

Neubau Einzelhandelsflächen Grafenrheinfeld

Geotechnischer Bericht



Ort:	Grafenrheinfeld
Auftraggeber:	ROSBO GmbH über ArcDesign Am Dammholz 5 97447 Gerolzhofen
Projektleiterin:	B. Eng. W. Jonczyk
GMP-Projektnr.:	219394\g1 Wj/fr
Datum:	03.07.2020

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen | Hedanstraße 17 | 97084 Würzburg
 Telefon: 0931 61 44-0 | Fax: 0931 61 44-200 | mail: mail@gmp-geo.de | web: www.gmp-geo.de

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG
 Beratende Ingenieure und Geologen
 Würzburg,
 Amtsgericht Würzburg, HRA 6477

Pers. haft. Gesellschafterin:
GMP Ingenieurbeteiligungsgesellschaft mbH
 Würzburg,
 Amtsgericht Würzburg, HRB 10485

Geschäftsführer:
 Dr.-Ing. Hans-Jörg Franke
 Dipl.-Ing. Hubert Hansel
 Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Johannsen
 Dr. Verena Herrmann

Akkreditiertes Prüflabor
 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005
DAkS-Akkreditierungsnr.
D-PL-14479-01-00

Unterlagen: ArcDesign:

/1/ Konzeptplan, o. Maßstab mit Höhenangaben,
Stand 23.04.2020

**Länderübergreifende Regelungen für die abfalltechnische
Bewertung:**

/2/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anfor-
derungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen
Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“,
Stand 06.11.1997

**Länderspezifische Regelungen für die abfalltechnische
Bewertung:**

/3/ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung
von Boden und Bauschutt“, Stand: November 2017

/4/ Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und
Umweltfragen „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tage-
bauen“, Stand 23.12.2019

Anlagen:

1. Übersichtslageplan, M = 1.25.000
2. Lageplan der Aufschlüsse mit Tiefenprofilen und Rammdia-
grammen, M = 1:500, M = 1:100
3. Schnitte mit Tiefenprofilen und Rammdiagrammen, M = 1:250,
M = 1:100
4. Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse
5. Bilddokumentation Schürfe
6. Bilddokumentation Schwarzdeckenkerne
7. Entnommene Bodenproben Geotechnik
8. Entnommene Bodenproben Umwelttechnik
9. Zusammenstellung der Laborversuche
10. Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4
11. Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
12. Proctorkurve nach DIN 18127
13. Körnungsbänder

Anhang:

AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg:

- Prüfbericht 2990768 - 210758 vom 09.03.2020
- Prüfbericht 3002437 - 248650 vom 08.04.2020
- Prüfbericht 3002437 - 248653 vom 08.04.2020
- Prüfbericht 3002437 - 248654 vom 08.04.2020
- Prüfbericht 3002437 - 248656 vom 08.04.2020

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang	5
2. Örtliche Verhältnisse und geplante Baumaßnahme	5
2.1 Allgemein	5
2.2 Erdbebenzone	6
2.3 Frosteinwirkung	6
2.4 Radonbelastung	6
2.5 Schutzgebiet	6
3. Untergrunderkundung	6
3.1 Durchgeführte Aufschlüsse	6
3.2 Einmessung der Aufschlusspunkte	7
4. Probenahme	8
4.1 Geotechnische Probenahme	8
4.2 Umwelttechnische Probenahme	8
5. Untergrundverhältnisse	9
5.1 Oberboden (Mu)	9
5.2 Oberflächenbefestigung (A) und Auffüllungen (A)	10
5.3 Auenablagerungen (q).....	11
6. Grundwasserverhältnisse	13
7. Geotechnische Laborversuche	14
7.1 Wassergehalte	15
7.2 Kornverteilung	16
7.3 Zustandsgrenzen	17
7.4 Proctorversuch	18
7.5 Glühverlust	18
7.6 Grundwasserchemismus	19
8. Geotechnische Feldversuche	19
8.1 Feldflügelsondierungen.....	19
9. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen	20
9.1 Bewertungsgrundlage	20
9.2 Durchgeführte Untersuchungen	21
9.3 Analysenergebnisse	22
10. Charakteristische Bodenkennwerte	23
11. Erdarbeiten.....	23

12.	Geotechnische Empfehlungen für die Gebäude.....	25
12.1	Allgemein.....	25
12.1.1	Gründung auf Einzel- und Streifenfundamente	25
12.1.2	Gründung über eine Bodenplatte.....	26
12.2	Maßnahmen gegen Wasser	26
13.	Geotechnische Empfehlungen für den Parkplatz.....	27
13.1	Allgemeines.....	27
13.2	Tragfähigkeit Planum	27
13.3	Beurteilung der Frostsicherheit	27
14.	Empfehlungen Zufahrtsstraße und Kreisverkehr	28
15.	Ver- und Entsorgungsleitungen	28
16.	Hochwasserschutz.....	29
17.	Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen	29
18.	Homogenbereiche	30
18.1	Geotechnische Klassifizierung	30
18.2	Schichteinteilung	30
18.3	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320	32
18.4	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300	32
18.4.1	Boden.....	33
19.	Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen.....	34
19.1	Zusammenfassung	34
19.2	Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen	34
19.3	Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung	35
19.4	Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung	36

1. Vorgang

Die Firma ROSBO GmbH plant über das Architekturbüro ArcDesign den Neubau von Einzelhandelsflächen mit angrenzenden Parkplatz in Grafenrheinfeld.

Die GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG wurde mit dem Schreiben vom 04.12.2019 mit der Baugrunderkundung und der Ausarbeitung des geotechnischen Berichts beauftragt. Grundlage der Beauftragung ist das GMP-Angebot vom 25.11.2019.

2. Örtliche Verhältnisse und geplante Baumaßnahme

2.1 Allgemein

Wie im Übersichtsplan der Anlage 1 dargestellt, liegt die geplante Baumaßnahme in der Brückenstraße in Grafenrheinfeld angrenzend an die St 2277 in ca. 120 m Entfernung zum Main. Das Grundstück wurde bislang landwirtschaftlich genutzt.

Nach den vorliegenden Planunterlagen soll östlich auf dem Grundstück ein Lebensmittelmarkt (Edeka) mit einer Nettonutzfläche von ca. 2.920 m² und westlich eine Drogerie mit einer Nettonutzfläche von ca. 900 m² errichtet werden. Auf der restlichen Grundstücksfläche sind ca. 48 Pkw-Stellplätze geplant.

Das Gelände fällt im Untersuchungsbereich von West nach Ost leicht ab. Die Geländehöhen im Baubereich liegen im Bereich der Aufschlüsse zwischen maximal 205,33 m NHN (Sch 4) und minimal 204,43 m NHN (RKS 9). Die Aufschlüsse RKS 11 - 13 wurde auf einen Hochwasserdamm ausgeführt und liegen entsprechend höher. Über diesen Damm soll die Zufahrt erfolgen. Die Kreuzung zur Brückenstraße soll zum Kreisverkehr ausgebaut werden.

Nach dem Konzeptplan von ArcDesign soll die Oberkante Fußboden (OK FFB) des Edeka-Marktes auf eine Höhe von 205,60 mNN, die des Drogerie-Marktes auf 206,56 mNN eingestellt werden.

Die genaue Lage der Baumaßnahme und der aktuelle Planungsstand kann dem Lageplan der Anlage 2 bzw. den Schnitten der Anlage 3 entnommen werden.

2.2 Erdbebenzone

Diese Baumaßnahme fällt nach EN 1997-1, DIN 1054 und DIN 4020 in die geotechnische Kategorie GK 2.

Das Baugelände gehört gemäß DIN EN 1998-1 keiner Erdbebenzone und keiner Untergrundklasse an.

2.3 Frosteinwirkung

Grafenrheinfeld liegt gemäß der RStO in der Frostzone II. Damit ist ein Frostindex von $F_i > 250$ bis ≤ 330 [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$] anzusetzen. Daraus lässt sich eine Frosteindringung zwischen 80 cm und 90 cm abschätzen.

2.4 Radonbelastung

Aus dem Geoportal des Bundesamtes für Strahlenschutz wird im Baubereich eine Radon-222-Belastung in der Bodenluft von > 40 kBq/m³ prognostiziert.

