



GEOTECHNISCHER BERICHT

Auftrag Nr. 3190104
Projekt Nr. 2018-2853

KUNDE: Löwengrund Immobilien GmbH
Mergentheimer Straße 59
97084 Würzburg

BAUMAßNAHME: Neubau XXXLutz, Mömax, Poco,
Leipziger Chaussee, Halle an der Saale

GEGENSTAND: Baugrund- und Altlastenuntersuchung

ORT, DATUM: Deggendorf, den 30.04.2019

Dieser Bericht umfasst 75 Seiten, 12 Tabellen und 9 Anlagen.
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.
Die Proben werden ohne besondere Absprache nicht aufbewahrt.



Inhaltsverzeichnis:

0	ZUSAMMENFASSUNG	7
1	VORGANG	10
1.1	Auftrag	10
1.2	Fragestellung	10
1.3	Projektbezogene Unterlagen	11
1.4	Amtliche Karten und Literatur	12
1.5	Normen	13
1.6	Richtlinien für Altlastenbewertung	14
2	BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES	15
2.1	Geplantes Bauwerk	15
2.2	Geomorphologische Situation	16
2.3	Geologische Situation	16
2.4	Hydrogeologische Situation	17
2.5	Historische Erkundung	17
3	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	18
3.1	Ortsbegehungen	18
3.2	Freimessen auf Kampfmittel	18
3.3	Baugrundaufschlüsse	19
3.4	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	23
3.5	Chemische Analysen	24
4	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	24
4.1	Allgemeiner Überblick	24
4.2	Beschreibung der Schichtenfolge	27
4.3	Ergebnisse der Rammsondierungen	29
4.4	Ergebnisse der Laborversuche	30
4.4.1	Wassergehalte und Konsistenzgrenzen	30
4.4.2	Korngrößenverteilungen	34
4.4.3	Glühverluste	36
4.5	Hydrologische Verhältnisse	37



5	BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE	39
5.1	Beurteilung der bergbaulichen Tätigkeiten	39
5.2	Allgemeine Beurteilung der Baugrundverhältnisse	41
5.3	Bodenmechanische Kennwerte.....	42
5.4	Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche)	44
5.5	Bewertung der Grundwasserverhältnisse.....	47
5.6	Bewertung der Erdbebetätigkeit	47
6	ALTLASTENUNTERSUCHUNG	48
6.1	Grenzwertbetrachtung.....	48
6.2	Bewertungsgrundlagen Schutzgüter	48
6.3	Bewertungsgrundlagen Entsorgung	49
6.3.1	Allgemeines zur Entsorgung von Abfällen.....	49
6.3.2	Leitfaden zur Wiederverwendung und Verwertung von mineralischen Abfällen in Sachsen-Anhalt	50
6.3.3	Deponieverordnung	52
6.4	Interpretation der Untersuchungsergebnisse.....	52
6.4.1	Einstufung der Untersuchungsergebnisse	52
6.4.2	Bewertung der Untersuchungsergebnisse	53
7	FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG	54
7.1	Rahmenbedingungen.....	54
7.2	Gründungsempfehlungen.....	55
7.3	Flachgründung auf Decksande und Bodenaustausch	57
7.4	Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen.....	58
7.5	Hallenboden.....	59
8	FOLGERUNGEN FÜR AUSHUBARBEITEN	62
8.1	Allgemeines	62
8.2	Baugrubenböschungen	63
8.3	Wasserhaltung	64
8.4	Hinterfüllen/Verdichten.....	64



9 BAUWERK UND GRUNDWASSER.....	65
9.1 Abdichtung/Trockenhaltung.....	65
9.2 Versickerung.....	67
9.3 Geothermische Nutzung	67
10 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN	68
10.1 Rahmenbedingungen	68
10.2 Herstellung des Oberbaues	68
10.3 Ertüchtigung des Untergrundes	69
10.4 Zusatzmaßnahmen im Bereich der Senkungsfläche	70
11 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN.....	71
11.1 Beweissicherung.....	71
11.2 Altlasten.....	71
11.3 Kampfmitteluntersuchung	72
11.4 Eignungsprüfungen.....	73
11.5 Baubegleitende Überwachung.....	73
11.6 Planung der Gründungsmaßnahme	73
11.7 Anwendung der Beobachtungsmethode	73
12 SCHLUSSBEMERKUNGEN	74



Anlagen:

- Anlage 1: Planunterlagen
- Anlage 1.1: Übersichtslageplan
- Anlage 1.2: Lageplan mit Aufschlüssen
- Anlage 1.3: GPS-Einmessung
- Anlage 1.4: Plan mit eingezeichneten Pegeln sowie Daten zur Abstichsmessung vom 22.02.2019
- Anlage 1.5: Lageplan mit geplantem Gebäude
- Anlage 1.6: Detaillageplan mit Probenahmepunkten und Einstufung gemäß LAGA M20 (2004) sowie Bundesbodenschutzverordnung

- Anlage 2: Zeichnerische Darstellung der Erkundungsergebnisse
- Anlage 2.1: Profilschnitte
- Anlage 2.2: Bodenprofile
- Anlage 2.3: Rammdiagramme

- Anlage 3: Schichtenverzeichnisse

- Anlage 4: Laboruntersuchungen
- Anlage 4.1: Bodenmechanische Laboruntersuchungen
- Anlage 4.2: Chemische Laboruntersuchungen

- Anlage 5: Projekttagessberichte/Fotoaufnahmen

- Anlage 6: Kampfmittelfreimessung

- Anlage 7: Aufbereitetes digitales Geländemodell DGM1

- Anlage 8: Fundamentdiagramme

- Anlage 9: Bergbauliche Stellungnahme



Tabellen:

Tabelle 1:	Ansatzhöhen/Endteufen	19
Tabelle 2:	Zusammengefasste Darstellung der Felderkundungsergebnisse	24
Tabelle 3:	Wassergehalte und Konsistenzgrenzen	31
Tabelle 4:	Korngrößenverteilungen	34
Tabelle 5:	Glühverluste	36
Tabelle 6:	Wasserstände	37
Tabelle 7:	Bodenklassifizierung	41
Tabelle 8:	Vereinfachtes Baugrundmodell Gründungsbereich	42
Tabelle 9:	Bodenmechanische Kennwerte	43
Tabelle 10:	Eigenschaften und Kennwerte von Böden	45
Tabelle 11:	Erforderliche Verformungsmodule unter Betonplatten	60
Tabelle 12:	Auswahl einer Tragschicht in Art und Dicke, abhängig von der maximalen Einzellast	62

Abbildungen:

Abbildung 1:	Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen	58
--------------	---	----



0 ZUSAMMENFASSUNG

Für den geplanten Neubau eines Möbelhauses wurde eine Untergrunduntersuchung (Baugrund, Altlasten, Niederschlagswasserbeseitigung, thermische Grundwassernutzung, Betrachtung der Bergbaufolgen) durchgeführt. Dabei wurden als oberflächennahe Schichten sowohl anthropogen aufgefüllte Böden wie auch lehmige Deckschichten angetroffen. Die Auffüllungen sind meist von heterogener Beschaffenheit und weisen Fremdbestandteile auf. Der Decklehm ist von weicher und steifer Konsistenz.

Unterhalb davon folgen Decksande mit mitteldichter Lagerung und Schichtdicken von etwa 1,0 bis 1,5 m. Unterhalb davon wurde Geschiebemergel mit Schichtdicken von 2 bis 3 m aufgeschlossen. Es handelt sich teils um ausgeprägt plastische Tone und teils um leicht plastische Gemische aus Ton, Schluff und Sand. Die Konsistenzen sind im Mittel als steif einzustufen, sind jedoch bereichsweise auch weich oder halbfest. Darunter folgen dicht gelagerte Sande und Kiese (Schmelzwasserschotter).

Im westlichen Grundstücksbereich befindet sich ein ausgeprägtes Senkungsgebiet in Folge eines ehemaligen untertägigen Braunkohleabbaus. Die ehemalige Senkung der Geländeoberfläche um ca. 3 bis 4 m konnte im Rahmen dieser Erkundungen aus dem Verlauf der Schichtgrenzen nachvollzogen werden. Durch Übereinanderlegen des altbergbaulichen Grubenbaus mit einem digitalen Geländemodell (DGM1 von 2011) wurde festgestellt, dass bereichsweise Senkungsfelder subparallel zu den verwahrten Grubenbauten verlaufen. Die nur im digitalen Geländemodell erkennbaren subparallelen Einmuldungen werden als oberflächliche Setzungserscheinungen des untertägigen Bergbaus interpretiert (*siehe Anlage 7.3*).

Die Schmelzwasserschotter der saalezeitlichen Hauptterrasse bilden den Grundwasserleiter. Das Grundwasser ist hier durch die überlagernden bindigen Geschiebemergel gespannt. Der Grundwasserspiegel liegt bei etwa 90 bis 91 m ü. NN (siehe [12]). Die jahrzehntelange und auch heute noch betriebene Grundwasserabsenkung in Folge der nachbergbaulichen Wasserhaltung bedingt eine Grundwasserfließrichtung etwa von Nordost nach Südwest. Im Grundwasseranstrom liegt eine mit Flugaschen und gegebenenfalls weiteren schadstoffhaltigen Materialien verfüllte Aschekippe. Gemäß [12] liegen dort „*nachgewiesene hohe Schadstoffbelastungen mit Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)*“ vor, welche zu einer ungünstigen Grundwasserbeschaffenheit führen.



Gemäß [12] ist „*die Ableitung von Schmutz- und Regenwasser sichergestellt*“. Für die Regenwasserableitung gilt, dass bei einem Versiegelungsgrad $\leq 60\%$ das abzuleitende Regenwasser ohne Drosselung in das öffentliche Kanalnetz eingeleitet werden kann. Daraus ergibt sich im Umkehrschluss, dass bei einem Versiegelungsgrad von mehr als 60 % das anfallende Regenwasser anderweitig zurückgehalten bzw. beseitigt werden muss.

Gemäß Bebauungsplan ist das Grundwasser verunreinigt mit ungleichmäßiger Verteilung und durch Auslaugungen stark versauert. An drei Wasserproben wurde die Betonaggressivität untersucht. Zwei Proben sind stark betonangreifend, eine Probe ist sehr stark betonangreifend nach DIN 4030.

Aufgrund der Grundwasserbeschaffenheit sowie der Altlastensituation wird von einer thermischen Grundwassernutzung abgeraten.

Die oberflächennahen Schichten bis einschließlich Geschiebemergel sind aufgrund ihrer Durchlässigkeit und ihrer Schadstoffe *für eine Niederschlagswasserversickerung* ungeeignet. Technisch geeignet sind die Sande und Kiese der saalezeitlichen Hauptterrasse. Aus fachgutachterlicher Sicht ist es wenigstens fraglich, ob hier eine Niederschlagswasserversickerung zielführend ist. Zweckmäßiger erscheint eine Zwischenspeicherung mit Drosselabfluss.

Die aufgefüllten Schichten und teilweise auch das Anstehende sind insbesondere mit PAK und Kohlenwasserstoffen verunreinigt und weisen teils einen hohen organischen Anteil auf, sodass andernorts zu entsorgendes Aushubmaterial erhebliche Mehrkosten durch die erforderliche Deponierung verursachen würde.

Die Schadstoffgehalte an PAK und MKW sowie PCB bedingen das Potential von Grundwasserunreinigungen. Erhöhte Eluatgehalte an Phenolen und Arsen zeigen, dass es mit dem Sickerwasserpfad zu einer Verfrachtung dieser Schadstoffe kommt. Um einen Schadstoffeintrag zu minimieren erscheint es zielführend, das Gelände soweit als möglich zu versiegeln, um die Grundwasserneubildung und damit die Ausbreitung von Schadstoffen über dem Sickerwasserpfad zu minimieren. Die grundsätzliche Vorgehensweise ist mit den zuständigen Behörden abzustimmen. Zur Schonung von Deponieraum wird empfohlen, anfallendes Aushubmaterial durch entsprechende planerische Maßnahmen zu minimieren. Gegebenenfalls sind die zusätzlichen Aufwendungen für eine bodenmechanische Ertüchtigung schadstoffhaltiger Auffüllungen zielführender als ein Abtransport und eine Entsorgung. Ergänzend zu diesem geotechnischen Bericht kann dementsprechend eine Eignungsprüfung durchgeführt werden.



Damit kann möglicherweise nachgewiesen werden, dass die Auffüllungen nach Durchführung einer Bodenverbesserung mit Bindemittel wiederverwendet werden können und ein Schadstoffaustrag minimiert oder unterbunden wird.

Für die Gründung des Gebäudes werden zwei Ausführungsvarianten vorgeschlagen. Zum einen eine Gründung auf den Decksanden mit Durchführung eines Bodenaustausches, wenn diese noch nicht in der Gründungssohle vorliegen, sondern von Auffüllungen oder Decklehm überlagert sind. Dabei würden Bodenaustauschmaßnahmen gegen Magerbeton oder Kies in mehreren Dezimeter-Dicken erforderlich werden. Bei dieser Flachgründung können geringe bis mittlere Fundamentlasten abgetragen werden. Höhere Fundamentlasten können abgetragen werden, wenn eine Tieferführung der Lasten in die dicht gelagerten Sande und Kiese erfolgt. Eine Lasttieferführung kann beispielsweise über Stabilisierungssäulen ausgeführt werden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass keine Böden gefördert, sondern verdrängt werden.

Das geplante Gebäude befindet sich außerhalb des eigentlichen Senkungsgebietes. Es können jedoch bergbauliche Folgen auf die Gründung nicht vollständig ausgeschlossen werden. Es wird deshalb empfohlen, eventuelle Setzungen an den Fundamenten im Rahmen der Beobachtungsmethode messtechnisch zu überwachen. Sollte dabei festgestellt werden, dass sich lokal größere Setzungen ankündigen, kann mit Sicherungsmaßnahmen reagiert werden, bevor Schäden auftreten.

