Lokal können im Erdplanum rollige und gemischtkörnige aufgefüllte Böden anstehen. Diese können im Untergrund verbleiben und sind so nach zu verdichten, dass ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden kann. Der Bodenaustausch ist gemäß ZTVE-StB 17 zu verdichten. Die erste Lage (Mächtigkeit 0,3 m) ist statisch in einem Walzübergang zu verdichten. Erst nach Einbau der ersten Lage kann eine dynamische Verdichtung erfolgen, da sonst der bewegungsempfindliche Untergrund aufweichen kann.

Sowohl für den Bodenaustausch, als auch für die Frostschutz-/Tragschichten wird die Verwendung von Natursteinschotter, z.B. der Körnung 0/45 mm empfohlen. Die Verwendung von RCL-Material ist nicht zu empfehlen. RCL-Material hat eine geringere Tragfähigkeit und ist schlechter verdichtungsfähig. Für den Einbau ist zudem eine Genehmigung der Umweltbehörden erforderlich (Stadt Witten, EN-Kreis). Wir raten von der Verwendung von RCL ab.



Der Aushub sollte nur rückschreitend (kein Befahren des Planums) und bei trockener, frostfreier Witterung mit einem Tieflöffelbagger mit gerader Schneide ausgeführt werden. Es wird empfohlen, die Ausschachtung abschnittsweise auszuführen. Es wird auf Kap. 5.4 sinngemäß verwiesen.

5.7 Sonstige Empfehlungen

Vor Einbau des Bodenaustausches bzw. vor Herstellung der Sauberkeitsschicht ist die Gründungssohle nach EC 7, Kap. 4.3.1 (1)P, durch die Dr. Spang GmbH zu kontrollieren und abzunehmen. Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Bericht beschriebenen ist die Dr. Spang GmbH umgehend zu benachrichtigen.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass die Böden der Schicht 2 (Hanglehm) bei Wassersättigung und Lagerungsstörung (z. B. dynamische Belastung durch Baufahrzeuge) aufweichen können und von Bodenklasse 4 in Bodenklasse 2 nach DIN 18 300 (2012) übergehen können.

Für die angrenzende bestehende Bebauung und für die im Nahbereich der Baumaßnahme vorhandenen Leitungen / Kanäle wird eine Beweissicherung vor dem Beginn und nach Abschluss der Baumaßnahme empfohlen.

Eine Baugrunderkundung ist naturgemäß eine stichprobenartige Bestandsaufnahme, die zwischen den Aufschlüssen Ergebnisse interpoliert. Abweichungen in gewissem Umfang sind somit nicht gänzlich auszuschließen. Bei Abweichungen der angetroffenen Bodenverhältnisse von den in diesem Gutachten beschriebenen ist die Dr. Spang GmbH umgehend zu benachrichtigen.

Sollten geotechnische Fragen auftreten, die im vorliegenden Gutachten nicht bzw. nicht ausreichend behandelt wurden, oder sollten sich Abweichungen bzw. Abänderungen in den Planungen bzw. Annahmen ergeben, die diesem Gutachten zugrunde gelegt wurden, so ist die Dr. Spang GmbH vom Auftraggeber zu informieren und zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

ppa.

Dipl.-Geol. G. von Zezschwitz
(Abteilungsleiter)

i.A.

A. Kordabnew, M.Sc.
(Projektgeologin)



DR. SPANG

Projekt: 41.7142

Seite 30

20.04.2020

- Verteiler:**
- A+H Bauräger- und Verwaltungsges. mbH über Architekt Sebralla, 3 x, davon 1 x vorab per Mail an <dostal@sebralla-architekten.de>

 - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x