2.5 Schutzgebiet

Die Baumaßnahme befindet sich außerhalb von Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten.

3. Untergrunderkundung

3.1 Durchgeführte Aufschlüsse

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Bereich der geplanten Baumaßnahme 13 Rammkernsondierungen (RKS 1- RKS 13) und 6 Schürfe (Sch 1 - Sch 6) bis in Tiefen von maximal 5 m unter Ansatz abgeteuft. Zur Beurteilung der relativen Tragfähigkeit wurden elf Sondierungen mit der leichten Rammsonde (DPL 1 - DPL 11) ausgeführt. Aufgrund der hohen Lagerungsdichte wurden im Bereich der Straße zwei Sondierungen mit der schweren Rammsonde abgeteuft (DPH 1 - DPH 2),

wobei bei den ersten 0,5 - 1,0 m unter GOK auf die superschwere Rammsonde B umgestellt werden musste (DPSH-B).

Die Erkundungsarbeiten wurden vom 03.03. bis 24.03.2020 ausgeführt.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in den Lageplan der Anlage 2.1 im Maßstab 1:500 eingetragen. Farbfotos der Aufschlussstellen sind in Anlage 4 beigelegt.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind zum Teil ebenfalls in den Lageplan der Anlage 2.1 eingetragen (MdH = 1:100) oder in Form von höhenorientierten Tiefenprofilen in drei schematische Gelände- und Bauwerksschnitte eingezeichnet (siehe Anlage 3).

Rechts neben den Tiefenprofilen sind die angetroffenen Boden- und Felsarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben. Angegeben sind außerdem die Farben und die geologischen Kennzeichnungen.

Die am Untersuchungstag angetroffenen Grund- und Sickerwasserstände sind links neben den Tiefenprofilen eingezeichnet. Dort sind außerdem die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben angegeben.

Die Anzahl der Schläge, die erforderlich ist, um die Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2:2012 (DPL/DPH) 10 cm in den Boden einzurammen, ist in der Anlage 2.1 und 3 in den Rammdiagrammen aufgetragen.

Die verwendeten Signaturen der Tiefenprofile und die Kurzzeichen für Boden- und Felsarten sind in den Legenden der Anlage 20 erläutert.

3.2 Einmessung der Aufschlusspunkte

Alle Erkundungspunkte wurden satellitengestützt mit dem Korrektursystem SAPOS HEPS eingemessen. Die Lage der Messpunkte wird als ETRS89-Koordinaten X und Y bestimmt und die Höhen im Bezugssystem DHHN2016 (Deutsches Haupthöhennetz 2016) in m NHN (Höhen über Normalhöhen-Null) gemessen. Zum ursprünglichen Gauß-Krüger und DHHN12-System ergeben sich Abweichungen, die regional unterschiedlich in einer Größenordnung von wenigen Zentimetern liegen.

Bei der Darstellung der Erkundungsergebnisse wird auf eine Umrechnung in andere Höhensystem (z.B. mNN) verzichtet. Dies ist bei der Planung und Festlegungen zu berücksichtigen.

Zur Referenzierung wurden im Rahmen der Einmessung weitere Punkte eingemessen. Die ermittelten Höhen in m NHN sind in den Lageplan mit eingetragen. Mögliche Abweichungen von den in dem Lageplan angegebenen Höhen sind zum einen auf die oben beschriebene Differenz zwischen den Höhensystemen zurückzuführen sowie auf die Messgenauigkeit des verwendeten Systems (ca. ± 5 cm).

4. Probenahme

4.1 Geotechnische Probenahme

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte wurden aus den Aufschlüssen Proben entnommen, die tabellarisch in der Anlage 7 zusammengestellt sind. Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind außerdem neben den Tiefenprofilen der Anlage 2.1 und 3 angegeben.

Nach Sichtung und Beurteilung wurden an ausgewählten Proben Versuche im bodenmechanischen Labor von GMP durchgeführt (siehe Anlage 7). Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 9 zusammengestellt. Die übrigen Proben werden rückgestellt und bei GMP eingelagert. Die Rückstellproben werden bis drei Monate nach Abgabe des Gutachtens aufbewahrt und anschließend fachgerecht entsorgt soweit keine längere Aufbewahrung durch den Auftraggeber gefordert wird.

4.2 Umwelttechnische Probenahme

Im Zuge der Probenahme wurden im Bereich der Aufschlüsse Asphaltdeckenkerne sowie Boden-/Materialproben für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommen, im GMP-Labor gesichtet und abfalltechnisch beurteilt. Geringfügige bodenfremde Bestandteile in Form von Ziegelresten, Keramikresten und Glas wurden an den Aufschlüssen RKS 1 – 10 und RKS 13 angetroffen. Zum Zeitpunkt der Probenahme wurden keine geruchlichen Auffälligkeiten festgestellt.

Der entnommenen Asphaltdeckenkern sind der Tabelle 1 der Anlage 8 zu entnehmen. Es wurden keine laboranalytischen Untersuchungen durchgeführt.

In der Tabelle 2 der Anlage 8 sind die für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommenen Boden-/Materialproben mit der Angabe der Verwendung für die Mischprobenerstellung sowie der durchgeführten Analytik zusammengestellt.

5. Untergrundverhältnisse

Nach der Geologischen Karte Bayerns GK 25, Blatt 5927 Schweinfurt und den Ergebnissen der Baugrunderkundung stehen im Untersuchungsbereich des zu bebauenden Geländes Auenablagerungen in Form von Sanden, Kiesen und Flusslehm an. Den Geländeabschluss bildet der Oberboden. Im Bereich der Straße wurden Auffüllungen mit abschließender Schwarzdecke erkundet.

Aus geotechnischer Sicht kann der Untergrundaufbau vereinfacht mit drei Schichten dargestellt werden:

1. Oberboden (Mu)
2. Oberflächenbefestigung (A) und Auffüllungen (A)
3. Auenablagerungen (q)

Die genaue Schichtenfolge kann den Tiefenprofilen der Anlage 2 und 3 entnommen werden und wird im Folgenden detailliert erläutert.

5.1 Oberboden (Mu)

Innerhalb des Baufeldes wurden alle Aufschlüsse im Bereich des Ackers ausgeführt (siehe Anlage 4), so dass zunächst natürlich oder aufgefüllter Oberboden mit einer Mächtigkeit von 0,30 bis 0,60 m aufgeschlossen wurde. Mutterboden wird gemäß DIN 4023 mit dem Kurzzeichen Mu gekennzeichnet.

Da nur die oberen etwa 0,3 - 0,4 m als belebte Bodenzone anzusehen sind, handelt es sich bei dem organisch durchsetzten Boden nach DIN 18196 um einen organischen Mutterboden mit dem Kurzzeichen OH.

An anthropogenen Bestandteilen wurden am aufgefüllten Mutterboden Ziegel-, Glas- und Keramikreste erkundet, deren Anteil auf unter 1 % abgeschätzt wird.

5.2 Oberflächenbefestigung (A) und Auffüllungen (A)

Die Aufschlüsse RKS 11 - 13 wurden im Bereich einer asphaltierten Straße ausgeführt. Folgende Oberflächenbefestigungen wurden erkundet:

Tabelle 1: Verkehrsflächen

Aufschluss	Gesamtdicke [cm]	Schichtstärken [cm]
RKS 11	60,0	4,0 cm Deckschicht 5,5 cm Binderschicht 11,5 cm Tragschicht 39,0 cm Mineralstoffgemisch
RKS 12	50,0	3,0 cm Deckschicht 12,0 cm Tragschicht 35,0 cm Mineralstoffgemisch
RKS 13	50,0	9,0 cm Schwarzdecke 41,0 cm Mineralstoffgemisch

Fotos der Bohrkerns sind in Anlage 6 beigelegt.

Unterhalb der Oberflächenbefestigung wurden bis in Tiefen von 1,40 m bis 2,00 m unter GOK an den Aufschlüssen RKS 11 bis RKS 13 weitere Auffüllungen erkundet. Diese sind überwiegend grobkörnige Kiese mit sandigen, schluffigen und tonigen Beimengungen vor (Kurzzeichen: G, s, u, t). Die Anteile der Beimengungen variieren gering. An RKS 11 wurde vor dem Festkommen der Rammkernsonde eine geringmächtige Schicht sandiger, toniger Schluff festgestellt (Kurzzeichen: U, s, t).