Es wird im vorliegenden Gutachten darüber hinaus auf Bodenaustausch- bzw. Bodenverbesserungsmaßnahmen hingewiesen. Diese sind sowohl unterhalb des Hallenbodens als auch im Bereich der Verkehrsflächen erforderlich, um eine ausreichende Tragfähigkeit auf dem Erdplanum gewährleisten zu können, da auf diesen überwiegend mit gering tragfähigen Böden (Auffüllungen und Decklehm) zu rechnen ist. Zur wirtschaftlichen Durchführung von Bodenverbesserungsmaßnahmen werden Eignungsprüfungen empfohlen.

Im westlichen Grundstücksbereich sind im Senkungsgebiet Fahr- und Parkflächen vorgesehen. Es wird empfohlen, bei Herstellung des Bodenaustausches und Einbau der Frostschutzschicht zusätzlich Bewehrungslagen mit Geogitter vorzusehen, um Schäden an der späteren Oberflächenbefestigung in Folge ungleichmäßiger Setzungen zu verhindern oder zu begrenzen.



1 VORGANG

1.1 Auftrag

Die Löwengrund Immobilien GmbH plant den Neubau XXXLutz, Mömax, Poco in Halle (Saale).

Mit Schreiben vom 01.02.2019 wurde die IFB Eigenschenk GmbH, Deggendorf, mit der Erstellung eines geotechnischen Gutachtens einschließlich der Durchführung von Feld- und Laboruntersuchungen beauftragt. Grundlage der Auftragserteilung ist das Angebot der IFB Eigenschenk vom 17.01.2019 in Verbindung mit dem Werkvertrag.

Der vorliegende Bericht enthält die zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse und die daraus folgenden Hinweise für die Planung und Durchführung der Baumaßnahme.

1.2 Fragestellung

Mit der vorliegenden geotechnischen Baugrundbeurteilung soll im Wesentlichen geklärt werden:

- ⇒ welche Böden am Untersuchungsstandort zu erwarten sind und welche bautechnischen Eigenschaften diese aufweisen;
- ⇒ welche Werte der geotechnischen Kenngrößen den Böden zuzuordnen sind;
- ⇒ welche Wasserverhältnisse anzutreffen sind und mögliche Auswirkungen hieraus;
- ⇒ welche Möglichkeiten der Gründung aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht empfohlen werden können;
- ⇒ welche Anforderungen bei der Herstellung der Baugrube zu beachten sind;
- ⇒ welche Folgerungen sich für die Anlage befestigter Flächen im Außenbereich ergeben;
- ⇒ welche ergänzenden Hinweise für den Baubetrieb notwendig werden;



- ⇒ welche Versickerungsmöglichkeiten auf dem Grundstück bestehen;
- ⇒ welche Handlungsnotwendigkeiten sich aus möglicherweise vorhandenen Bodenverunreinigungen ergeben;
- ⇒ welche Folgerungen sich für eine mögliche geothermische Nutzung ergeben;
- ⇒ welche Untergrundveränderungen sich aufgrund der früheren bergbaulichen Nutzung erkennen lassen und welche Folgerungen sich hieraus für die geplante Baumaßnahme ergeben.

1.3 Projektbezogene Unterlagen

Für die Ausarbeitung dieses Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Landesamt für Vermessung und Geoinformation (08.03.2016): Auszug aus dem Geobasisinformationssystem (Flurkarte)
- [2] XXXLutz Bauabteilung (10.01.2019): XXXLutz, Mömax, Poco Halle, Strukturentwurf 5a, Grundrisse, Schnitt, Außen, M 1 : 2.000
- [3] Satzungsbeschluss der Stadt Halle (01.12.2008): Bebauungsplan Nr. 57 der Stadt Halle, Gewerbegebiet Bruckdorf, „An der B 6“, Begründung
- [4] Geotech, Ingenieurbüro für Geotechnik (07.03.2009): BV Halle, Leipziger Chaussee/Messestraße, Baugrundgutachten Vorerkundung des Baugrundes und Untersuchung von Bodenproben auf PAK
- [5] URS (08.10.2007): Projektgrundstücke in Halle Bruckdorf Teil I, Altlastenrisikoabschätzung zur Grundstücksverwertung
- [6] Geotech Ingenieurbüro für Geotechnik (28.04.2015): Bauvorhaben Halle Bruckdorf, Flurstück 762, Untersuchungsbericht 1764
- [7] Geotech Ingenieurbüro für Geotechnik (16.11.2015): Bauvorhaben Halle Bruckdorf, Flurstück 762, Untersuchungsbericht 1764-2



- [8] Geotech Ingenieurbüro für Geotechnik (20.04.2015): Bauvorhaben Halle (Saale) Leipziger Chaussee-Flurstück 762 (Teilfläche), Baugrundgutachten (Baugrunderkundung, Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung)
- [9] Geotech Ingenieurbüro für Geotechnik (16.11.2015): Bauvorhaben Halle (Saale) Leipziger Chaussee-Flurstück 762 (Teilfläche), 1. Nachtrag zum Baugrundgutachten (Baugrunderkundung, Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung)
- [10] Landesamt für Geologie und Bergwesen, Sachsenanhalt (06.02.2019): Bergbauliche Stellungnahme zum Kauf des Grundstückes Gewerbegebiet Bruckdorf „An der B 6“
- [11] Digitales Geländemodell DGM1 von 2011 der Stadt Halle
- [12] Bebauungsplan Nr. 57, Stadt Halle (Saale), Gewerbegebiet Bruckdorf „An der B6“ Begründung vom 01.12.2008, Acerplan Planungsgesellschaft mbH, Halle (Saale)

1.4 Amtliche Karten und Literatur

- [A1] Bundesministerium für Verkehr (2017): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 17
- [A2] Bundesministerium für Verkehr (2004): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, ZTV SoB-StB 04
- [A3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 12
- [A4] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2012): Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“, Häfen und Wasserstraßen EAU 2012
- [A5] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, EA-Pfähle
- [A6] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, EAB
- [A7] Lohmeyer/Ebeling (2012): Betonböden für Produktions- und Lagerhallen (Planung, Bemessung, Ausführung)



1.5 Normen

- [N1] DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1 (2010-12)
- [N2] DIN 1055-2 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen (2010-11)
- [N3] DIN EN 12 716 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) (2001-12) - Düsenstrahlverfahren
- [N4] DIN EN 14 199 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle) (2012-01)
- [N5] DIN EN 1536 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bohrpfähle (2010-12)
- [N6] DIN EN 1537 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verpressanker (2014-07)
- [N7] DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln (2009-09)
- [N8] DIN EN 1997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes (2010-10)
- [N9] DIN 4019-1 Setzungsberechnungen (2014-01)
- [N10] DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2 (2010-12)
- [N11] DIN EN ISO 14 688-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (2013-12)
- [N12] DIN EN ISO 14 688-2 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Bodenklassifizierungen (2011-06)



- [N13] DIN EN ISO 14 689-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung (2011-06)

- [N14] DIN 4023 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen (2006-02)

- [N15] DIN EN 1998-1 Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten (2010-12)/ Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter (2011-01)

- [N16] DIN 18 196 Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (2011-05)

- [N17] DIN 18 300 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten (2012-09)

- [N18] DIN 18 300 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten (2016-09)

- [N19] DIN 18 533-1 Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze

1.6 Richtlinien für Altlastenbewertung

- [R1] LAGA M20 (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln

- [R2] Leitfaden zur Wiederverwendung und Verwertung von mineralischen Abfällen in Sachsen-Anhalt

- [R3] Bundesbodenschutzgesetz (BBodschG) vom 17.03.1998, zuletzt geändert am 24.02.2012

- [R4] Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodschV) vom 12.07.1999, zuletzt geändert am 24.02.2012



[R5] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Dezember 2001): Mitteilung 32: LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen

[R6] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31.07.2009, zuletzt geändert am 15.11.2014

2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES

2.1 Geplantes Bauwerk

Es ist der Neubau eines gemeinsamen Gebäudes für die Möbelhäuser XXXLutz, Mömax und Poco geplant. Das Gebäude soll maximale Außenabmessungen von etwa 116 x 194 m aufweisen und wird ein Erdgeschoss und ein bis zwei Obergeschosse besitzen.

Die Ausführung erfolgt voraussichtlich in Stahlbeton-Skelettbauweise mit zwei Obergeschossen.

Die Gründung wird voraussichtlich überwiegend mit Einzelfundamenten unter den tragenden Stahlbetonstützen ausgeführt werden. Nähere Angaben hierzu und zur geplanten Gründungstiefe liegen nicht vor.

Im Außenbereich sind im westlichen und nördlichen Grundstücksareal umfangreiche Fahr- und Parkflächen geplant.

Östlich und damit auf der Rückseite des Gebäudes ist die Anlieferungszone vorgesehen. Die Anlieferung erfolgt dort über die Alwinenstraße. Die Parkplätze im vorderen Grundstücksbereich erhalten eine direkte Zufahrt zur Leipziger Chaussee und im Norden zur Messestraße.

Aufgrund der Bauwerkskonstruktion ist die geplante Baumaßnahme vorläufig in die geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Diese umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund.



2.2 Geomorphologische Situation

Halle liegt am Nordwestrand der Leipziger Tieflandsbucht, der größere Teil östlich der schiffbaren Saale. Im Stadtbezirk Ost befindet sich im Stadtteil Kanena/Bruckdorf das Untersuchungsgrundstück an der Leipziger Chaussee.

Das Grundstück weist Unebenheiten durch anthropogene Veränderungen auf. Das Grundstück liegt im Gewerbegebiet „An der B 6“ im sogenannten Gewerbedreieck Halle-Bruckdorf.

Es handelt sich um eine alte Bergbaufläche. Die Braunkohlevorkommen wurden ab 1835 erschlossen und von 1905 bis 1911 wurde Braunkohle im Tagebau und 1903 bis 1914 auch unter Tag abgebaut (Grube Alwiner Verein). Zur Verarbeitung der abgebauten Kohle wurde auf den Grundstücksflächen des Gewerbegebietes eine Brikettfabrik errichtet, die bis 1990 in Betrieb war. Der Abbruch der Gebäude erfolgte 1995, seitdem ist das Plangebiet überwiegend unbebaut.

Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Bebauungsplans 57 und liegt am südöstlichen Stadtrand von Halle zwischen der Bahnstrecke Halle-Leipzig und der Bundesstraße B 6 im Gewerbegebiet Halle-Bruckdorf. Das für die Bebauung vorgesehene Grundstück wird begrenzt durch die Messestraße im Nordwesten, die Alwinenstraße im Osten und die Leipziger Chaussee im Südwesten. Im Norden und Südosten grenzen Parkplätze der Messe bzw. eines Dehner Gartencenters an.

2.3 Geologische Situation

Das Untersuchungsgebiet liegt am nordwestlichen Rand der Leipziger Tieflandsbucht. Der Untergrund wird durch tertiäre und quartäre Sedimente aufgebaut. Bei den tertiären Sedimenten handelt es sich um Sande, Schluffe und Tone mit zwischengelagerten Braunkohleflözen. Darüber folgen quartäre Kiese und Sande der frühsaalekaltzeitlichen Hauptterrasse, welche durch Geschiebemergel mit bereichsweise eingelagerten Schmelzwassersanden überlagert werden. Weichselzeitliche äolische Sedimente in Form von Löß bilden den oberen Abschluss der natürlichen Schichtfolge.

Die geologischen Verhältnisse sind durch die intensive anthropogene Nutzung während des 20. Jahrhunderts stark überprägt. Im Bereich des Braunkohletiefbaus „Alwiner Verein“ wurde die Braunkohle unter und über Tage abgebaut. Der Untertageabbau erfolgte nach dem sog. Pfeilerbruchverfahren, bei dem die Abbauhohlräume durch Entfernen des Ausbaus und dem damit einhergehenden Deckenbruch verfüllt wurden.



Darüber hinaus werden im Untersuchungsgebiet Auffüllungen durch die Nutzung als Standort einer Brikettfabrik und einer Ziegelei angetroffen, die hinsichtlich ihrer Mächtigkeiten und Zusammensetzungen stark variieren können.

Gemäß Dokumentation in Anlage 9 wurde von 10/2004 bis 12/2005 in der ehemaligen Braunkohlentiefbaugrube „Alwiner Verein“ in sieben festgelegten Bereichen Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten durchgeführt mit dem Ziel, die Fläche zukünftig baulich zu nutzen.

2.4 Hydrogeologische Situation

Die Schotter der saalezeitlichen Hauptterrasse im Liegenden der Geschiebemergel stellen den regionalen Hauptgrundwasserleiter dar. Der Grundwasserspiegel ist bei 5 bis 10 m unter Geländeoberkante zu erwarten. Derzeit wird die hydrogeologische Situation im Untersuchungsgebiet durch die noch aktive hochbergbauliche Wasserhaltung beeinflusst. Daraus ergibt sich ein Grundwasserstand im Hauptgrundwasserleiter von etwa 90 m bis 91 m über NN, was einem Grundwasserflurabstand von ca. 7 m entspricht. Durch die aktuelle Beeinflussung ist die Grundwasserfließrichtung weitgehend von Nordost nach Südwest gerichtet.

Gemäß dem Bebauungsplan 57 der Stadt Halle können seitens der LMBV noch keine Angaben zum prognostizierten Grundwasserstand gemacht werden. Es ist grundsätzlich mit flurnahen Grundwasserständen zu rechnen. Nach Mitteilung der Stadt Halle im Rahmen der Besprechung am 06.02.2019 ist für eine benachbarte Tiefgarage der gegebenenfalls ansteigende Grundwasserspiegel planerisch nicht zu berücksichtigen.

Aufgrund der Vornutzung und der damit einhergehenden Belastungen des Bodens und des Grundwassers wird derzeit durch die LMBV ein Grundwassermonitoring auf Basis von sechs Grundwassermessstellen betrieben. Aus früheren Untersuchungen ist weiterhin bekannt, dass das Grundwasser als stark betonaggressiv einzustufen ist.