An anthropogenen Bestandteilen wurden an RKS 11 und 13 Ziegelreste erkundet, deren Anteil sich auf unter 1 % beläuft.

Aufgrund der hohen Lagerungsdichte musste die Rammsondierung an RKS 12 und RKS 13 in den ersten 0,50 - 1,00 m auf die superschwere Rammsonde B umgestellt werden (DPSH-B). Diese erreichte Schlagzahlen von im Schnitt $N_{20,DPSH-B} = 15 - 25$. Dies entspricht einer durch kontrollierte Verdichtung erreichten sehr dichten Lagerung. Auch im Bereich von RKS 11 entsprechen die Schlagzahlen der leichten Rammsonde von $N_{10,DPL} > 50$ dieser Lagerung. Darunter wurden Schlagzahlen von $N_{10,DPH} = 10 - 20$ und $N_{10,DPL} = 10$ erreicht, was einer mitteldichten bis dichten Lagerung entspricht.

In einer Tiefe von 1,40 - 2,00 m unter GOK kamen die genannten Sondierungen im Bereich der Straße fest. Ob unterhalb der Aufschlussendtiefe eine mit Bindemittel stabilisierte Schicht vorhanden ist, konnte in den Aufschlüssen nicht festgestellt werden.

5.3 Auenablagerungen (q)

Unterhalb des Mutterbodens wurden an allen Aufschlüssen im Baubereich bis in die Aufschlussentiefen von 3 - 5 m unter GOK Auenablagerungen unterschiedlichster Form erkundet. Im Allgemeinen wurden zunächst Lehme, dann Sande und mit der Tiefe Kiese festgestellt. Teilweise fehlen jedoch die Lehme, teilweise ist in den Sanden eine Lehmschicht eingelagert. Auch die Mächtigkeit der Schichten variiert von Aufschluss zu Aufschluss sehr stark. Nachfolgend werden die einzelnen Schichten detailliert beschrieben.

Lehme

An allen Aufschlüssen außer Schurf 4 steht oberflächennah eine Lehmschicht mit Mächtigkeiten zwischen 0,20 - 1,80 m an. Bei Schurf 3 und RKS 4 wurden die Lehme in Tiefen von jeweils 1,3 - 2,1 m als Zwischenschicht in den Sanden angetroffen.

Ingenieurgeologisch wird die Lehmschicht als sandig-toniger Schluff (Kurzzeichen: U, s, t) beschrieben. Die Lehme wurden in situ mit einer steifen Konsistenz angesprochen.

Bei den Sondierungen mit der leichten Rammsonde wurden dagegen nur Schlagzahlen von N_{10} ca. 5 - 10 erzielt. Diese Werte liegen unterhalb der Erfahrungswerte für steife Lehme, was auf eine hohe Wasser- und Strukturempfindlichkeit hindeutet.

Sande

Unterhalb der Lehme folgen überwiegend mächtige Sandschichten bis in Tiefen von 2,30 bis 5,00 m unter GOK. Erkundet wurden diese überwiegend als brauner Sand (Kurzzeichen: S). An einigen Aufschlüssen wurden schluffige Beimengungen und Linsen angetroffen (Kurzzeichen: S, u). Am Übergang zu den Kiesen wurden an den Aufschlüssen RKS 2, 3, 4 und Sch 5 auch kiesige Beimengungen ermittelt (Kurzzeichen: S, g oder S, u, g). An RKS 9 wiesen die lehmigen Sande einen organischen Anteil auf (Kurzzeichen: o).

Am Tag der Baugrunderkundung wurden die Sandschichten zumeist bereits unterhalb des Grundwasserspiegels angetroffen. Aufgrund dessen werden diese oft als nass beschrieben oder es kam zu Kernverlusten von mehreren Metern. Schurf 1 und Schurf 2 sackten in den Sandschichten zusammen (siehe Anlage 5).

Durch die leichte Rammsondierung wurden überwiegend Schlagzahlen von $N_{10,DPL} = 8 - 18$ erreicht. Schlagzahlen dieser Größe und des Grundwasserspiegels deuten auf eine lockere bis mitteldichte Lagerung hin. Schlagzahlspitzen sind vermutlich auf eingelagerte Steine zurückzuführen.

Kiese

Unterhalb der Sande folgen an den Aufschlüssen RKS 1, RKS 3 - RKS 10 und Sch 4 - Sch 6 sandige Kiese (Kurzzeichen: G, s) bis in die Aufschlussentiefen von 2,70 - 5,00 m. Ebenso wie bei den Sanden kam es auch hier zu hohen Kernverlusten und einem Zusammensacken der Schürfe.

Schlagzahlen der leichten Rammsonde liegen bei im Schnitt $N_{10,DPL} = 10 - 30$, steigen jedoch mit zunehmender Tiefe auf > 50 an. Somit liegt oberhalb eine mitteldichte Lagerung vor, welche mit zunehmender Tiefe auf sehr dicht ansteigt.

Organische Schichten

Da die Baumaßnahme in der Nähe eines Altarms des Main liegt, war im Vorfeld der Maßnahme nicht auszuschließen, dass organische Schichten sowie Torfe anzutreffen sind. Außer den bereits erwähnten organischen Beimengungen wurden aber keine größeren Bereiche mit Organik festgestellt. Da diese Einlagerung oft auch nur kleinräumig auftreten können, kann trotz des relativ geringen Untersuchungsrastrers nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass zwischen den Untersuchungspunkten organische Linsen vorhanden sind.

6. Grundwasserverhältnisse

An den Tagen der Baugrunderkundung wurden folgende Grundwasserzutritte festgestellt:

Tabelle 2: Hydrogeologische Verhältnisse

Aufschluss	Datum	Ansatzpunkt des Aufschlusses [m NHN]	Art des Wassers	Tiefe unter GOK [m]	Absolute Höhe [m NHN]
Sch 1	03.03.2020	204,79	Grundwasser	1,70	203,09
Sch 2	03.03.2020	204,92	Grundwasser	1,90	203,02
Sch 3	03.03.2020	205,20	Grundwasser	2,00	203,20
Sch 4	03.03.2020	205,33	Grundwasser	2,30	203,03
Sch 5	03.03.2020	204,96	Grundwasser	2,15	202,81
Sch 6	03.03.2020	204,89	Grundwasser	1,70	203,19
RKS 1	04.03.2020	204,75	Grundwasser	1,80	202,95
RKS 2	04.03.2020	204,83	Grundwasser	1,80	203,03
RKS 3	04.03.2020	204,90	Grundwasser	1,80	203,10
RKS 4	04.03.2020	205,04	Grundwasser	2,10	202,94
RKS 5	05.03.2020	204,78	Grundwasser	1,80	202,98
RKS 6	05.03.2020	205,21	Grundwasser	1,90	203,31
RKS 7	05.03.2020	205,01	Grundwasser	1,80	203,21
RKS 8	05.03.2020	204,77	Grundwasser	1,80	202,97
RKS 9	05.03.2020	204,43	Grundwasser	2,00	202,43
RKS 10	05.03.2020	204,86	Grundwasser	1,90	202,96

Hier zeigt sich ein einheitlicher Grundwasserspiegel, welcher im Mittel bei ca. 1,80 - 1,90 m unter aktueller Geländeoberkante liegt.

Der Wasserspiegel des ca. 120 m westlich gelegenen Main wurde am 24.03.2020 auf einer Höhe von 203,12 m NHN eingemessen. Der Mainwasserspiegel liegt an dem Tag somit ca. 1,80 m unterhalb der mittleren Geländeoberkante der Untersuchungsfläche und somit auf Höhe der Untersuchungsfläche angetroffenen Grundwasserspie-

gel. Es ist davon auszugehen, dass der Grundwasserspiegel im Bereich der Untersuchungsfläche mit dem Wasserstand des Main korreliert. Das bedeutet, dass bei einem Hochwasser des Main der Grundwasserspiegel nur gering zeitverzögert ansteigt.

Für den Baubereich sind folgende Hochwasserstände zu erwarten:

Tabelle 3: Hochwasserstände für Main-km 327,00

Jährlichkeit	Wasserstand HW _x [mNN]
HW ₁₀₀	206,76
HW ₃₀₀	207,31

Quelle: WWA Bad Kissingen

Nach längeren Nässeperioden oder Niederschlagsereignissen sind zudem Stauhori- zonte auf den Lehmen zu erwarten. Zur Stärke und Tiefenlage von Wasserzutritten sind hierbei keine Angaben möglich.

7. Geotechnische Laborversuche

Die Versuche wurden entsprechend folgender Normen ausgeführt:

Tabelle 4: Normung Laborversuche

Art	Versuch	Norm	Ausgabe
Boden	Bestimmung des Wassergehalts	DIN EN ISO 17892 - 1	03-2015
	Bestimmung der Dichte	DIN EN ISO 17892 - 2	03-2015
	Bestimmung der Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892 - 4	04-2017
	Bestimmung der Fließ – und Ausrollgren- zen	DIN EN ISO 17892 - 12	10-2018
	Konsistenz und Plastizität	DIN EN ISO 14688 - 2	12-2013
	Bestimmung des Glühverlustes	DIN 18128	12-2002
	Klassifizierung	DIN 18196	05-2011

7.1 Wassergehalte

Der natürliche Wassergehalt wurde an den Proben wie folgt bestimmt:

Tabelle 5: Wassergehalte quartäre Lehme

Aufschluss	Probe Nr.	Wassergehalt	Hauptbodenart
Sch 1	20/0992	22,4 %	Schluff
Sch 3	20/0999	21,8 %	Schluff
Sch 5	20/1003	22,6 %	Schluff
Sch 6	20/1007	22,3 %	Schluff
RKS 3	20/1013	21,5 %	Schluff
RKS 5	20/1018	22,8 %	Schluff
RKS 9	20/1024	25,9 %	Schluff

Tabelle 6: Wassergehalte quartäre Sande

Aufschluss	Probe Nr.	Wassergehalt	Hauptbodenart
Sch 1	20/0994	18,4 %	Sand
Sch 3	20/0998	11,1 %	Sand
Sch 4	20/1001	6,9 %	Sand
Sch 6	20/1009	13,4 %	Sand
RKS 2	20/1011	19,0 %	Sand
RKS 4	20/1015	10,7 %	Sand
RKS 6	20/1020	12,1 %	Sand
RKS 9	20/1025	28,5 %	Sand
RKS 10	20/1027	19,3 %	Sand

Tabelle 7: Wassergehalte quartäre Kiese

Aufschluss	Probe Nr.	Wassergehalt	Hauptbodenart
Sch 4	20/1002	9,9 %	Kies

7.2 Kornverteilung

Wesentliche bodenmechanische Eigenschaften können an Hand der Kornzusammensetzung beurteilt werden. Hierfür wurde die Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 bestimmt, die die Massenanteile der in einer Bodenart vorhandenen Körnungsgruppen angibt.

Bei einigen Proben erfolgte auf Grund der festgestellten Kornzusammensetzung die Kornverteilung nur für die nicht bindigen Kornfraktionen (Korngrößen > 0,063 mm). Für die Körnung < 0,063 mm (Tone und Schluffe) wurde nur der Gesamtanteil bestimmt (Ermittlung abschlämmbarer Bestandteile).

Bei den Versuchen wurden folgende Kornanteile festgestellt:

Tabelle 8: Kornverteilung Quartäre Lehme

Aufschluss	Probe Nr.	Ton ¹⁾ [Gew.-%]	Schluff ¹⁾ [Gew.-%]	Sand ¹⁾ [Gew.-%]	Kies ¹⁾ [Gew.-%]	Bodengruppe DIN 18196	Anlage
RKS 2	20/1011	17,4	32,2	50,2	0,2	-- ²⁾	10.2

1) Korngrößen: Ton: < 0,002mm, Schluff: 0,002 – 0,063 mm, Sande: 0,063 – 2,0 mm, Kiese: 2,0 – 63,0 mm

2) Klassifizierung anhand der Kornverteilung bei dieser Probe nicht möglich

Tabelle 9: Kornverteilung Quartäre Sande

Aufschluss	Probe Nr.	Ton ¹⁾ [Gew.-%]	Schluff ¹⁾ [Gew.-%]	Sand ¹⁾ [Gew.-%]	Kies ¹⁾ [Gew.-%]	Bodengruppe DIN 18196	Anlage
Sch 1	20/0994	4,8		94,8	0,5	SE	10.1
Sch 3	20/0998	14,4		85,6	-	SU/ST	10.1
Sch 4	20/1001	8,0		92,0	-	SU/ST	10.1
Sch 6	20/1009	-		52,2	47,8	GI	10.1
RKS 4	20/1015	18,0		82,0	-	SU*/ST*	10.2
RKS 6	20/1020	3,7		96,3	0,1	SE	10.2
RKS 9	20/1025	16,1	32,2	49,0	2,7	-- ²⁾	10.2
RKS 10	20/1027	7,1		92,6	0,3	SU/ST	10.2

1) Korngrößen: Ton: < 0,002mm, Schluff: 0,002 – 0,063 mm, Sande: 0,063 – 2,0 mm, Kiese: 2,0 – 63,0 mm

2) Klassifizierung anhand der Kornverteilung bei dieser Probe nicht möglich

Tabelle 10: Kornverteilung Quartäre Kiese

Aufschluss	Probe Nr.	Ton ¹⁾ [Gew.-%]	Schluff ¹⁾ [Gew.-%]	Sand ¹⁾ [Gew.-%]	Kies ¹⁾ [Gew.-%]	Bodengruppe DIN 18196	Anlage
Sch 4	20/1002	1,1		35,4	63,6	GI	10.1

1) Korngrößen: Ton: < 0,002mm, Schluff: 0,002 – 0,063 mm, Sande: 0,063 – 2,0 mm, Kiese: 2,0 – 63,0 mm

7.3 Zustandsgrenzen

Die bodenmechanischen Eigenschaften von bindigen Böden sind entscheidend abhängig von der Konsistenz und dem Bildsamkeitsbereich der Bodenprobe. Als bildsam wird eine Bodenprobe bezeichnet, wenn sie eine breiige, weiche oder steife Konsistenz aufweist. Die Konsistenzgrenzen werden bestimmt über die Fließgrenze w_L , die den Übergang von der flüssigen zur breiigen Konsistenz bezeichnet und die Ausrollgrenze w_P , die den Übergang von der steifen zur halbfesten Konsistenz angibt. Die Plastizitätszahl I_P ergibt sich aus der Differenz der Fließ- und Ausrollgrenze und ist ein Maß für die Wasserempfindlichkeit des Bodens. Über die Konsistenzzahl I_c ergibt sich dann die Konsistenz des Bodens. Aus diesen Werten kann die Bodengruppe nach DIN 18196 bestimmt werden. Die Versuchsdurchführung erfolgt entsprechend DIN EN ISO 17892-12.

Bei den Versuchen wurden folgende Konsistenzgrenzen ermittelt:

Tabelle 11: Konsistenzgrenzenbestimmung Quartäre Lehme

Aufschluss	Probe Nr.	w_L [%]	w_P [%]	I_P [%]	I_c [%]	Konsistenz	Bodengruppe DIN 18196
Sch 1	20/0992	0,43	0,215	0,215	0,96	steif	TM
Sch 3	20/0999	0,274	0,177	0,097	0,58	weich	ST*/TL
Sch 5	20/1003	0,307	0,174	0,133	0,61	weich	TL
Sch 6	20/1007	0,434	0,209	0,225	0,94	steif	TM
RKS 2	20/1011	0,332	0,166	0,166	0,86	steif	TL
RKS 3	20/1013	0,352	0,19	0,162	0,85	steif	TM/TL
RKS 5	20/1018	0,451	0,188	0,263	0,85	steif	TM
RKS 9	20/1024	0,453	0,204	0,249	0,78	steif	TM

Die bei den Laborversuchen ermittelte Konsistenz liegt teilweise unterhalb der Konsistenz der Ansprache. Dies ist zum einen auf unvermeidliche Störung bei der Probenahme zurückzuführen, zeigt aber auch, wie bereits die Ergebnisse der Rammsondierungen, die hohe Wasser- und Strukturempfindlichkeit dieser Schicht.