2.5 Historische Erkundung

Das Untersuchungsgebiet ist stark geprägt durch die bergbauliche und industrielle Vornutzung im Verlauf des 20. Jahrhunderts. Die Exploration der Braunkohlevorkommen in der Region Bruckdorf begann bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Zwischen 1903 und 1914 wurde im Untersuchungsgebiet Braunkohle im Tiefbau (Grube Alwiner Verein) abgebaut. Zur weiteren Verarbeitung der in der gesamten Region geförderten Braunkohle wurde eine Brikettfabrik errichtet, die bis 1990 betrieben wurde.



Im gleichen Jahr wurde auch die südlich angrenzende Ziegelei stillgelegt. Bis 1998 waren verschiedene Einzelhändler für feste und flüssige Brennstoffe ansässig. Der Großteil des Untersuchungsgebietes ist seit dem Abbruch der Gebäude im Jahre 1995 unbebaut.

3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Ortsbegehungen

Vor Beginn der Aufschlussarbeiten wurde am 14.01.2019 eine Ortsbegehung des Standorts und seiner Umgebung durch den öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen Dipl.-Ing. Rolf d'Angelo durchgeführt. Eine Dokumentation der Ortsbegehung ist in der Anlage 5.1 enthalten. Weitere Ortsbegehungen erfolgten durch Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz (öffentlich bestellt und vereidigt) am 06.02.2019 und Florian Häckel M. Sc. am 24.01.2019 und 25.01.2019 (siehe Anlagen 5).

3.2 Freimessen auf Kampfmittel

Das Grundstück befindet sich in einem Gebiet, für welches Anzeichen vorliegen, dass das Baugelände eventuell nicht detonierte Kampfmittel als Folge von Luftangriffen des Zweiten Weltkriegs enthalten könnte.

Da bisher keine Freigabe auf Kampfmittel durch eine Luftbildauswertung oder eine flächenhafte Kampfmittelondierung vorliegt, musste eine lokale Freimessung der Aufschlussstellen durchgeführt werden. Das Protokoll ist in Anlage 6 beigefügt.

Die Aufschlussstellen wurden durch einen Fachkundigen nach § 20 SprengG mit Hilfe einer Oberflächensonde freigemessen. Die freigemessenen Ansatzstellen wurden vor Ort markiert.

Es wurden dabei nur die Aufschlussstellen freigemessen, gegebenenfalls mussten dabei die ursprünglich geplanten Ansatzstellen verschoben werden, wenn diese durch die Oberflächensonde nicht freigegeben werden konnten. Eine Freimessung der gesamten Baufläche ist nicht erfolgt.



3.3 Baugrundaufschlüsse

Die vorliegende Untersuchung soll die Beurteilung der Ausführbarkeit voraussehbarer Varianten der Gründung und der Baudurchführung zulassen. Deshalb wurde Art und Umfang entsprechend einer Hauptuntersuchung nach DIN 4020 festgelegt.

Es wurde folgendes Untersuchungsprogramm festgelegt:

- 45 Rammkernbohrungen als Bohrsondierung (BS) bis 10 m unter Geländeoberkante
- 24 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH – dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 bis 10 m unter Geländeoberkante

Die Felderkundungen fanden vom 11.02.2019 bis 05.03.2019 statt. Bei den meisten Aufschlüssen wurde dabei die angestrebte Erkundungstiefe nicht erreicht. Der Grund hierfür ist kein weiterer Bohrvortrieb wegen Bohrhindernissen oder dicht gelagerten Böden. Einige Aufschlüsse wurden wegen oberflächennaher Bohrhindernisse ein zweites Mal angesetzt (BS 21 a, BS 31 a, DPH 21 a und DPH 23 a).

Die Aufschlüsse BS 10 und DPH 10 konnten nicht durchgeführt werden, da hierfür keine Kampfmittelfreigabe vorlag. Die Aufschlüsse BS 12 und DPH 12 konnten nicht ausgeführt werden, da sich an diesen Stellen eine Gasleitung befindet (siehe Anlage 1.2).

Die Ansatzpunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen und gehen aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor.

Tabelle 1: Ansatzhöhen/Endteufen

Erkundungsart	Ansatzhöhe [m ü. NN]	Endteufe [m unter GOK]
BS 1	97,14	7,30
BS 2	96,97	4,90
BS 3	96,92	5,40
BS 4	97,57	5,30
BS 5	97,56	5,90



Erkundungsart	Ansatzhöhe [m ü. NN]	Endteufe [m unter GOK]
BS 6	97,39	5,50
BS 7	97,12	4,90
BS 8	97,78	5,60
BS 9	96,91	9,40
BS 11	97,61	6,90
BS 13	97,42	7,30
BS 14	97,70	4,80
BS 15	97,46	7,30
BS 16	97,96	8,30
BS 17	97,60	6,30
BS 18	98,13	6,30
BS 19	97,87	4,20
BS 20	97,58	6,20
BS 21	97,61	0,30
BS 21a	97,61	0,30
BS 22	98,12	5,90
BS 23	98,10	6,50
BS 24	98,11	10,00
BS 25	96,90	3,00
BS 26	97,56	3,00



Erkundungsart	Ansatzhöhe [m ü. NN]	Endteufe [m unter GOK]
BS 27	97,78	3,00
BS 28	97,85	10,00
BS 29	97,66	10,00
BS 30	97,22	6,30
BS 31	97,93	2,10
BS 31 a	97,93	2,10
BS 32	97,41	10,00
BS 33	97,75	8,20
BS 34	97,68	5,70
BS 35	98,11	6,10
BS 36	98,16	3,00
BS 37	98,06	1,90
BS 38	98,23	3,00
BS 39	98,20	3,00
BS 40	98,47	7,50
BS 41	98,24	8,10
BS 42	98,40	3,00
BS 43	98,36	3,00
BS 44	98,39	3,00
BS 45	98,43	3,00



Erkundungsart	Ansatzhöhe [m ü. NN]	Endteufe [m unter GOK]
DPH 1	94,14	5,00
DPH 2	96,97	4,30
DPH 3	96,92	5,60
DPH 4	97,57	5,30
DPH 5	97,56	5,30
DPH 6	97,39	4,50
DPH 7	97,12	4,60
DPH 8	97,78	5,60
DPH 9	96,91	5,80
DPH 11	97,61	5,50
DPH 13	97,42	6,00
DPH 14	97,70	4,70
DPH 15	97,46	5,80
DPH 16	97,95	6,00
DPH 17	97,60	5,90
DPH 18	98,13	5,80
DPH 19	97,87	6,00
DPH 20	97,58	5,20
DPH 21	97,61	0,30
DPH 21 a	97,61	0,40



Erkundungsart	Ansatzhöhe [m ü. NN]	Endteufe [m unter GOK]
DPH 22	98,12	5,50
DPH 23	98,10	0,40
DPH 23 a	98,10	6,00
DPH 24	98,11	6,00

GOK: Geländeoberkante
m ü. NN: Meter über Normalnull

Eine Darstellung der Aufschlüsse als Bodenprofile nach DIN 4023 ist in Anlage 2 gemeinsam mit den Rammdiagrammen aufgetragen. Die zugehörigen Schichtenverzeichnisse sind in Anlage 3 zusammengestellt.

3.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Aus den einzelnen Bodenschichten wurden Proben entnommen und - soweit erforderlich - zur Überprüfung der augenscheinlichen Ansprache und Ermittlung der Bodengruppen nach DIN 18 196 im Laboratorium untersucht. Folgende Versuche wurden durchgeführt:

- 7 Bestimmungen des Wassergehaltes nach DIN 18 121
- 15 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122
- 4 Bestimmungen der Korngrößenverteilung durch kombinierte Sieb-/Schlammanalyse nach DIN 18 123
- 11 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 durch Nasssiebung
- 8 Bestimmungen des Glühverlustes nach DIN 18 128
- 1 Nachweis von Teer in Asphalt

Die Ergebnisse sind in Anlage 4 zusammengefasst. Sie werden ggf. im Folgenden bei der Beschreibung der Untergrundverhältnisse näher erläutert.



3.5 Chemische Analysen

Es wurden folgende Untersuchungen in einem akkreditierten chemischen Labor durchgeführt:

- 23 Analysen gemäß LAGA M20 Tab. II 1.4-1
- 7 Analysen gemäß LAGA M20 Tab. II 1.2-2 und 1.2-3
- 6 Analysen gemäß LAGA M20 Tab. II 1.2-3
- 7 Analysen auf TOC im Feststoff
- 9 Analysen auf Fluorid im Eluat
- 3 Wasseranalysen auf Betonaggressivität

4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

4.1 Allgemeiner Überblick

Im Zuge der durchgeführten Erkundungen wurden nachfolgende wesentliche Ergebnisse für die Beschreibung der Untergrunderkenntnisse ermittelt, die in der nachfolgenden Tabelle beschrieben sind und im Folgenden erläutert werden:

Tabelle 2: Zusammengefasste Darstellung der Felderkundungsergebnisse

Aufschluss Nr.	Ansatzhöhe [m rel. Höhe]	Endteufe [m u. GOK]	Auffüllung bis [m u. GOK]	Grundwasserspiegel [m u. GOK]
BS 1	97,14	7,30	0,50	n. e.
BS 2	96,97	4,90	1,00	n. e.
BS 3	96,92	5,40	1,10	n. e.
BS 4	97,57	5,30	1,00	n. e.



Aufschluss Nr.	Ansatzhöhe [m rel. Höhe]	Endteufe [m u. GOK]	Auffüllung bis [m u. GOK]	Grundwasserspiegel [m u. GOK]
BS 5	97,56	5,90	1,80	n. e.
BS 6	97,39	5,50	0,30	n. e.
BS 7	97,12	4,90	0,80	n. e.
BS 8	97,78	5,60	1,00	n. e.
BS 9	96,91	9,40	n. e.	6,40
BS 11	97,61	6,90	0,40	n. e.
BS 13	97,42	7,30	0,40	n. e.
BS 14	97,70	4,80	1,40	n. e.
BS 15	97,46	7,30	2,30	n. e.
BS 16	97,96	8,30	1,30	n. e.
BS 17	97,60	6,30	0,70	n. e.
BS 18	98,13	6,30	0,60	n. e.
BS 19	97,87	4,20	1,00	n. e.
BS 20	97,58	6,20	0,60	n. e.
BS 21	97,61	0,30	0,30	n. e.
BS 21a	97,61	0,30	0,30	n. e.
BS 22	98,12	5,90	1,30	n. e.
BS 23	98,10	6,50	0,60	n. e.
BS 24	98,11	10,00	0,80	7,30
BS 25	96,90	3,00	2,00	2,70 ¹⁾



Aufschluss Nr.	Ansatzhöhe [m rel. Höhe]	Endteufe [m u. GOK]	Auffüllung bis [m u. GOK]	Grundwasserspiegel [m u. GOK]
BS 26	97,56	3,00	1,30	n. e.
BS 27	97,78	3,00	1,50	n. e.
BS 28	97,85	10,00	4,20	9,30
BS 29	97,66	10,00	2,50	5,30
BS 30	97,22	6,30	1,40	n. e.
BS 31	97,93	2,10	2,10	n. e.
BS 31a	97,93	2,10	2,10	n. e.
BS 32	97,41	10,00	4,20	6,00
BS 33	97,75	8,20	1,60	7,00
BS 34	97,68	5,70	n. e.	n. e.
BS 35	98,11	6,10	0,50	n. e.
BS 36	98,16	3,00	0,90	n. e.
BS 37	98,06	1,90	1,90	n. e.
BS 38	98,23	3,00	0,80	n. e.
BS 39	98,20	3,00	0,70	n. e.
BS 40	98,47	7,50	0,70	n. e.
BS 41	98,24	8,10	0,70	3,10 ¹⁾
BS 42	98,40	3,00	1,10	n. e.
BS 43	98,36	3,00	1,10	n. e.
BS 44	98,39	3,00	0,60	n. e.



Aufschluss Nr.	Ansatzhöhe [m rel. Höhe]	Endteufe [m u. GOK]	Auffüllung bis [m u. GOK]	Grundwasserspiegel [m u. GOK]
BS 45	98,43	3,00	0,70	n. e.

n. e. = nicht erkundet

1) lokales Schichtwasser

4.2 Beschreibung der Schichtenfolge

Die Felderkundungen haben die aufgrund der regionalen geologischen Situation zu erwartende Schichtung des Baugrundes im Wesentlichen bestätigt. Auf der Grundlage vergleichbarer bodenmechanischer Eigenschaften lassen sich die erkundeten Schichten am Untersuchungsstandort in nachfolgend aufgeführte Homogenbereiche zusammenfassen.

Homogenbereich 1.1 – Auffüllungen, grobkörnig

Anthropogen aufgefüllte Böden von grobkörniger Zusammensetzung wurden in den meisten Aufschlüssen unterhalb der bestehenden Oberflächenbefestigung angetroffen. Es handelt sich meist um sandigen Kies und untergeordnet um kiesigen Sand, meist liegen auch schwach schluffige Nebenanteile vor.

In den meisten Proben wurden auch Fremdbestandteile wie Ziegelreste oder Betonbruch vorgefunden.

Diese Böden besitzen eine mittlere bis große Scherfestigkeit und sind von mittlerer Zusammendrückbarkeit. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist gut, die Wasserdurchlässigkeit groß.

Homogenbereich 1.2 – Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig

Diese Böden wurden in mehreren Aufschlüssen unterhalb der grobkörnigen Auffüllungen und mit sehr unterschiedlichen Schichtdicken angetroffen. Meist liegen Schichtdicken von weniger als 1 m vor, in einigen Aufschlüssen werden jedoch auch Schichtdicken von bis zu über 2 m erreicht.

Im Senkungsgebiet am westlichen Rand des Grundstückes liegen auch Schichtdicken von bis zu über 4 m vor.