7.4 Proctorversuch

Zur Bestimmung der Verdichtbarkeit und Wiedereinbaufähigkeit wurde ein Proctorversuch nach DIN 18127 durchgeführt. Mit dem Versuch wird ermittelt, bei welchem Wassergehalt die bestmögliche Verdichtung zu erreichen ist. Bei einem zu niedrigen Wassergehalt ist aufgrund der zu großen Reibung zwischen den einzelnen Bodenteilchen nur eine geringe Verdichtung möglich. Mit steigendem Wassergehalt wird die Reibung reduziert, so dass eine bessere Verdichtbarkeit gegeben ist. Bei einem zu hohen Wassergehalt nimmt die Verdichtbarkeit wieder ab, da das Porenwasser durch die Verdichtungsvorgänge nicht mehr verdrängt werden kann. Als optimaler Wassergehalt wird der Wassergehalt bezeichnet, bei dem die Verdichtung am größten ist. Das Verdichtungshöchstmaß wird durch die größte Trockendichte bzw. der so genannten Proctordichte D_{Pr} beschrieben.

Tabelle 12: Ergebnisse Proctorversuch

Aufschluss	Probe Nr.	ρ_{Pr} [t/m ³]	w_{opt} [%]	D_{Pr} bei w_n [%]	min w / max w für 97% ρ_D [%]
Sch 3	20/0999	1854	14,6	88,9	12,5/17,0
Sch 4	20/1001	1,701	14,5	96,2	10,2/---

Mit den natürlichen Wassergehalten ist eine Verdichtung zwischen ca. 89 und 96 % der einfachen Proctordichte möglich, wobei der natürliche Wassergehalt bei Probe Nr. 20/01001 auf dem „trockenen Ast“ und Probe Nr. 20/0999 auf dem „nassen Ast“ der Proctorkurve liegt.

7.5 Glühverlust

Der organische Bestandteil wurde an einer Probe aus den quartären Sanden zu 2,7 % bestimmt.

7.6 Grundwasserchemismus

Aus dem Aufschluss Sch 4 wurde eine Grundwasserprobe entnommen und bauchemisch analysiert.

Die Ergebnisse der Wasseruntersuchung nach DIN 4030 zur Beurteilung betonangreifender Wässer sind im Prüfbericht des chemischen Labors im Anhang beigelegt und in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 13: Untersuchungsergebnisse der Grundwasseranalyse

Aufschluss	Probenahmetiefe [m u. GOK]	Prüfbericht	Betonangriff	ursächlicher Parameter
Sch 4	2,30	2990768 - 210758	nicht angreifend	---

8. Geotechnische Feldversuche

8.1 Feldflügelsondierungen

Mit der Feldflügelsondierung wird die Gesamtscherfestigkeit des undrainierten Bodens c_{fv} ermittelt. Hierfür wurden in situ eine Flügelsondierung ($d = 50$ mm) nach DIN 4094-4 durchgeführt. Für die Versuchsdurchführung wird die Flügelsonde in den ungestörten Boden eingedrückt und anschließend mit konstanter Geschwindigkeit bis zum Abscheren gedreht.

Gemessen wird das hierzu erforderliche maximale Drehmoment M_{max} . Weiterhin wird nach dem Abscheren zur Ermittlung der Restscherfestigkeit das Restschermoment M_{rest} ermittelt.

Das ermittelten maximalen Drehmomente sowie die Momente nach Abscheren des Bodens sind in Anlage 3 neben den Tiefenprofilen sowie in Tabelle 13 angegeben. Aus den Schermomenten können die Scherfestigkeiten nach folgender Formel errechnet werden:

$$c_{u,i} = \frac{6 \times M_i}{7\pi \times D^3}$$

Zur Berücksichtigung der Plastizität müssen die Ergebnisse der Feldflügelsondierungen ggf. mit einem Korrekturfaktor abgemindert werden. Der Faktor μ ergibt sich gem. EC 7 in Abhängigkeit vom Wassergehalt an der Fließgrenze w_L (siehe Kapitel 7.3). Bei Werten von $w_L = 0,25 - 0,90$ ergibt sich ein Abminderungsfaktor von 1,2 - 0,95.

Tabelle 14: Ergebnisse Feldflügelsondierung

Aufschluss	Tiefe [m u. GOK]	Drehmomente		Scherfestigkeit		undrainierte Scherfestigkeit
		M_{max} [Nm]	M_{Rest} [Nm]	c_{rv} [kN/m ²]	c_{RV} [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]
RKS 1	1,30	35	15	76	33	76,44

9. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

9.1 Bewertungsgrundlage

Zur orientierenden umwelttechnischen Bewertung werden folgende Bewertungsgrundlagen herangezogen:

- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“, Stand 06.11.1997 /2/
Nachfolgend: LAGA M20
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“ /3/, Stand: November 2017
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen „Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen“, Stand 23.12.2019 /4/
Nachfolgend: LGBT

9.2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erhöhung der Planungssicherheit und für die Ausschreibung der Baumaßnahme wurden orientierende abfalltechnische Untersuchungen an Mischproben durchgeführt. Die Mischproben wurden anhand der Erkenntnisse aus der Probensichtung aller Einzelproben aufgrund ähnlicher Materialbeschaffenheit (z.B. Fremdbestandteile) sowie deren räumlichen Bezug zueinander zusammengestellt. Die für die Herstellung der Mischproben verwendeten Einzelproben sind der Tabelle 2 der Anlage 8 zu entnehmen.

Die Mischproben wurden von dem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg auf den Parameterumfang der LAGA M20, die Auffüllungen in der Gesamtfraktion, der natürliche Untergrund in der Feinfraktion < 2 mm, laboranalytisch untersucht.

Die RKS wurden in Abständen von ca. 20 - 40 m niedergebracht.

Die Misch- bzw. Einzelproben werden für einen Zeitraum von sechs Wochen nach Datum des Prüfberichtes (Laborproben) bzw. drei Monaten nach Erstellung des Gutachtens (Rückstellproben GMP) zurückgestellt. Die Rückstellfristen können gegebenenfalls nach vorheriger Anmeldung verlängert werden.

9.3 Analysenergebnisse

LAGA M20

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus den Auffüllungen und dem natürlichen Untergrund sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle werden die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung, die orientierende abfalltechnische Einstufung gemäß LAGA M20, Hinweise für eine maßnahmeninterne Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Die in der Tabellenspalte „Verwertung vor Ort“ angegebenen potentiellen internen Verwertungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den GMP-bekanntem Planungsstand (siehe Kapitel 2.1 und Anlagen 2 + 3).

Tabelle 15: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung vor Ort (Einbaubereich) ¹
		LAGA M 20 (Boden)	maßgebl. Parameter	
MP 1 RKS 1+3+5+10 + Sch 1+2+5+6 (0,3 – 2,3 m)	Natürlicher Untergrund: Schluff, sandig, tonig	Z0	--	Ja (Gesamte Baumaßnahme)
MP 2 RKS 4+6+9+ Sch 3 (0,4 – 1,3 m)	Natürlicher Untergrund: Schluff, sandig, tonig	Z0	--	Ja (Gesamte Baumaßnahme)
MP 3 RKS 11-13 (0,085 – 0,6 m)	Auffüllung: Kies, sandig, schluffig	Z0	[pH (OS) 8,1, pH (E) 9,3] ²	Ja (Gesamte Baumaßnahme)
MP 4 RKS 11-13 (0,5 – 1,4 m)	Auffüllung: Kies, stark sandig, schluffig, tonig Fremdbestandteile: <1% Ziegelreste	>Z2	Sulfat 170 mg/l	Nein

Z...: Einstufung gemäß LAGA-Mitteilung Nr. 20, Teil Boden, Stand 1997

LAGA M20: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln" Teil II, Stand 06.11.1997

OS: Originalsubstanz; E: Eluat

¹: Bewertet wird nur die abfallrechtliche, nicht die bautechnische Eignung.

²: Gemäß Internetangebot des LfU ist das Endergebnis in der letzten Dezimalstelle gem. DIN 1333 zu runden. Demnach wird der Grenzwert von pH (OS) 8 und pH(E) 9 eingehalten.

10. Charakteristische Bodenkennwerte

Nach den Ergebnissen der Aufschlüsse und Laborversuche sowie den Erfahrungen des Gutachters können für erdstatische Berechnungen die nachfolgenden charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 16: Charakteristische Bodenkennwerte

Baugrund	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul ¹⁾ (min - max) E_s [MN/m ²]
Auffüllungen	19,0	9,0	30,0 ²⁾	---	20,0 - 60,0
Lehme	21,0	11,0	27,5	5,0	2,0 - 8,0
Sande	20,0	10,0	30,0	---	12,0 - 18,0
Kiese	20,0	10,0	30,0	---	30,0 - 80,0

¹⁾ in Abhängigkeit vom Spannungsbereich (150 – 300 kN/m²)

²⁾ Ersatzreibungswinkel

11. Erdarbeiten

Nach den vorliegenden Planunterlagen soll die Oberkante Fußboden des Edeka-Marktes auf einer Höhe von 205,60 mNN und Oberkante Fußboden der geplanten Drogerie auf 206,56 mNN eingestellt werden. Die Oberkante des Parkplatzes liegt knapp darunter, wobei in Richtung Zufahrt eine Anrampung an den Hochwasserschutzdamm erforderlich wird, so dass hier die zukünftige Oberfläche entsprechend höherliegt.

Das vorhandene Gelände wurde im Bereich der Aufschlüsse auf Höhen zwischen 204,4 und 205,3 m NHN eingemessen. Durch die vormalige landwirtschaftliche Nutzung ist eine relativ mächtige Oberbodenschicht vorhanden, so dass vor den weiteren Erdarbeiten die obersten ca. 50 - 60 cm abgeschoben werden müssen.

Damit werden bis auf Höhe Planum der Freiflächen bzw. bis auf Höhe des Unterbaus der Bodenplatten im Bereich der Märkte Auffüllungen mit einer Mächtigkeit von grob ca. 1 m erforderlich.

Nach Abschieben des Oberbodens sind auf Höhe des entstehenden Planums zunächst lehmige Sande und sandige Lehme vorhanden, die nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung eine sehr hohe Wasser- und Strukturempfindlichkeit haben und somit

beim Befahren vermutlich keine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen. Somit wird eine Stabilisierung der Aufstandsfläche erforderlich. Im Hinblick auf die erforderliche Schutzwirkung bei einem Hochwasser des Main sollten die Lehme nicht durchstoßen werden bzw. die Mächtigkeit der Lehme nicht verringert werden. Eine Stabilisierung sollte daher in jedem Fall durch Einfräsen von Bindemittel erfolgen.

Bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen wird hierfür ein Mischbindemittel empfohlen. Infrage kommt ein Bindemittel mit einem Mischungsverhältnis Kalk/Zement von 50/50 bis 70/30. Die genaue Bindemittelmenge kann erst bei Bauausführung in Abhängigkeit vom natürlichen Wassergehalt festgelegt werden. Wir gehen zunächst davon aus, dass eine Bindemittelmenge von ca. 3 - 4 Gew.-% erforderlich wird. Dies entspricht einer Menge von ca. 50 - 65 kg/m³ bzw. bei einer Frästiefe von ca. 0,4 m einer Menge von 20 - 25 kg/m².

Bei einer sehr feuchten Witterung zum Zeitpunkt der Bauausführung kann eine Erhöhung der Bindemittelmenge erforderlich werden. Umgekehrt kann es notwendig werden, dass bei sehr trockenen Böden das Planum zunächst dosiert gewässert wird, damit genügend Feuchtigkeit für die Hydratation des Bindemittels gegeben ist.

Auf das stabilisierte Planum kann die restliche Auffüllung eingebracht werden. Das Material sollte so gewählt werden, dass auf Oberkante der Auffüllung eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird. Dies kann z.B. ebenfalls durch einen sandig-lehmigen Boden realisiert werden, der ebenfalls mit Bindemittel aufbereitet und stabilisiert wird. Das Auffüllmaterial ist in Lagen von maximal 30 cm einzubringen (verdichtete Höhe) und lagenweise bis jeweils 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Um ein Aufweichen des Planums durch Regenfälle zu vermeiden, sollte die Auffüllung jeweils mit einem leichten Gefälle nach außen geschüttet werden. Die oberste Schicht der Tagesleistung sollte jeweils mit Glattmantelwalze geglättet werden, um einen schnellen Abfluss des Oberflächenwassers zu ermöglichen.

Sollten oberflächennah durch Regenfälle Aufweichungen auftreten, müssen diese vor den weiteren Erdarbeiten abgeschoben oder Kalk eingefräst werden. In diesem Falle sollte der Baugrundgutachter hinzugezogen werden.

Die erreichte Tragfähigkeit und Verdichtung der Auffüllung ist durch Plattendruckversuche und Rammsondierungen zu überprüfen und nachzuweisen.

Ergänzend müssen ungestörte Proben zur Bestimmung des Luftporenanteils entnommen werden, da bei zu trocken eingesetztem Material mit Plattendruckversuchen bzw. Rammsondierungen verfälschte Verdichtungswerte ermittelt werden können.

Um die genaue Art und den Umfang der Kontrolluntersuchung festzulegen, ist ein Qualitätssicherungsplan aufzustellen.

Damit zumindest ein Teil der durch die Auffüllungen auftretenden Setzungen (insgesamt bis zu ca. 8 cm) abgeklungen sind, sollten die Erdarbeiten möglichst frühzeitig vor Beginn der Hochbauarbeiten ausgeführt werden.

12. Geotechnische Empfehlungen für die Gebäude

12.1 Allgemein

Nach den vorliegenden Planunterlagen soll östlich auf dem Grundstück ein Lebensmittelmarkt mit einer Nettotonutzfläche von ca. 2.920 m² und westlich auf dem Gelände eine Drogerie mit einer Nettotonutzfläche von 900 m² entstehen.

12.1.1 Gründung auf Einzel- und Streifenfundamente

Bei der geplanten Höheneinstellung liegt die Gründungssohle der Fundamente bei einer frostfreien Gründung noch innerhalb der neu einzubringenden Auffüllungen oder auf Höhe des mit Bindemittel stabilisierten Planums.

Bei den zu erwartenden Lasten ist eine konventionelle Flachgründung über Bodenplatte oder über Einzel- und Streifenfundamente möglich.

Durch die erforderliche Stabilisierung kann eine „normale“ Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten erfolgen. Die Gründungssohle liegt, wie bereits erwähnt, bereits innerhalb von mit Bindemittel stabilisierten Schichten bzw. auf den Auffüllungen, die kontrolliert verdichtet eingebaut wurden.

Genauere Angaben zu Lasten liegen nicht vor, so dass zunächst nur generelle Gründungsempfehlungen abgegeben werden können. Bei Gründung auf den oben beschriebenen Schichten kann zur Vordimensionierung der Fundamente ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 300 \text{ kN/m}^2$ angenommen werden. Die angenommene Bodenpressung gilt für die reduzierte Fläche nach DIN 1054.

Auch Angaben zu Setzungen können erst nach Vorliegen von Lasten gemacht werden. Bei den zu erwartenden Lasten werden die Setzungen in einer Größenordnung von maximal ca. 1 - 2 cm abgeschätzt. Diese Setzungen und daraus resultierende Setzungsdifferenzen müssten schadlos von der aufgehenden Konstruktion aufgenommen werden können.

12.1.2 Gründung über eine Bodenplatte

Alternativ kann die Gründung über eine Bodenplatte erfolgen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Auffüllungen unterhalb der Bodenplatte, wie im Kapitel Erdarbeiten beschrieben, ausgeführt werden und die entsprechenden Tragfähigkeits- und Verdichtungswerte nachgewiesen werden konnten.

Für die Dimensionierung der Bodenplatte kann dann ein Bettungsmodul von $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. In einem Randstreifen ($b = 1,0 \text{ m}$) kann der Bettungsmodul auf $k_s = 22 \text{ MN/m}^3$ erhöht werden. Auch hier können endgültige Angaben zu Bemessungswerten erst nach Vorliegen von Lasten gemacht werden.

Die Setzungen werden ebenfalls in der Größenordnung von ca. 1 - 2 cm abgeschätzt.