Es handelt sich um sehr heterogene Böden, welche in diesem Homogenbereich zusammengefasst sind. Es liegen sowohl schluffige bis stark schluffige, kiesige Sande als auch sandige, schluffige Tone und tonige Schluffe vor. Diese Böden weisen auch unterschiedlich hohe Anteile an organischen Bestandteilen auf. Bereichsweise liegen sehr stark organische Beimengungen vor, welche vermutlich aus dem Braunkohleabbau herrühren. Diese wurden vor allem in den sehr mächtigen Auffüllungen im Senkungsgebiet am westlichen Rand des Grundstückes angetroffen.

Diese Böden sind meist locker bis sehr locker gelagert und besitzen eine große Zusammendrückbarkeit.

Homogenbereich 2 – Decklehme

Unter den Auffüllungen wurden meist lehmige Deckschichten in Form toniger Schluffe mit sandigen und kiesigen Nebenanteilen angetroffen. Die Konsistenzen wurden meist als weich oder steif angesprochen. Die Schichtdicken liegen meist bei unter 1 m.

Diese Böden besitzen eine geringe Scherfestigkeit und sind stark zusammendrückbar. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist schlecht, die Wasserdurchlässigkeit gering. Diese Böden sind stark witterungs- und erosionsempfindlich.

Homogenbereich 3 – Decksande

Sandige Decklagen wurden meist unterhalb der lehmigen Deckschichten vorgefunden. Es handelt sich meist um feinkiesigen bis mittelkiesigen Sand, welcher auch schwach schluffige Nebenanteile aufweisen kann. Die Schichtdicken betragen meist 1 m und bereichsweise auch bis zu über 2 m. In manchen Bereichen liegen jedoch auch geringere Schichtdicken vor oder die Decksande fehlen. Dies betrifft Bereiche, in denen mächtigere Auffüllungen vorliegen.

Diese Böden besitzen eine mittlere Scherfestigkeit und sind von mittlerer Zusammendrückbarkeit. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist mäßig, die Wasserdurchlässigkeit mittel bis gering.



Homogenbereich 4 – Geschiebemergel

Unterhalb der lehmigen und sandigen Deckschichten wurden die in der Grundmoräne abgelagerten Geschiebemergel erkundet. Die Schichtoberkante liegt i. M. bei 2 m unter Gelände. Es handelt sich um schluffigen Ton oder tonigen Schluff mit sandigen bis stark sandigen und meist schwach kiesigen Nebenanteilen. Die Konsistenzen wurden meist als steif und teils als steif bis halbfest angesprochen. Bereichsweise liegen auch Konsistenzen von weich und weich bis steif vor.

Die Schichtdicken schwanken meist zwischen 2 und 3 m, bereichsweise werden auch Schichtdicken bis zu 4 m erreicht.

Diese Böden besitzen eine mittlere Scherfestigkeit und sind von mittlerer bis großer Zusammendrückbarkeit. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist schlecht, die Wasserdurchlässigkeit gering.

Homogenbereich 5 – Sande und Kiese

In diesem Homogenbereich werden die quartären Kiese und Sande der Saale kaltzeitlichen Hauptterrasse zusammengefasst, welche unter dem Geschiebemergel angetroffen wurden. Es handelt sich im Wesentlichen um kiesige Sande und sandige Kiese welche meist auch noch schwach schluffige Nebenanteile aufweisen.

Diese Böden besitzen eine große Scherfestigkeit und sind gering zusammendrückbar. Die Verdichtungsfähigkeit dieser Böden ist gut, die Wasserdurchlässigkeit mittel bis groß.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Konsistenz der angetroffenen Böden in den Homogenbereichen 1,2, 2 und 4 veränderlich ist und vom Wassergehalt abhängig ist. Der Wassergehalt der Böden kann jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. So kann eine Erhöhung des Wassergehaltes durch Wasserzutritt oder dynamische Belastung die Konsistenz deutlich verschlechtern, dabei ist eine Verschlechterung zu breiiger oder flüssiger Konsistenz nicht auszuschließen.

4.3 Ergebnisse der Rammsondierungen

Zur indirekten Bestimmung der Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen sowie zur Erkundung des Ramm- und Bohrverhaltens wurden 24 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 abgeteuft.



Dabei stellt die Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe über die gesamte Sondierstrecke ein interpretierbares Maß der Lagerungsdichte dar. Ebenso können Rückschlüsse auf Mantelreibungswerte, Spitzendruckwerte und Schichtgrenzen gezogen werden.

In den grobkörnigen Auffüllungen (Homogenbereich 1.1) wurden meist mittlere bis hohe und auch sehr hohe Schlagzahlen registriert, welche auf eine hohe Verdichtung dieser Schicht unterhalb der derzeitigen Oberflächenbefestigung schließen lassen.

Die aufgefüllten Böden des Homogenbereiches 1.2 sind dagegen meist durch geringe bis allenfalls mittlere Schlagzahlen gekennzeichnet. Dies trifft auch auf den Decklehm des Homogenbereiches 2 zu.

In den Decksanden des Homogenbereiches 3 liegen meist Schlagzahlen von 5 bis 10 vor, welche bei den meist enggestuften Sanden auf eine mitteldichte Lagerung schließen lassen.

Die Schlagzahlen von im Mittel 5 beim Durchteufen des Geschiebemergels sind typisch für Böden dieser Art mit den angetroffenen Konsistenzverhältnissen.

In den Sanden und Kiesen des Homogenbereiches 5 ist meist ein sehr schneller Anstieg auf Schlagzahlen von über 20 zu beobachten, sodass in diesen Böden von dichten und sehr dichten Lagerungsverhältnissen ausgegangen werden kann.

4.4 Ergebnisse der Laborversuche

4.4.1 Wassergehalte und Konsistenzgrenzen

An bindigen Bodenschichten wurden die Konsistenzgrenzen bestimmt und dabei die Plastizität sowie der natürliche Wassergehalt ermittelt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 3: Wassergehalte und Konsistenzgrenzen**

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache und Konsistenz	w [%]	w _L [%]	I _p	I _c	DIN 18 196
2/Decklehme	BS 24/P12	7,90	steif	1,8	-	-	-	-
2/Decklehme	BS 35/P2	1,10	-	12,5	-	-	-	-
2/Decklehme	BS 40/P2	1,80	halbfest	8,1	24,4	12,8	1,18	TL
4/Geschiebemergel	BS 1/P4	3,10	steif	20,8	58,1	37,7	0,81 ¹⁾	TA
4/Geschiebemergel	BS 3/P2	1,80	steif	17,7	-	-	-	-
4/Geschiebemergel	BS 5/P6	3,50	steif	14,19	20,9	9,6	0,48 ¹⁾	ST*
4/Geschiebemergel	BS 8/P4	4,20	weich	36,0	57,6	36,4	0,59	TA
4/Geschiebemergel	BS 9/P5	3,50	weich	11,9	20,2	9,7	0,61 ¹⁾	ST*
4/Geschiebemergel	BS 11/P6	4,00	weich - steif	12,0	-	-	-	TL/ST*



Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache und Konsistenz	w [%]	w _L [%]	I _p	I _c	DIN 18 196
4/Geschiebemergel	BS 11/P7	4,70	weich	11,6	20,0	9,4	0,65 ¹⁾	ST*
4/Geschiebemergel	BS 14/P5	3,00	weich	12,1	22,7	11,6	0,73 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 15/P4	3,10	steif	19,4	-	-	-	-
4/Geschiebemergel	BS 18/P4	3,00	steif	6,9	24,7	13,7	0,96 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 20/P6	3,50	weich	13,4	23,7	12,4	0,65 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 24/P6	4,00	weich	13,7	24,6	13,1	0,63 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 28/P9	8,00	weich	12,3	22,7	11,8	0,65 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 30/P3	2,80	steif	27,1	56,4	37,7	0,75 ¹⁾	TA



Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache und Konsistenz	w [%]	w _L [%]	I _p	I _c	DIN 18 196
4/Geschiebemergel	BS 30/P4	4,20	steif	11,5	-	-	-	-
4/Geschiebemergel	BS 32/P10	8,10	weich	11,75	21,1	10,6	0,71 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 33/P7	5,20	steif	9,7	21,4	10,7	0,89 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 38/P3	2,00	weich - steif	10,9	-	-	-	-
4/Geschiebemergel	BS 40/P2	1,80	halbfest	8,1	24,4	12,8	1,18 ¹⁾	TL
4/Geschiebemergel	BS 41/P6	5,2	steif	12,0	23,6	12,6	0,77 ¹⁾	TL

1) mit Berücksichtigung des korrigierten Wassergehaltes wegen Überkornanteil

w: Wassergehalt

w_L: Fließgrenze

I_c: Konsistenzzahl

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass es sich beim Geschiebemergel meist um leicht plastische Böden der Bodengruppen TL bis ST* handelt. Bei einem Teil der Böden liegen ausgeprägt plastische Böden der Bodengruppe TA vor.



Bei der Ermittlung der Konsistenzahlen ist zu berücksichtigen, dass bei fast allen Böden ein Überkornanteil (Korngröße > 0,4 mm) vorliegt, welcher das Versuchsergebnis beeinflusst. Der Mittelwert der mit dem korrigierten Wassergehalt ermittelten Konsistenzahlen im Geschiebemergel beträgt $I_c = 0,74$ und liegt damit an der Grenze von weich zu steif. Erfahrungsgemäß liefert die Verwendung des korrigierten Wassergehaltes etwas geringere Konsistenzahlen, als gemäß der Bodenansprache zu erwarten gewesen wäre. Bei Berücksichtigung dieses Einflusses ergibt sich im Mittel eine steife Konsistenz für den Geschiebemergel.

4.4.2 Korngrößenverteilungen

Es wurden Bestimmungen der Korngrößenverteilung durch Nasssiegung und kombinierte Sieb-/Schlamm-analyse durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle für die jeweiligen Bodenschichten dargestellt.

Tabelle 4: Korngrößenverteilungen

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	DIN 18 196	Anteil < 0,063 mm	U	C_c	Körnungsverlauf
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischt-körnig	BS 26/P2	1,30	GU*	16,9	n. b.	n. b.	intermittierend
3/Decksande	BS 7/P2	1,80	SE	2,30	2,2	0,9	enggestuft
3/Decksande	BS 16/P4	3,00	SE	3,6	4,2	0,9	enggestuft
3/Decksande	BS 34/P3	1,50	SU	5,4	4,5	1,0	enggestuft
3/Decksande	BS 35/P2	1,10	SU*	38,3	n.b.	n. b.	n. b.
3/Decksande	BS 43/P4	2,80	SE	4,4	3,6	0,7	enggestuft
4/Geschiebemergel	BS 5/P7	4,70	UL/TL/(ST*)	41,3	n. b.	n. b.	weitgestuft



Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	DIN 18 196	Anteil < 0,063 mm	U	C _c	Körnungsverlauf
4/Geschiebemergel	BS 11/P6	4,00	UL/TL/(ST*)	43,2	n. b.	n. b.	weitgestuft
4/Geschiebemergel	BS 20/P7	4,80	UL/TL/ST*	39,3	n. b.	n. b.	intermittierend
4/Geschiebemergel	BS 41/P5	4,00	UL/TL	58,4	n. b.	n. b.	intermittierend
5/Sande und Kiese	BS 9/P7+8	6,20	SU*/ST*	18,6	n. b.	n. b.	n. b.
5/Sande und Kiese	BS 15/P7	6,10	SE	4,9	3,75	1,1	enggestuft
5/Sande und Kiese	BS 16/P8	7,00	SU*	23,5	n. b.	n. b.	intermittierend
5/Sande und Kiese	BS 18/P7	6,30	SU*/ST*	20,8	n. b.	n. b.	intermittierend
5/Sande und Kiese	BS 24/P13	10,00	SU	7,2	11,0	0,5	intermittierend

U: Ungleichförmigkeitszahl

C_c: Krümmungszahl

n. b.: nicht bestimmt

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass es sich bei den Decksanden meist um enggestufte Sande mit geringen Feinkorngehalten handelt. Lediglich bei einer Probe wurde ein sehr hoher Feinkorngehalt festgestellt. Es handelt sich hierbei vermutlich um eine Übergangsschicht zu Decklehm.



Die untersuchten Proben des Geschiebemergels bestätigen, dass es sich um weitgestufte Korngemische mit Anteilen an Ton, Schluff und Sand sowie meist schwach kiesigen Anteilen handelt.