12.2 Maßnahmen gegen Wasser

Am Tag der Baugrunderkundung wurde in unterschiedlichen Tiefen Sickerwasserzutritte festgestellt. Der Untergrund ist gemäß der Definition der DIN 18533 als wenig durchlässig einzustufen ($k_f \leq 10^{-4} \text{ m/s}$), so dass mit aufstauendem Wasser zu rechnen ist.

Die Planung der Abdichtung des Gebäudes muss nach DIN 18533 erfolgen. Wird um das Gebäude eine Drainage fachgerecht nach DIN 4095 verlegt, ist eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser (Wassereinwirkungsklasse W1.2-E nach DIN 18533) möglich. Voraussetzung hierfür ist, dass die Drainage an einen ausreichenden Vorfluter angeschlossen wird. Ob ein Anschluss an den Kanal möglich ist, müsste vorab überprüft werden. Eine Versickerung von Drainagewasser innerhalb des Grundstücks ist bei den nur gering durchlässigen Böden nicht möglich.

13. Geotechnische Empfehlungen für den Parkplatz

13.1 Allgemeines

Nach den vorliegenden Planunterlagen sind mittig des Grundstückes 148 Pkw-Stellplätze geplant. Zudem soll die Zufahrt vom Kreisel her erneuert werden.

13.2 Tragfähigkeit Planum

Gemäß ZTVE-StB bzw. RStO muss auf Höhe des Planums eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gewährleistet werden. Werden die Erdarbeiten wie beschrieben ausgeführt (siehe Kapitel 11) ist die erforderliche Tragfähigkeit bereits gegeben.

13.3 Beurteilung der Frostsicherheit

Nach den durchgeführten Baugrunduntersuchungen sind im Planum des Parkplatzes überwiegend sandige Schluffe oder schluffige Sande vorhanden.

Nach den durchgeführten Untersuchungen sind diese Böden nach DIN 18196 als leicht- bis mittelplastische Tone mit dem Gruppensymbol TL bzw. TM zu bezeichnen. Diese Böden sind sehr frostempfindlich und somit nach ZTVE-StB in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzuordnen.

Eine Bodenverbesserung mit Bindemittel hat nur einen geringen Einfluss auf die Frostempfindlichkeit, so dass in diesem Fall die Frostschuttschicht nach der Klasse F3 ausgelegt werden muss. Eine Einstufung in Frostempfindlichkeitsklasse F2 ist nur bei Ausführung einer qualifizierten Bodenverbesserung nach dem „Merkblatt über Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Bindemittel“ und einem entsprechend höherem Bindemittelgehalt möglich.

14. Empfehlungen Zufahrtsstraße und Kreisverkehr

Im Bereich der Zufahrtsstraße zum Grundstück und des Kreisverkehrs muss an die bestehenden Dämme angeschüttet werden.

Die Erdarbeiten hierzu sind generell wie in Kapitel 11 beschrieben, auszuführen.

Um eine ausreichende Tragfähigkeit des Dammes zu erreichen, sollte eine Verzahnung mit dem bestehenden Damm erfolgen.

Die Böschungsneigungen der Dammschüttungen sollten ein Verhältnis von 1:1,5 nicht überschreiten.

15. Ver- und Entsorgungsleitungen

Es liegen keine Angaben darüber vor, in welcher Tiefe die Ver- und Entsorgungsleitungen verlegt werden sollen.

Grundwasser wurde bei ca. 1,7 - 2,1 m unter derzeitiger GOK angetroffen. Der Grundwasserspiegel korrespondiert daher mit dem Wasserspiegel des Main.

Bei einer Einbindung der Leitungen in das Grundwasser werden aufwendige Maßnahmen zur Sicherung der Rohrgräben erforderlich (z.B. wasserdichter Spundwandverbau). Es wird daher dringend empfohlen, die Leitungen möglichst flach zu verlegen.

Bei Lage der Rohre in den nicht verbesserten Lehmen werden aber Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Art- und Umfang sind abhängig von Durchmesser und Gefälle der Leitung, so dass hierzu derzeit keine genaueren Angaben möglich sind.

Die Rückverfüllung oberhalb der Leitungszone sollte in jedem Fall mit einem mit Bindemittel aufbereiteten Material erfolgen, damit zum einen die erforderliche Tragfähigkeit sichergestellt ist, zum anderen aber auch die Dichtewirkung der quartären Lehmdeckschicht nicht beeinträchtigt wird.

16. Hochwasserschutz

Der Main verläuft in einem Abstand von ca. 200 m zur Baumaßnahme.

Die Hochwasserstände für den Main-km 327,00 sind in der Tabelle 3 angegeben. Demnach ist bei einem 100-jährigen Hochwasser ein Anstieg bis überderzeitiges Gelände und bis über dem Niveau der Bodenplatten der Märkte zu erwarten.

Westlich des Baugrundstückes verläuft ein Hochwasserdamm, der eine Überflutung des Grundstückes verhindert. Um auszuschließen, dass kein Grundwasser in das Gelände drückt, darf zudem die Deckschicht nicht durchstoßen werden. Das bedeutet auch, dass eine Versickerung von Oberflächenwasser auf dem Grundstück nicht möglich sein wird.

17. Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen

LAGA M20 und LGBT

Die in der Tabelle 15 angegebenen Hinweise zu maßnahmeninternen Verwertungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den GMP bekannten Planungsstand (siehe Kapitel 2.1 und Anlagen 2 + 3) sowie die untersuchten Materialien. Bei Planungsänderungen sind die internen Verwertungsmöglichkeiten neu zu bewerten. Bei einer externen Verwertung sind die Hinweise der LAGA M20 zu beachten.

Sollten Materialien mit erhöhten Sulfatgehalten (MP 4 RKS 11-13 0,5 – 1,4 m) extern verwertet werden, ist aufgrund des höheren Grenzwertes für Sulfat eine Verwertung nach LGBT voraussichtlich kostengünstiger. Auf Grundlage der vorliegenden Analytik in der Gesamtfraktion ist das Material orientierend als Z1.1-Material (LGBT) einzustufen. Vor Ort kann das Material als Straßenunterbau bei bautechnischer Eignung belassen bleiben.

18. Homogenbereiche

18.1 Geotechnische Klassifizierung

Nach der aktuellen Norm (VOB/C, September 2016) sind die bekannten Bodenklassen (z.B. DIN 18300 u. a.) durch Homogenbereiche ersetzt worden. Homogenbereiche sind z. B. in DIN 18300 definiert als:

„[...] ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

Für das geplante Bauvorhaben wird davon ausgegangen, dass nur Homogenbereiche für das/die folgenden Gewerke anzugeben sind:

- ATV DIN 18320 „Landschaftsbauarbeiten“
- ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“

18.2 Schichteinteilung

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wird die in nachfolgender Tabelle zusammengestellte Schichteinteilung verwendet. Der Aufbruch von Verkehrsflächen ist in einer gesonderten Position auszuschreiben.

Tabelle 17: Schichteinteilung

Schicht-Nr.	Bodenschichtung	Einstufung
1	Oberboden	Boden
2	Auffüllungen	Boden
3	Lehme	Boden
4	Sande	Boden
5	Kiese	Boden

Die Homogenbereiche werden wie folgt definiert:

Tabelle 18: Festlegung Homogenbereiche

Schicht-Nr.	Homogenbereich nach DIN 18320	Homogenbereich nach DIN 18300
1	HOB 1	---
2	---	HEB 1
3	---	HEB 2
4	---	
5	---	

Da es sich bei Schicht 2 um Auffüllungen handelt, sind diese gesondert zu behandeln (siehe hierzu Kapitel 15.2).

Die endgültigen Homogenbereiche sowie ggf. erforderliche Homogenbereiche für weitere Gewerke sind im weiteren Verlauf der Planungen in enger Abstimmung zwischen den Fachprojektanten und GMP festzulegen.

Die angegebenen Grenzwerte der nachfolgenden Tabellen ergeben sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie der Auswertung von zahlreichen Versuchen in vergleichbaren geologischen Verhältnissen. Unter Berücksichtigung der Entstehungsgeschichte sowie durch äußere Einflüsse (z.B. Witterungsverhältnisse) können Abweichungen nach oben wie unten nicht ausgeschlossen werden.