4.4.3 Glühverluste

Es wurde der Anteil organischer Bestandteile durch Bestimmung des Glühverlustes ermittelt. Die Versuchsergebnisse mit einer qualitativen Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2013-12 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 5: Glühverluste

Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache	Glühverlust [%]	Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2013-12
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig	BS 26/P2	1,30	Sand, kiesig, schluffig, organische Beimengung	14,7	mittel organisch
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig	BS 32/P4	2,80	Feinsand, stark organische Beimengung, schluffig, tonig	52,7	stark organisch
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig	BS 32/P5	3,70	Sand, kiesig, schluffig, tonig, organische Beimengung	18,8	mittel organisch
2/Decklehme	BS 3/P2	1,80	Ton, schluffig, kiesig, schwach organische Beimengung	5,9	schwach organisch
2/Decklehme	BS 24/P12	7,90	Ton	0,7	nicht organisch



Homogenbereich	Probenbezeichnung	Tiefe [m]	Bodenansprache	Glühverlust [%]	Bewertung in Anlehnung an DIN EN ISO 14688-2:2013-12
2/Decklehme	BS 40/P2	1,80	Ton, schluffig, feinsandig, schwach organische Beimengung	4,7	schwach organisch
3/Decksande	BS 35/P2	1,10	Feinsand, stark schluffig, schwach organische Beimengung	4,7	schwach organisch
4/Geschiebemergel	BS 15/P4	3,10	Ton, schluffig, kiesig, schwach organische Beimengung	4,9	schwach organisch

4.5 Hydrologische Verhältnisse

Mit den durchgeführten Erkundungen wurde Bodenwasser angetroffen. Die einzelnen Wasserstände sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 6: Wasserstände

Aufschluss Nr.	Endteufe [m]	Ansatzpunkt [m ü. NN]	Bodenwasser angebohrt		Erkundungsendwasserstand	
			[m u. GOK]	[m ü. NN]	[m u. GOK]	[m ü. NN]
BS 9	9,40	96,91	-	-	6,40	90,51
BS 24	10,00	98,11	8,00	90,11	7,30	90,81
BS 25	3,00	96,90	2,70	94,20 ¹⁾	-	-
BS 28	10,00	97,85	9,30	88,55	-	-



Aufschluss Nr.	Endteufe [m]	Ansatzpunkt [m ü. NN]	Bodenwasser angebohrt		Erkundungsendwasserstand	
			[m u. GOK]	[m ü. NN]	[m u. GOK]	[m ü. NN]
BS 29	10,00	97,66	6,80	90,86	5,30	92,36
BS 32	10,00	97,41	8,10	89,31	6,00	91,41
BS 33	8,20	97,75	7,00	90,75	7,00	90,75
BS 41	8,10	98,24	3,10	95,14 ¹⁾	-	-
Pegel 4369	13,63	98,27	-	-	7,70	90,57
Pegel 4377	13,61	98,75	-	-	8,15	90,60
Pegel 4409	13,47	97,56	-	-	8,07	89,49

1) lokales Schichtwasser

Hauptgrundwasserleiter sind die Böden des Homogenbereiches 5 (Sande und Kiese). Nach dem Anbohren stieg das Grundwasser im Bohrloch an, sodass davon auszugehen ist, dass das Grundwasser infolge der geringeren Durchlässigkeit der darüber befindlichen Böden (Geschiebemergel) einem hydrostatischen Druck unterliegt. Damit liegen gespannte Grundwasserverhältnisse vor.

Die hydrogeologische Situation ist derzeit noch durch die bergbauliche Wasserhaltung beeinflusst. Zu einem prognostizierten Grundwasserstand können seitens der LMBV gemäß dem Bebauungsplan 57 der Stadt Halle [12] keine Angaben gemacht werden.

Aus den Grundwassermessstellen Nr. 4416, 4409 und 4377 wurde jeweils eine Wasserprobe nach DIN 4030 entnommen und nach dem Referenzverfahren untersucht. Gemäß DIN 1045 sind die untersuchten Wasserproben den Expositionsclassen XA2 und XA3 zuzuordnen. Demnach liegt eine chemisch mäßig bis stark angreifende Umgebung vor.



5 BEWERTUNG DER GEOTECHNISCHEN BEFUNDE

5.1 Beurteilung der bergbaulichen Tätigkeiten

Zur Beurteilung der bergbaulichen Tätigkeiten auf dem Untersuchungsgrundstück liegt mit [10] die bergbauliche Stellungnahme des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt vom 06.02.2019 vor, welche auch als Anlage 9 beiliegt und neben den vorliegenden Baugrundaufschlüssen eine wesentliche Grundlage der Beurteilung bildet. Des Weiteren wurde ein digitales Geländemodell mit der Gitterweite von 1 m (DGM 1) aus dem Jahr 2011 beim Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt bestellt und in der Anlage 7 für den Untersuchungsstandort dargestellt.

Nach den Angaben in dieser Stellungnahme sind für das Untersuchungsgrundstück zwei Bereiche zu unterscheiden. Der eine Bereich betrifft nur den äußersten westlichen Rand des Grundstückes. Es handelt sich hierbei um ein sogenanntes Bruchfeld. In diesem wurde der Abbau der Braunkohle im Tiefbau nach dem Verfahren des Pfeilerbruchbaues vorgenommen. Dieses Verfahren ist dadurch charakterisiert, dass in die ausgekohlten Räume kein Versatz (Material zum Ausfüllen untertägiger Hohlräume) eingebracht wurde. Nach dem Herausnehmen des Ausbaues, dem sogenannten Rauben des Holzes, senken sich die aufliegenden Gebirgsschichten ab und füllen die Abbauhohlräume aus. Der Abbauezeitraum wird mit 1903 bis 1914 und die Abbauteufe mit ca. 12 bis 42 m angegeben.

Eine Folge des oben genannten Vorgehens waren großflächige Senkungen der Tagesoberfläche. Nach den Angaben in [10] dürften diese kurze Zeit nach der Abbautätigkeit abgeklungen sein. Mit den vorliegenden Erkundungen konnte diese Senkung der Geländeoberfläche bestätigt werden. Wie sich insbesondere aus den Profilschnitten 7 und 8 in Anlage 2.1.7 und 2.1.8 ergibt, sind die Schichtgrenzen zwischen Decksanden und Geschiebemergel sowie zwischen Geschiebemergel und den darunter liegenden Sanden und Kiesen deutlich nach unten verschoben. Es handelt sich um Abweichungen vom üblichen Schichtverlauf um mindestens 3 bis zu über 4 m. Es ist aus den Schnitten deutlich zu erkennen, dass der Schichtverlauf nach unten versetzt ist und in Folge der Senkung der Geländeoberfläche eine Auffüllung bis zu über 4 m aufgebracht wurde. Die aufgefüllten Böden enthalten in diesem Bereich auch deutliche Anteile von Braunkohleresten.

Die Erkundungsergebnisse zeigen auch, dass bei den Bohrungen BS 30 und BS 33 noch keine Senkung der Geländeoberfläche bzw. der Schichtgrenzen vorliegt. Dies bedeutet, dass dieses Senkungsgebiet somit für den eigentlichen Standort des Gebäudes nicht beobachtet werden kann.



Das Senkungsgebiet ist somit insbesondere für den Bereich der geplanten Parkflächen und Zufahrten von Bedeutung. Nach den Angaben in [10] können bei Belastungen in Folge der Vorbeanspruchung des Deckgebirges weitere Senkungen auftreten. Diese Senkungen können wegen der Wechsel zwischen Pfeilern und Abbauen ungleichmäßig ablaufen. Dabei wird darauf hingewiesen, dass in den Randbereichen der Abbaugelände nach bisherigen Erfahrungen solche Senkungen besonders ungleichmäßig auftreten können. Auch das Auftreten von örtlichen trichterförmigen Einbrüchen der Tagesoberfläche, sogenannten Tagesbrüchen kann nicht völlig ausgeschlossen werden. Nach bisherigen Erfahrungen und den Angaben in Anlage 9 werden die Durchmesser möglicher Tagesbrüche 3 bis 4 m nicht überschreiten.

Aus Anlage 7.2 ist ersichtlich, dass die Geländeoberfläche im Bereich der geplanten Parkplätze durch die aufgebrachte Auffüllung um 2,5 m – 3,0 m auf maximal 100,2 m ü. NN in westlicher Richtung ansteigt.

Der andere Bereich bergbaulicher Tätigkeit betrifft in etwa den mittleren Grundstücksbereich. In diesem sind mehrere Grubenbaue exakt verzeichnet. Diese Flächen werden als durch Strecken verritzte Bereiche bezeichnet. In der Bergmannssprache bedeutet dies, dass horizontale Grubenbaue zum Aufschließen der Lagerstätte beim Beginn des Abbaues hergestellt wurden.

Gemäß der Anlage 7.1 ist die Geländeoberfläche im mittleren Grundstücksbereich weitgehend eben und weist im Gegensatz zum westlichen Randbereich keinen deutlichen Änderungen der Geländehöhe auf. Diese liegt im betreffenden Grundstücksbereich zwischen 97,0 und 97,5 m ü. NN.

In diesem Bereich wurden von Oktober 2004 bis Dezember 2005 Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten durchgeführt. Die Tiefbaustrecken wurden mit Braunkohlefilterasche und hydraulischen Füllbinder (Dämmen) verwahrt. Es wird in [10] angegeben, dass bei der Streckenverwahrung Versatzfaktoren von 88 bis 100 % ausgewiesen sind. Dies bedeutet, dass diese Hohlräume komplett (100 %) bzw. teilweise nur zu 88 % verfüllt worden sind.

Das Auftreten von Tagesbrüchen innerhalb des Einwirkungsbereichs in Folge von hängen-gebliebenen Brüchen kann nach den Angaben in [10] nicht völlig ausgeschlossen werden, das Risiko wird als gering eingeschätzt. Aus geotechnischer Sicht kann diese Einschätzung grundsätzlich bestätigt werden. Da es sich um einzelne Grubenbaue handelt, welche eine große Überlagerung mit Deckgebirge aufweisen und zudem weitgehend verfüllt wurden, kann das Risiko auch unsererseits als sehr gering eingeschätzt werden.



5.2 Allgemeine Beurteilung der Baugrundverhältnisse

Auf Grundlage der durchgeführten Felduntersuchungen, der örtlichen Bodenansprachen und der Ergebnisse der Feld- und Laborversuche kann die in der folgenden Tabelle dargestellte Klassifizierung der einzelnen Bodenschichten nach den geltenden Normen bzw. rein informativ nach der nicht mehr gültigen DIN 18 300 (2012) vorgenommen werden:

Tabelle 7: Bodenklassifizierung

Homogenbereich	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
1.1/Auffüllungen, grobkörnig	[SE/SI/SU/GW/GI/GU]	3	F1/F2
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig	[UL/UM/TL/TM/SU*/ST*]	3 - 4	F3
2/Decklehme	UL/TL/(ST*)	4	F3
3/Decksande	SE/SU/(SU*)	3	F1/F2 (F3)
4/Geschiebemergel	UL/TL/ST*/TA	4 - 5	F3
5/Sande und Kiese	SE/SU/GW/GU/SU*/ST*	3 - 4	F1 – F3

() untergeordnet

Als wesentliches Ergebnis kann ein vereinfachtes Berechnungsmodell des Baugrundes ausgearbeitet werden. Die Vereinfachung bezieht sich dabei auf die geometrischen Annahmen über den Schichtenaufbau und -verlauf sowie auf die ähnlichen bodenmechanischen Baugrundeigenschaften.



Für das vorliegende Untersuchungsgrundstück ergibt sich folgendes Baugrundmodell:

Tabelle 8: Vereinfachtes Baugrundmodell Gründungsbereich

Homogenbereich	Unterhalb Kote [m ü. NN]	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Bautechnische Eignung als Baugrund für Gründungen
1.1/Auffüllungen, grobkörnig	GOK	meist mitteldicht	nicht relevant
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig	GOK	locker, weich bis steif	nicht geeignet
2/Decklehme	96,5...98,0	weich, steif	wenig geeignet
3/Decksande	96...97	mitteldicht	gut geeignet
4/Geschiebe- mergel	95...96	weich bis steif, steif bis halbfest, i. M. steif	bedingt geeignet
5/Sande und Kiese	92...93	dicht	gut geeignet

Die in der Tabelle angegebenen Höhen der Schichtgrenzen weisen Spannen auf. Bei geotechnischen Nachweisen ist jeweils die ungünstigste Schichtung des Baugrundes zu berücksichtigen. Dabei kann sich je nach Art der zu führenden Standsicherheits-, Verformungs- oder sonstigen Berechnung ein unterschiedliches Berechnungsprofil ergeben.

5.3 Bodenmechanische Kennwerte

In der nachfolgenden Tabelle sind geschätzte mittlere bodenmechanische Kennwerte als charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen zusammengefasst. Sie basieren auf Laboruntersuchungen, örtlichen Erfahrungen, den Angaben der DIN 1055 und DIN 1054 sowie den Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben EAB den Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU 2004).



Tabelle 9: Bodenmechanische Kennwerte

Homogenbereich	Wichte erdfeucht γ [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	Winkel d. inneren Reibung φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Kohäsion, undrännert c_u [kN/m ²]	Steifemodul E_s Erstbelastung für Laststufe 100 bis 200 kN/m ² [MN/m ²]	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]
1.1/Auffüllungen, grobkörnig	18 - 20	10 - 12	30 - 35	0	-	40 - 80	$1 \cdot 10^{-2}$ - $1 \cdot 10^{-5}$
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig	16 - 19	6 - 11	20 - 30	0	-	2 - 8	$1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-9}$
2/Decklehme	18 - 19	8 - 9	25	5	25 - 65	4 - 6 ¹⁾	$1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$
3/Decksande	17 - 19	9 - 11	32,5	0	-	40 - 80	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-5}$
4/Geschiebelemergel	18 - 20	8 - 10	17,5 - 27,5	5 - 10	25 - 85	5 - 10 ¹⁾	$1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-9}$
5/Sande und Kiese	19 - 21	11 - 12,5	37,5	0	-	80 - 120	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-7}$

1) konsistenzabhängig

Soweit möglich wurden als bodenmechanische Kennwerte vorsichtige Schätzwerte des Mittelwertes nach DIN 4020 angegeben. Soweit in der Tabelle für einzelne Kennwerte Spannen angegeben worden sind, kann im Regelfall mit den Mittelwerten gerechnet werden. Bei Nachweis des Grenzzustandes des Verlustes der Lagesicherheit, des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen sind jedoch die jeweils ungünstigsten Werte anzusetzen.



5.4 Eigenschaften und Kennwerte für Erdarbeiten (Homogenbereiche)

Homogenbereiche sind Abschnitte, welche für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweisen.

In diesem Sinne wurden im vorliegenden Bericht Homogenbereiche definiert und diesen den erkundeten Bodenschichten zugeordnet. Abhängig von dem gewählten Bauverfahren kann es jedoch sinnvoll sein, dass mehrere Homogenbereiche für Ausschreibung und Bau durchführung zusammengefasst werden. Dies ist durch den verantwortlichen Planer vorzunehmen, gegebenenfalls in Abstimmung mit dem Sachverständigen für Geotechnik.

In der folgenden Tabelle sind die nach DIN 18 300 anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte der einzelnen Homogenbereiche enthalten, soweit dies auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse möglich ist.