18.3 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320

Oberboden wird hinsichtlich der Bearbeitbarkeit nach DIN 18915 in Oberbodengruppen eingeteilt. Die Ausschreibung erfolgt nach DIN 18320.

Tabelle 19: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18320

Homogenbereich	HOB 1	
Schicht-Nr.	1	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	
Bodengruppe (DIN 18196)	OU, OT, OH	
Bodengruppe (DIN 18915)	4 - 9	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

18.4 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300

Infolge der Abhängigkeit der Homogenbereiche von den Bauverfahren können diese nur soweit eingeteilt werden, als sie zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung und Gutachtenerstellung bekannt sind.

Bei der vorgenommenen Einteilung der Homogenbereiche werden folgendes Vorgehen und folgende Planungsgrundlagen vorausgesetzt:

- Einsatz eines Kettenbaggers von ca. 20 bis 30 t Betriebsgewicht (z.B. Liebherr R 920)
- Ausreichend Flächen zur Zwischenlagerung des Aushubs sind vorhanden.
- Kontinuierliche geotechnische Fachbetreuung zur Separation des Aushubs.
- Einsatz Anbaufräse z.B. Wirtgen W220
- Einsatz Fräsenzug z.B. Wirtgen W200

18.4.1 Boden

Tabelle 20: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEB 1		HEB 2	
Schicht-Nr.	2		3, 4, 5	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen		quartäre Schichten	
Bodengruppe (DIN 18196)	GE/GW/GI, SE/SW/SI GU/GT, GU*GT* SU/ST, SU*, ST* TL, TM, TA		GU/GT, GU*GT* SU/ST, SU*, ST* TL, TM, TA	
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 1 (siehe Anlage 13.1)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 13.2)	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	25	0	30
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	10	0	0
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb		nb	
Dichte [g/cm ³] (DIN 18125-2)	1,7	2,1	1,7	2,2
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m ²] (DIN 4094-4)	nb		20	>200
Wassergehalt [-] (DIN EN ISO 17892-1)	0,03	0,20	0,10	0,35
Plastizitätszahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	nb		0,05	0,35
Konsistenzzahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	nb		0,50	>1,25
Lagerungsdichte¹⁾ [-] (DIN EN ISO 14688-2)	locker	sehr dicht	locker	dicht
Organischer Anteil [Gew. %] (DIN 18128)	0	3	0	5

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

19. Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen

19.1 Zusammenfassung

Bei den zu erwartenden Lasten kann bei dem Gebäude über eine konventionelle Flachgründung gegründet werden. Im Bereich des Parkplatzes werden Maßnahmen zur Stabilisierung des Planums erforderlich. Im Bereich der Zufahrtsstraße wird eine fachgerechte Nachverdichtung des Planums ausreichend sein.

19.2 Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen

Hinsichtlich der Planung, Ausschreibung und Durchführung der Aushubmaßnahme empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

- Hinweis auf den orientierenden Charakter der durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen und die Beschränkung auf die untersuchten Materialien
- Berücksichtigen von Entsorgungspositionen für Zuordnungsclassen für Boden (Z0 - > Z2) gemäß LAGA M20 bzw. zusätzlich Z1.1-Material gemäß LGBT bei der Ausschreibung
- Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse der orientierenden abfalltechnischen Einstufung bei der Gewichtung der Aushubmassen je Entsorgungsposition
- Angabe der geplanten Entsorgungswege für sämtliche Zuordnungs- bzw. Deponieclassen durch die Bieter bereits bei der Angebotsabgabe
- Für alle im Entsorgungskonzept genannten Entsorgungsstellen sollten zur Überprüfung der Zulässigkeit des Entsorgungsweges folgende Unterlagen beigelegt sein:
 - Bezeichnung der Entsorgungsstelle mit Anschrift
 - Art der geplanten Entsorgung (z.B. Entsorgung auf einer Deponie, Verwertung als Deponieersatzbaustoff usw.)
 - Vollständiger Genehmigungsbescheid mit dem Positivkatalog der zugelassenen Abfallarten, Annahmekriterien der Entsorgungsstelle sowie gegebenenfalls Einzelfallentscheidungen der zuständigen Behörden
 - Annahmeerklärung des Entsorgers für die im Leistungsverzeichnis genannten Abfälle

- Prüfung der Zulässigkeit der Entsorgungswege bis spätestens zur Auftragserteilung
- Entsorgung/Verwertung der Aushubmaterialien durch einen zertifizierten Entsorgungsfachbetrieb gemäß § 52 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG).
- Aushubüberwachung durch eine verantwortliche Person zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Zusammensetzung der Aushubmaterialien.
- Abstimmung mit Betreiber der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls mit der zuständigen Fachbehörde ob für die abfalltechnische Einstufung der Aushubmaterialien \leq Z1.2 die vorliegenden in-situ-Untersuchungen ausreichend sind.
- Verbindliche abfalltechnische Deklaration der Aushubmaterialien \leq Z1.2 über Haufwerksuntersuchung (empfohlenes Mietenvolumen maximal 500 m³), wenn von der geplanten Entsorgungsstelle die vorliegenden in-situ Ergebnisse nicht anerkannt werden, oder eine Untersuchung behördlich im Einzelfall gefordert wird.

In Auffüllungsmaterialien wurden teilweise bodenfremde Bestandteile (Fremdbestandteile) festgestellt. Allein das Vorhandensein bestimmter Fremdbestandteile (z.B. Asphaltdeckenreste) kann zu einer schlechteren abfalltechnischen Einstufung oder einem anderen Entsorgungsweg führen. Dies ist im Zweifelsfall mit der konkreten Entsorgungsstelle im Vorfeld der Aushubmaßnahme abzuklären.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.

19.3 Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung

Nach Abschluss der statischen Berechnung ist GMP ein Fundamentplan mit eingetragenen Lasten zuzusenden, damit die im Gutachten gemachten Angaben überprüft und gegebenenfalls angepasst werden können.

Trotz der relativ geringen Abstände der Aufschlüsse können zwischen den einzelnen Untersuchungsstellen andere Untergrundverhältnisse vorhanden sein als im Gutachten beschrieben. Endgültige Angaben über erforderliche Stabilisierungsmaßnahmen können daher erst nach Herstellung des Planums und Ausführung von Plattendruckversuchen gemacht werden.

Der Gutachter ist zur Überprüfung der Qualität der Erdarbeiten und der Frostschuttschicht und zur genauen Angabe von notwendigen Stabilisierungsmaßnahmen mit heranzuziehen.

19.4 Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung

Die Aushubmaßnahme ist durch eine verantwortliche Person fachtechnisch zu begleiten, um eine ordnungsgemäße Verwertung der Aushubmaterialien zu gewährleisten.

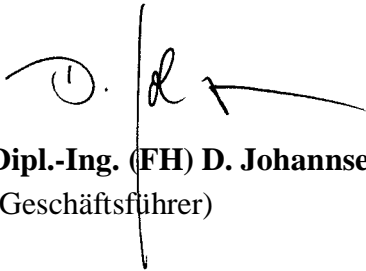
Die abfalltechnischen Empfehlungen in Kapitel 19.2 sind zu beachten. Für Aushubmaterialien \leq Z1.2 ist im Vorfeld mit der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls der zuständigen Fachbehörde abzustimmen, ob die vorliegenden in-situ-Ergebnisse für eine abfalltechnische Einstufung ausreichend sind.

Bei Nichtbeachtung der abfalltechnischen Empfehlungen kann es zu Bauverzögerungen und Kostenmehrungen kommen.

Bei der Beprobung über Haufwerke ist bei der Planung der Baustellenlogistik zu berücksichtigen, dass für die chemische Analytik ein Zeitaufwand von sechs bis sieben Werktagen benötigt wird. Bis zum Vorliegen der Analysenergebnisse darf dann das Haufwerk nicht mehr durch weitere Anschüttungen oder Abgrabungen verändert werden.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.


Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.



Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
(Geschäftsführer)



B. Eng. W. Jonczyk
(Projektleiterin Geotechnik)



M. Sc. Geoökologie S. Weber
(Projektleiter Umwelttechnik)

Verteiler:

ROSBO GmbH (2x Schriftform, 1x digital)
ArcDesign (1x digital)