Tabelle 10: Eigenschaften und Kennwerte von Böden

Homogenbereich	Korngrößenverteilung	Massenanteil [%]			Dichte ρ [Mg/m ³]	Scherfestigkeit undrännert c_u [kN/m ²]	Wassergehalt w [%]	Plastizitätszahl I_p [%]	Konsistenzzahl I_c [%]	Bezogene Lagerungsdichte I_D [%]	Organischer Anteil V_{GI} [%]	Boden- gruppe nach DIN 18 196
		Steine > 63 mm	Blöcke > 200 mm	große Blöcke > 630 mm								
1.1/Auffüllungen, grobkörnig	- ²⁾	≤ 10	0	0	1,8 - 2,0	- ¹⁾	- ²⁾	- ¹⁾	- ¹⁾	35 - 100	< 6	[SE/SI/ SU/GW/ GI/GU]
1.2/Auffüllungen, fein- bis gemischt- körnig	s. Anlage 4	≤ 20	< 2	0	1,6 - 2,0	- ¹⁾	- ²⁾	- ¹⁾	- ¹⁾	15 - 85	< 60	[UL/UM/ TL/TM/ SU*/ ST*]
2/Decklehme	- ²⁾	< 5	0	0	1,8 - 2,0	25 - 100	2 - 20	10 - 15	60 - 120	- ¹⁾	< 6	UL/TL/ (ST*)
3/Decksande	s. Anlage 4	< 5	0	0	1,7 - 2,0	- ¹⁾	- ²⁾	- ¹⁾	- ¹⁾	35 - 85	< 6	SE/SU/ (SU*)
4/Geschiebemergel	s. Anlage 4	< 10	< 1	0	1,8 - 2,1	25 - 150	7 - 38	9 - 38	50 - 140	- ¹⁾	< 6	UL/TL/ ST*/TA

Homogenbereich	Korngrößenverteilung	Massenanteil [%]			Dichte ρ [Mg/m ³]	Schерfestigkeit undrännert c_u [kN/m ²]	Wassergehalt w [%]	Plastizitätszahl I_p [%]	Konsistenzzahl I_c [%]	Bezogene Lagerungsdichte I_D [%]	Organischer Anteil V_{GI} [%]	Boden- gruppe nach DIN 18 196
		Steine > 63 mm	Blöcke > 200 mm	große Blöcke > 630 mm								
5/Sande und Kiese	s. Anlage 4	< 10	< 1	0	1,9 - 2,1	- ¹⁾	- ²⁾	- ¹⁾	- ¹⁾	55 - 100	< 6	SE/SU/ GW/GU/ SU*/ST*

- 1) Bei Böden dieser Art keine Angabe möglich
- 2) Mit den vorliegenden Feld- und Laboruntersuchungen nicht ermittelt
- 3) Abgeschätzt nach Erfahrungswerten



5.5 Bewertung der Grundwasserverhältnisse

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen können folgende maßgebende Grundwasserstände für den Untersuchungsort abgeleitet werden:

Mittlerer Grundwasserstand: 90,5...92,4 m ü. NN

Es wird eine nachbergbauliche Grundwasserabsenkung betrieben, die bewirkt, dass die Grundwasserfließrichtung etwa von Ost nach Südwest gerichtet ist.

Gemäß dem Bebauungsplan 57 der Stadt Halle können seitens der LMBV keine Angaben zum prognostizierten Grundwasserstand bei Beendigung der Bauwasserhaltung gemacht werden. Es wird angegeben, dass dort grundsätzlich mit flurnahen Grundwasserständen zu rechnen ist.

Nach Mitteilung der Stadt Halle im Rahmen der Besprechung am 06.02.2019 ist für die benachbarte Tiefgarage ein gegebenenfalls ansteigender Grundwasserspiegel bei der Planung und Ausführung nicht berücksichtigt worden. Von der Stadt Halle ist beabsichtigt, den Zustand der Grundwasserabsenkung auch zukünftig verlässlich zu halten.

Insofern ergibt sich die unbestimmte Angabe, dass bei einer einfachen Unterkellerung keine Maßnahmen für eine Grundwasserabsenkung bzw. keine Abdichtungsmaßnahmen gegen Grundwasser notwendig sind.

Soweit dies für die konkrete Planung berücksichtigt wird, wird dringend empfohlen, sich dies auch wegen der grundsätzlichen Bedeutung schriftlich bestätigen zu lassen oder vorsorglich eine wasserundurchlässige Bauweise zu planen.

5.6 Bewertung der Erdbebentätigkeit

Der Untersuchungsstandort liegt nach DIN EN 1998-1/NA in keiner Erdbebenzone bzw. in der Erdbebenzone 0 und damit in einem Gebiet sehr geringer Seismizität. In Fällen sehr geringer Seismizität müssen die Vorschriften der Reihe EN 1998 nicht berücksichtigt werden.



6 ALTLASTENUNTERSUCHUNG

6.1 Grenzwertbetrachtung

Die in Anlage 4.2 aufgelisteten Untersuchungsergebnisse unterliegen auch bei sorgfältigster Analyse einer gewissen Zufälligkeit bzw. sind nur unter gewissen Einschränkungen als absolut repräsentativ zu werten.

Auch bei sorgfältigster Analyse ist von einem geringfügigen Schwankungsbereich der Einzelergebnisse auszugehen. Die vorgenannte Relativierung der exakten Werte soll eine Überbewertung des Einzelwertes verhindern. Grundsätzlich sind die Werte jedoch im Hinblick auf ihre Größenordnung als tatsächliche Werte zu betrachten.

6.2 Bewertungsgrundlagen Schutzgüter

Nach Inkrafttreten des Bundesbodenschutzgesetzes und der dazugehörigen Bundesbodenschutzverordnung stellen die im Anhang der Bundesbodenschutzverordnung genannten Prüf- und Maßnahmenwerte die gesetzliche Grundlage für die Beurteilung von Bodenuntersuchungen dar. Dabei werden für die einzelnen Gefährdungspfade (Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser) Prüf- und Maßnahmenwerte definiert.

Liegt der Gehalt oder die Konzentration eines Schadstoffes unterhalb des jeweiligen Prüfwertes, ist insoweit der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt.

Bezüglich der Beurteilung des Ausbreitungspfades Boden-Grundwasser wird in der Bodenschutzverordnung die Bewertung auf der Grundlage von Sickerwasserproben bzw. Eluaten vorgesehen.

Die Beurteilung und Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenverunreinigungen erfolgt über die Sickerwasserprognose, wobei in der BBodSchV Prüfwerte angegeben sind.

In der Sickerwasserprognose ist gutachterlich zu bewerten, ob am Übergang von der gesättigten zur ungesättigten Bodenwasserzone (Ort der Beurteilung) eine Überschreitung der Prüfwerte gemäß Bundesbodenschutzverordnung zu erwarten ist.



Erfolgt die Sickerwasserprognose auf der Grundlage von Materialuntersuchungen, so ist bei Prüfwertüberschreitungen am Ort der Probenahme stets eine Transportprognose durchzuführen. Die Transportprognose umfasst eine stark vereinfachte Abschätzung der Rückhaltungswirkung der ungesättigten Zone sowie der mikrobiologischen Abbauprozesse.

Maßgeblich bei dieser Abschätzung ist die Mächtigkeit der unbelasteten Grundwasserüberdeckung, Durchlässigkeitsbeiwert und Bodenart, Grundwasserneubildung bzw. -versiegelung, mikrobiologische Abbauprozesse sowie gegebenenfalls weitere Einflussfaktoren.

6.3 Bewertungsgrundlagen Entsorgung

6.3.1 Allgemeines zur Entsorgung von Abfällen

Die Entsorgung von Abfällen wird durch zahlreiche Gesetze, Verordnungen und Satzungen auf Bundesebene, Länderebene und Kommunalebene geregelt.

Mit dem Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24.02.2012 ist in § 1 festgeschrieben, dass der Zweck des Gesetzes ist, die Kreislaufwirtschaft: zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Menschen und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen.

Die Abfallhierarchie dieses Gesetzes lautet gemäß § 6:

- (1) Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung stehen in folgender Rangfolge:
 1. Vermeidung,
 2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
 3. Recycling
 4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung
 5. Beseitigung



- (2) Ausgehend von der Rangfolge nach Absatz 1 soll nach Maßgabe der §§ 7 und 8 diejenige Maßnahme Vorrang haben, die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet. Für die Betrachtung der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt nach Satz 1 ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls zugrunde zu legen. Hierbei sind insbesondere zu berücksichtigen
1. die zu erwartenden Emissionen,
 2. das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen,
 3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie
 4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen.

Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten.

In § 9 wird das Getrennhalten von Abfällen zur Verwertung und ein Vermischungsverbot festgelegt. Dabei ist es in der Regel erforderlich, die Abfälle getrennt zu halten und zu behandeln.

6.3.2 Leitfaden zur Wiederverwendung und Verwertung von mineralischen Abfällen in Sachsen-Anhalt

Grundlage der Bewertung ist der „Leitfaden zu Wiederverwendung und Verwertung von mineralischen Abfällen“ in Sachsen-Anhalt. Dieser entspricht im Wesentlichen der LAGA M20 von 2004.

Die Zuordnungswerte nach LAGA M20 geben Hinweise zu einer möglichen Wiederverwendung von Boden mit den entsprechenden Schadstoffgehalten.



Hierbei bedeutet im Einzelnen:

- Die Gehalte bis zum Zuordnungswert Z 0 kennzeichnen natürlichen Boden. Bei Unterschreitung des Zuordnungswertes Z 0 ist im Allgemeinen ein uneingeschränkter Einbau von Boden möglich.
- Die Zuordnungswerte Z 1.1 und gegebenenfalls Z 1.2 stellen die Obergrenze für den offenen Einbau unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen dar. Maßgebend für die Festlegung der Werte ist in der Regel das Schutzgut Grundwasser. Bei Einhaltung der Z 1.1-Werte ist selbst unter ungünstigen hydrogeologischen Voraussetzungen davon auszugehen, dass keine nachteiligen Veränderungen des Grundwassers auftreten. Aufgrund der im Vergleich zu den Zuordnungswerten Z 1.1 höheren Gehalte ist bei der Verwertung bis zur Obergrenze Z 1.2 ein Erosionsschutz (z. B. geschlossene Vegetationsdecke) erforderlich.
- Für die Verwertung ist zu folgern, dass bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z 1 (Z 1.1 und gegebenenfalls Z 1.2) ein offener Einbau von Boden in Flächen möglich ist, die im Hinblick auf ihre Nutzung als unempfindlich anzunehmen sind. Dies gilt unter anderem für Parkanlagen, sofern diese eine geschlossene Vegetationsdecke haben. In der Regel sollte der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m betragen.
- Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Boden mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar. Dadurch soll der Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert werden. Bei der Unterschreitung der Zuordnungswerte Z 2 ist ein Einbau von Boden unter definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, wie z. B. als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt, Pflaster) und gebundenen Tragschichten möglich. Der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand sollte mindestens 1 m betragen.

Zuordnungswerte sind zulässige Stoffkonzentrationen im Eluat bzw. zulässige Stoffgehalte im Feststoff, die für den Einbau eines Abfalls festgelegt sind, damit dieser unter den für die jeweilige Kategorie vorgegebenen Anforderungen eingebaut/verwertet werden kann.

Die Zuordnungswerte und die zu untersuchenden Parameter sind in der tabellarischen Einstufung in der Anlage 4 aufgeführt.



6.3.3 Deponieverordnung

Eine Beseitigung auf einer Deponie kommt als letzte Hierarchieebene zur Anwendung.

Bei Überschreitungen des Zuordnungswertes Z 2 gemäß der LAGA M20 ist eine Entsorgung auf diesem Wege nicht möglich. Es wird zur Einstufung des Materials die Deponieverordnung (2009) herangezogen. Die jeweiligen Zuordnungswerte fallweise sind der Einstufungstabelle in der Anlage zu entnehmen.

6.4 Interpretation der Untersuchungsergebnisse

6.4.1 Einstufung der Untersuchungsergebnisse

Die tabellarischen Einstufungen der Analysenergebnisse liegen in Anlage 4 diesem Bericht bei.

Im Zuge der durchgeführten Erkundungen wurden in allen niedergebrachten Rammkernbohrungen anthropogene Auffüllungen unterschiedlicher Mächtigkeiten angetroffen.

Auf Grundlage der organoleptischen Erstansprache wurden als Fremdbestandteile bereichsweise Ziegel- und Betonreste festgestellt. Untergeordnet wurden auch Müllreste angetroffen (BS 37).

Es wurden ausgewählte Materialproben der anthropogenen Auffüllungen untersucht.

Die untersuchten Materialproben aus dem zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes (BS 4, 8, 9, 15, 21, 30, 33, 35, 37, 40, 42 und 43) sowie zwei Materialproben im südöstlichen Randbereich (BS 39 und 45) sind als Z 0 bis Z 1.2-Material gemäß LAGA M20 einzustufen

Die untersuchten Materialproben aus dem westlichen (BS 28, 29 und 32), nordöstlichen (BS 2, 25 und 27) Bereich des Untersuchungsgebietes sowie die Materialproben aus dem Bereich einer gedachten Achse zwischen den Erkundungspunkten BS 5 und BS 44 (BS 17, 22 und 38) sind als Z 2 Material gemäß LAGA M20 einzustufen.

Bei den untersuchten Materialproben aus der BS 5, der BS 17 und der BS 44 werden die Zuordnungswerte Z 2 gemäß LAGA M20 überschritten.



Als ergänzender Verdachtsparameter wurde bei ausgewählten Materialproben die Fluoridkonzentration im Eluat ermittelt. Für die Auswertung wurden die Grenzwerte gemäß DepV herangezogen. Es ist dabei festzustellen, dass bei zwei Proben aus der BS 35 und der BS 44 der Grenzwert für DK 0 knapp überschritten wird. In BS 35, BS 44 und BS 29 überschreitet der Fluoridgehalt im Eluat außerdem den Prüfwert gemäß BBodSchV.

Bei neun der untersuchten Materialproben werden die Vorsorgewerte gemäß BBodSchV eingehalten. Es wurde für die Bewertung ein Humusgehalt von weniger als 8 % angenommen.

Die Prüfwerte für Industrie- und Gewerbeflächen gemäß BBodSchV werden, mit Ausnahme von zwei Proben aus der BS 5 (P 2, 4), eingehalten.

6.4.2 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Im Zuge der orientierenden Altlastenuntersuchung wurden im Untersuchungsgebiet großflächig anthropogene, heterogene Auffüllungen festgestellt, die als Fremdbestandteile Beton- und Ziegelreste sowie in einer RKB auch Müllreste aufweisen.

Die Auffüllungsmächtigkeiten variieren zwischen wenigen Dezimetern bis hin zu mehreren Metern. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Auffüllungen aufgrund fehlender oder sehr geringer Anteile an Fremdbestandteilen bereichsweise nicht als solche erkannt und angesprochen wurden.

Maßgeblich für die Bewertung sind vornehmlich die ermittelten MKW-, PAK- und Schwermetallgehalte und teilweise EOX und BTEX im Feststoff. Darüber hinaus wurden erhöhte Werte für den TOC im Feststoff sowie den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit im Eluat sowie erhöhte Konzentrationen von Fluorid und Sulfat im Eluat und teilweise den Phenolindex und die Arsenkonzentration im Eluat ermittelt.

Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse kann eine Gefährdung des Grundwassers über den Wirkungspfad Boden – Grundwasser in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes nicht ausgeschlossen werden.

Die stärksten Verunreinigungen stellen die untersuchten Auffüllungen auf einer gedachten Achse entlang der BS 5 über die BS 17 hin zur BS 44 dar. Bei der BS 5 sind Verunreinigungen an PAK noch bis in den anstehenden Boden in einer Tiefe von 2,4 m unter GOK festzustellen.



Sofern die identifizierten Bereiche im Zuge der Baumaßnahme nicht durch Aushub entfernt werden bzw. durch eine Versiegelung der Oberfläche (z. B. durch Asphalt) ein Eintritt von Oberflächenwasser weitestgehend verhindert wird, sind weiterführende Untersuchungen im Eluat durchzuführen, um eine Mobilisierbarkeit der Stoffe und damit eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser besser beurteilen zu können.

Grundsätzlich kann Aushubmaterial, vorbehaltlich einer bautechnischen Eignung, bis zu Stoffgehalten einschließlich Z 2 wiederverwendet werden. Die Anforderungen des Leitfadens zu Wiederverwendung und Verwertung von mineralischen Abfällen in Sachsen-Anhalt sind zu beachten.

Es ist mit Aushubmaterial bis mindestens Z 2 gemäß LAGA M20, bereichsweise auch bis zur Deponieklasse DK I gemäß DepV zu rechnen. Aufgrund des bereichsweise erhöhten TOC ergibt sich im Bereich der BS 5 eine formale Einstufung bis zu Deponieklasse DK III.

Teils ist mit gefährlichem Abfall aufgrund von PAK- und MKW-Gehalten zu rechnen. Bereichsweise ist auch mit Aushub zu rechnen, der aufgrund hoher organischer Gehalte ohne Behandlung nicht deponiert werden kann.

Aufgrund der punktförmigen Erkundungen kann nicht ausgeschlossen werden, dass in nicht erkundeten Teilbereichen auch höhere Stoffgehalte angetroffen werden. Es wird empfohlen, dies für die weitere Planung und Ausschreibung der Maßnahme zu berücksichtigen.

7 FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG

7.1 Rahmenbedingungen

Mit den erkundeten Gegebenheiten des Baugrundes liegen für den Großteil des Baugrundstückes durchschnittliche Baugrundverhältnisse vor. Die in Kapitel 2.1 vorgenommene vorläufige Einstufung in die geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN 4020 und DIN 1054 kann für diesen Bereich damit hinsichtlich der Baugrundverhältnisse bestätigt werden. Lediglich für das Senkungsgebiet infolge des Bergbaues im nordwestlichen Bereich ist die geotechnische Kategorie GK 3 zuzuordnen.



Es liegen noch keine genauen Angaben über die geplante Art der Gründung vor. Auch über die geplante Fußbodenoberkante des Gebäudes und die Gründungstiefe der Fundamente sind noch keine Angaben vorhanden. Es wird angenommen, dass keine Untergeschosse ausgeführt werden.

Es wird deshalb vorläufig davon ausgegangen, dass die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente mit einer Gründungstiefe von mindestens 1,0 m unter Gelände erfolgt. Dabei wird vorläufig davon ausgegangen, dass die Fußbodenoberkante bei einer mittleren Geländehöhe von 97,5 m ü. NN zu liegen kommt, womit sich die Gründungssohle bei 96,5 m ü. NN ergeben würde.

Nach den Erkundungsergebnissen sind in der Gründungssohle überwiegend die Böden des Homogenbereiches 3 (Decksande) in der Gründungssohle anstehend, siehe hierzu die Profilschnitte in den Anlagen 2.1. Aus diesen Profilschnitten ergibt sich bei oben genannter Gründungssohle eine verbleibende Restdicke der Decksande von mindestens 0,5 m bzw. bereichsweise auch deutlich über 1,0 m. Es ist jedoch auch zu erkennen, dass bereichsweise die Decksande nicht in der Gründungssohle anstehen, sondern stattdessen Auffüllungen des Homogenbereiches 1.2 und Decklehme des Homogenbereiches 2 mit jeweils geringer Tragfähigkeit vorhanden sind. Nur lokal (bei BS 4) werden bereits die Geschiebemergel des Homogenbereiches 4 in der Gründungssohle anzutreffen sein.

7.2 Gründungsempfehlungen

Bei den vorliegenden Gründungsverhältnissen kann grundsätzlich eine Flachgründung auf den Decksanden des Homogenbereiches 3 ausgeführt werden, welche von im Mittel steifem Geschiebemergel unterlagert werden.

Die Decksande sind bereichsweise noch nicht in der Gründungssohle anstehend. Dies bedeutet, dass bei Antreffen von Böden der Homogenbereiche 1.2 (Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig) bzw. 2 (Decklehm) diese bis zum Antreffen der Decksande oder des Geschiebemergels zu entfernen und durch einen Bodenaustausch zu ersetzen sind. Auch wenn der Geschiebemergel bereits in der Gründungssohle angetroffen wird, ist ein Bodenaustausch vorzusehen, um durchgehend einheitliche Gründungsverhältnisse zu schaffen. Im letztgenannten Fall ist eine Bodenaustauschdicke von 0,5 m vorzusehen. Dabei ist der Bodenaustausch auch deswegen unbedingt notwendig, da der Geschiebemergel teilweise nur eine weiche Konsistenz aufweist. Lediglich wenn bereits halbfeste Konsistenzen angetroffen werden, könnte auf den Bodenaustausch verzichtet werden.



Im Kapitel 7.3 werden für diese Gründungsvariante Ausführungs- und Bemessungshinweise angegeben.

Alternativ kann eine Lasttieferführung auf die Sande und Kiese des Homogenbereiches 5 ausgeführt werden. Diese dicht gelagerten Böden besitzen eine höhere Tragfähigkeit, sodass größere Sohldrücke bei geringeren Setzungen abgetragen werden können.

Es sind jedoch die Aufwendungen für die hierfür erforderliche Tieferführung der Lasten zu berücksichtigen, da diese Böden erst 3 bis 4 m unter der voraussichtlichen Gründungssohle anstehen. Diese Lasttieferführung kann beispielsweise mit Stabilisierungssäulen erfolgen. Auch hierfür werden im Folgenden Ausführungs- und Bemessungshinweise angegeben.

Eine Tiefgründung über Bohrpfähle etc., welche in die dicht gelagerten Sande und Kiese (Homogenbereich 5) einbinden, ist ebenfalls möglich. Sie wird jedoch als kostenintensiver eingeschätzt. Es wäre für diese Gründungsvariante auch eine detailliertere Untersuchung des tieferen Untergrundes notwendig. Darüber hinaus müsste eine Tiefgründung im Detail mit den bergbaulichen Gegebenheiten überprüft werden. Es dürfen sich keine Grubenbaue im Lasteinflussbereich von Pfahlfüßen befinden.

Die Wahl zwischen den oben genannten Gründungsvarianten ist nach wirtschaftlichen Erwägungen zu treffen. Vermutlich wird eine Flachgründung mit bereichsweise erforderlich werdenden Bodenaustauschmaßnahmen die wirtschaftlichere Variante darstellen, auch wenn sich große Fundamentabmessungen ergeben können. Bei der Variante mit Stabilisierungssäulen können zwar die Abmessungen der Fundamente wirtschaftlich optimiert werden, es sind jedoch die zusätzlichen Kosten für den Spezialtiefbau zu berücksichtigen.

Eine Beeinflussung der Gründungsmaßnahmen durch die Folgen des Bergbaus ist wie in Kapitel 5.1 dargestellt nicht zu erwarten. Es ist jedoch nicht völlig ausgeschlossen, dass bei einzelnen Fundamenten größere Setzungen auftreten, wenn sich im Untergrund unter diesem Fundament Senkungen eines nicht vollständig verfüllten Grubenbaues ergeben sollten. Es wird deshalb eine messtechnische Überwachung der beim Bau eintretenden Setzungen empfohlen.



7.3 Flachgründung auf Decksande und Bodenaustausch

Bei dieser Gründungsvariante wird direkt auf den Decksanden oder auf Bodenaustausch gegründet, wie in 7.1 beschrieben wurde. Als Bodenaustausch eignet sich z. B. ein Kies-Sand-Gemisch mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 % im eingebauten Zustand oder Recycling-Baustoffe und industrielle Nebenprodukte, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten. Dieses Material ist auf einem wasserdurchlässigen geotextilen Vlies lagenweise einzubauen und zu verdichten, wobei ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ nachzuweisen ist. Darüber hinaus ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° gegen die Horizontale bei rundkörnigem Material bzw. von 60° gegen die Horizontale bei gebrochenem Material zu beachten.

Für das oben beschriebene Material des Bodenaustausches folgende bodenmechanische Kennwerte angesetzt werden: $\gamma/\gamma' = 20/12 \text{ kN/m}^3$, $\varphi' = 35^\circ$, $c' = 0 \text{ kN/m}^2$, $E_s = 100 \text{ MN/m}^2$.

Da im vorliegenden Fall die Tragfähigkeit nicht allein von den Decksanden bzw. dem Bodenaustausch, sondern auch im Wesentlichen vom darunter liegenden Geschiebemergel bestimmt ist, liegt wegen dieser wechselnden Bodenschichtung kein Regelfall nach DIN 1054 vor. Es sind deshalb Grundbruch- und Setzungsberechnungen durchzuführen. Diese wurden mit dem Programm FOOTING der GGU-Software GmbH durchgeführt.

Hierzu wurde ein Streifenfundament mit variierender Breite und ein quadratisches Einzelfundament mit variierenden Seitenlängen untersucht. Dabei wurde eine Mindestdicke der Decksande bzw. des Bodenaustausches von 0,5 m berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen liegen als EDV-Ausdrucke der Anlage 7 bei. Diesen Diagrammen kann in Abhängigkeit von der Fundamentbreite und des zulässigen Setzungsbetrages der Bemessungswert des Sohlwiderstands für lotrecht und mittig belastete Fundamente entnommen werden. Bei außermittigem Lastangriff ist die Fundamentfläche auf eine Teilfläche A' zu verkleinern, deren Schwerpunkt der Lastangriffspunkt ist.

Das Bodenaustauschmaterial besitzt gegenüber den anstehenden Böden eine höhere Durchlässigkeit. Es ist deshalb ein Wasserzutritt wahrscheinlich. Bautechnisch ist dafür zu sorgen, dass Bodenwasser nicht längere Zeit innerhalb der Bodenaustauschschicht verbleibt. Dies kann durch die Anlage eines Gefälles oder den Einbau einer Dränleitung realisiert werden.

7.4 Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen

In den vorliegenden Böden kann eine Untergrundverbesserung durch Einbau einer geeigneten Körnung oder durch Zugabe von Bindemitteln, jeweils zusammen mit einer Verdichtung des Bodens, erreicht werden.

Stabilisierungssäulen kleinen Durchmessers werden im Verdrängungsverfahren in den Untergrund eingebracht. Die Verdrängung erfolgt über eine Förderschnecke sowie ein negatives Eindrehen. Die Förderschnecke wird an einem Mäkler geführt. Beim Eindrücken der Förderschnecke wird sowohl der anstehende Boden verdrängt und verdichtet als auch über einen Aufgabetrichter am unteren Ende des Mäklers das Verbesserungsmedium, zum Beispiel eine Sand-Zement-Mischung, eingebracht. Das Verbesserungsmedium wird dem anstehenden Boden Feuchte entziehen und mit dieser Feuchte abbinden und aushärten.

Die Tiefe der Verdrängungssäulen richtet sich nach der gewünschten Säulenlänge oder dem Erreichen eines bestimmten Anpressdruckes beim Bohrvorgang, der Rasterabstand wird abhängig von der Größe der abzutragenden Lasten festgelegt.

Für die Herstellung der Stabilisierungssäulen ist ein Arbeitsplanum aus Kies oder Schotter auf einem geotextilen Vlies in einer Dicke von mindestens 30 cm vorzusehen.

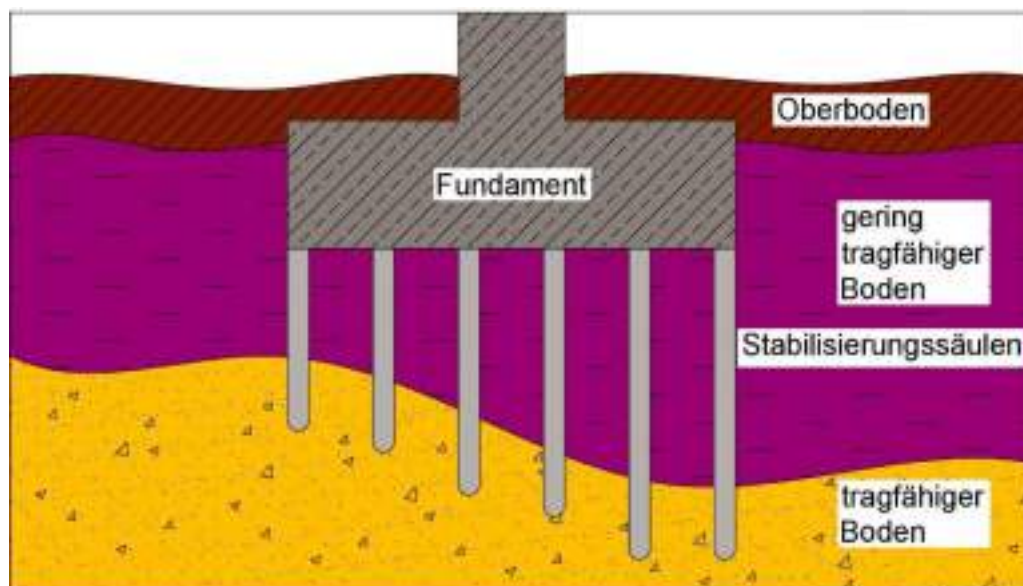


Abbildung 1: Bodenverbesserung durch Stabilisierungssäulen



Eines der gebräuchlichsten Verfahren ist eine Bodenverbesserung mit dem CSV-Verfahren, das nach dem „Merkblatt für die Herstellung, Bemessung und Qualitätssicherung von Stabilisierungssäulen zur Untergrundverbesserung, Teil I - CSV-Verfahren“ geregelt ist. Im vorliegenden Fall müssen die Stabilisierungssäulen in die gut tragfähigen Böden des Homogenbereiches 5 (Kiese und Sande) einbinden. Unter diesen Voraussetzungen kann erfahrungsgemäß ein aufnehmbarer Bemessungswert der Einzelsäulen von 70 kN bei der Bemessung zugrunde gelegt werden. Dieser Wert ist durch Probelastungen nachzuweisen.

Die Ausführung der Stabilisierungssäulen ist sowohl unter Einzel- und Streifenfundamenten als auch unter einer tragenden Bodenplatte möglich.

Hinsichtlich der Grundbruchsicherheit der Fundamente kann bei einer Mindesteinbindetiefe der Fundamente von 1,0 m und für Fundamentbreiten über 1,0 m von einem Bemessungswert des Sohlwiderstands von 350 kN/m² bei Streifenfundamenten ausgegangen werden.

7.5 Hallenboden

Es wird empfohlen, den Hallenboden in Anlehnung an Lohmeyer/Ebeling „Betonböden für Produktions- und Lagerhallen (Planung, Bemessung, Ausführung)“ [A8] aus dem Verlag Bau + Technik GmbH zu planen. Dabei sind als maßgebende Beanspruchungen die maximalen Einzellasten zugrunde zu legen, welche sich meist aus Radlasten von Fahrzeugen und Gabelstaplern oder aus Stützenlasten ergeben. Flächig wirkende Lasten wie z. B. Schüttgüter bewirken keine Biegebeanspruchungen, die bei der Bemessung zu berücksichtigen wären.

Bei sehr hohen Einzellasten, welche sich bei Stützenlasten aus Hochregallagern ergeben können, ist eine gesonderte Betrachtung erforderlich.

Je nach Belastung durch übliche Einzellasten ≤ 140 kN werden die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Verformungsmoduln E_{V2} auf dem Untergrund und der Tragschicht erforderlich.

**Tabelle 11: Erforderliche Verformungsmodule unter Betonplatten**

Maximale Einzellast Q_d [kN (t)]	Verformungsmodul $E_{V2,U}$ des Untergrundes [MN/m ²]	Verformungsmodul $E_{V2,T}$ der Tragschicht [MN/m ²]
≤ 40 ($\leq 4,00$)	≥ 40	≥ 100
≤ 80 ($\leq 8,00$)	≥ 50	≥ 120
≤ 100 ($\leq 10,00$)	≥ 65	≥ 150
≤ 140 ($\leq 14,00$)	≥ 80	≥ 180

Dabei sollen die ermittelten Verhältnismodule der durchgeführten Plattendruckversuche folgende Bedingungen einhalten:

Untergrund: $E_{V2,U}/E_{V1,U} \leq 2,5$

Tragschicht: $E_{V2,T}/E_{V1,T} \leq 2,2$

Falls die Bedingungen der Verhältnismodule nicht eingehalten werden, gilt die Anforderung an die Verdichtung gemäß ZTVE SoB-StB trotzdem als erfüllt, wenn der E_{V1} -Wert mindestens 60 % des geforderten E_{V2} -Wertes erreicht.

Werden die Nachweise für die Betonbodenplatte gemäß der oben genannten Veröffentlichung geführt, so kann hierbei eine Bettungszahl K bzw. ein Bettungsmodul k_s angesetzt werden. Es wird dabei angenommen, dass Betonbodenplatten elastisch gelagert sind, also auf elastischer Bettung liegen. Der Bettungsmodul oder die Bettungszahl ist eine Kenngröße zur Beschreibung der Nachgiebigkeit der Oberfläche des Baugrunds und der Tragschicht unter Lasteinwirkung.

Mit dem Elastizitätsmodul der Tragschicht E_T , dem Elastizitätsmodul des Betons E_{cm} und der Dicke h der Betonbodenplatte kann die Bettungszahl K auf folgende Weise errechnet werden:

$$K = E_T / (0,83 \cdot h \cdot 3 \sqrt{E_{cm} / E_T})$$



Da der Elastizitätsmodul der Tragschicht E_T schwierig festzustellen ist, kann ersatzweise vereinfacht mit dem Verformungsmodul E_{V2} gerechnet werden, der beim Plattendruckversuch mit der Lastplatte von 300 mm festgestellt wird. Für eine Bemessung kann somit der für die maßgebende Einzellast geforderte Verformungsmodul $E_{V2,T}$ aus oben genannter Tabelle verwendet werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Bettungszahl K unter größeren Plattendicken bei sonst gleichen Verhältnissen kleiner ist.

Für den Einbau der Tragschicht unter der Betonbodenplatte stehen verschiedene Tragschichtmaterialien und Einbauverfahren zur Verfügung. Meist werden Kiestragschichten KTS und Schottertragschichten STS verwendet. Diese bestehen aus hohlraumarmen, korngestuften Kies-Sand-Gemischen bzw. Schotter-Splitt-Brechsand-Gemischen der Körnungen 0/32 mm, 0/45 mm oder 0/56 mm.

Die bei vollständiger Verdichtung erreichbare Tragfähigkeit ist abhängig von der Kornzusammensetzung und Kornabstufung des Gemisches. Wie in der oben genannten Veröffentlichung beschrieben, können die Tragschichten mit dem festgestellten Verformungsmodul bezeichnet werden, z. B. als KTS 100 wenn auf der Kiestragschicht ein Verformungsmodul $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird.

Andere Tragschichten können in Form von hydraulisch gebundenen Kies- und Schottertragschichten HGT, als Verfestigungen mit hydraulischen Bindemitteln, als Tragschichten aus Beton oder als Wärmedämmschichten zur Ausführung kommen.

Üblicherweise werden Tragschichtdicken von 20 bis 30 cm hergestellt. Es soll eine Mindestdicke von 15 cm nicht unterschritten werden. Die tatsächliche Einbaudicke darf an der ungünstigsten Stelle nicht weniger als 12 cm betragen.

Die Art des Tragschichtmaterials und die erforderliche Mindestdicke kann ausgehend von der maximalen Einzellast gemäß Bild 4.4 in [A8] gewählt werden. Mögliche Beispiele von Tragschichten sind in der folgenden Tabelle dargestellt.



Tabelle 12: Auswahl einer Tragschicht in Art und Dicke, abhängig von der maximalen Einzellast

Maximal Einzellast q_d	Art der Tragschicht	Dicke der Tragschicht
10 kN	KTS 100	15 cm
20 kN	KTS 100	18 cm
30 kN	KTS 100	24 cm
50 kN	KTS 120	24 cm
80 kN	STS 150	25 cm
100 kN	STS 150	30 cm

Auf der voraussichtlichen Höhe des Erdplanums unterhalb der Tragschicht sind überwiegend die Böden der Homogenbereiche 1.2 und 2 zu erwarten, welche eine geringe Tragfähigkeit besitzen und sich meist nicht ausreichend verdichten lassen werden.

In den Homogenbereichen 1.2 (Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig) und 2 (Decklehme) sind voraussichtlich keine Werte $E_{v2} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ erreichbar, weshalb hier Bodenverbesserungs- oder Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich werden. Im Homogenbereich 3 können unter günstigen Witterungsbedingungen und optimaler Verdichtung E_{v2} -Werte im Bereich 60...80 MN/m^2 erreicht werden.

Die erforderlichen Dicken von Bodenaustauschmaßnahmen oder Bodenverbesserungsmaßnahmen können kurzfristig vor Ort durch Plattendruckversuche ermittelt werden. Bei Verbesserungsmaßnahmen ist eine Eignungsprüfung erforderlich.

8 FOLGERUNGEN FÜR AUSHUBARBEITEN

8.1 Allgemeines

Beim Aushub von Fundamenten ist mit Böden der Homogenbereiche 1.1, 1.2, 2 und 3 zu rechnen. Es sind bereichsweise kontaminierte Böden zu erwarten, welche auch die Zuordnungswerte Z2 gemäß LAGA M20 überschreiten und gesondert zu entsorgen sind.



Beim Aushub anfallende Böden des Homogenbereiches 1.1 können wiederverwendet werden, z. B. für Bodenaustauscharbeiten oder bei Hinterfüllarbeiten, sofern keine unzulässigen Schadstoffgehalte vorliegen. Dies gilt auch für Böden des Homogenbereiches 3. Bei Böden des Homogenbereiches 2 ist eine Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe erforderlich, wenn ein Wiedereinbau in Betracht gezogen werden sollte.

8.2 Baugrubenböschungen

Baugruben und Gräben dürfen erst betrieben werden, wenn die Standsicherheit der Wände gemäß den Anforderungen der DIN 4124 „Baugruben und Gräben“ eingehalten wird. Fundamentgräben können bis in eine Tiefe von 1,25 m senkrecht geböscht werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche nicht stärker als 1 : 10 geneigt ist.

Bei größeren Aushubtiefen sind geböschte Baugrubenwände mit einem Neigungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ gegen die Horizontale in den Böden der Homogenbereiche 1.1, 1.2, 2 und 3 und $\beta \leq 60^\circ$ in den Böden des Homogenbereiches 4 herzustellen.

Dies gilt für Böschungen oberhalb des Grundwasserspiegels bzw. nach dem Absenken des Grundwasserspiegels bis mindestens 0,5 m unter Baugrubensohle.

Dabei wird vorausgesetzt, dass Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht sowie Fahrzeuge, welche die nach § 34, Abs. 4 der Straßenverkehrszulassungsordnung zulässigen Achslasten nicht überschreiten einen Abstand von mindestens 1,0 m zur Böschungskante einhalten. Bei Baugeräten mit mehr als 12 t bis 40 t Gesamtgewicht sowie Fahrzeugen, welche die oben genannten zulässigen Achslasten überschreiten, ist ein Abstand von mindestens 2 m zur Böschungskante sicherzustellen.

Ist damit zu rechnen, dass während der Bauzeit die Standsicherheit durch Wasser, Trockenheit oder Frost gefährdet wird, so sind zusätzliche Sicherungsmaßnahmen wie Auflegen von Folien oder Dämmmatten vorzusehen.

Ein rechnerischer Nachweis geböschter Baugrubenwände ist bei Böschungshöhen von mehr als 5 m zu führen. Dies gilt auch, wenn das Gelände neben der Böschungskante stärker als 1 : 10 ansteigt, größere Stapellasten vorliegen oder schwere Baufahrzeuge den erforderlichen Mindestabstand gem. DIN 4124 nicht einhalten. Ein rechnerischer Nachweis ist darüber hinaus erforderlich, wenn der oben angegebene Böschungswinkel überschritten werden soll.



Darüber hinaus sind die Sicherheitsbestimmungen der DIN 4124 bezüglich Ausbildung der Arbeitsraumbreiten zu beachten.

8.3 Wasserhaltung

Eine Wasserhaltung hat im vorliegenden Fall eine gezielte Ableitung von Oberflächenwasser und ggf. zutretendem Schichtwasser zu gewährleisten. Bei den erkundeten Böden kann dies in einer offenen Wasserhaltung erfolgen. Dabei wird das in der Baugrube anfallende Wasser in Gräben gesammelt und Pumpensümpfen zugeführt. Von dort wird das Wasser ständig oder zeitweise abgepumpt.

Die Gräben können als offene Gräben ausgebildet werden, wenn die anstehenden Böden ausreichend standfest sind, bei nicht standfesten Böden sind Drängräben herzustellen.

Pumpensümpfe sind Vertiefungen, die während der Aushubphase mit einem Bagger an der tiefsten Stelle der Baugrube ausgehoben werden. In diese Vertiefungen werden z. B. Brunnenringe, gelochte Betonrohre oder ähnliches eingestellt. Um diesen Pumpensumpf herum wird Filtermaterial eingebaut.

Das im Pumpensumpf gesammelte Wasser wird mit Tauch- oder Vakuumpumpen abgepumpt. Die Sohle des Pumpensumpfes muss so tief liegen, dass die Aushubsohle an jeder Stelle wasserfrei ist.

8.4 Hinterfüllen/Verdichten

Nach ZTVE-StB 17 sind für Hinterfüllbereiche und Überschüttbereiche grobkörnige bis gemischtkörnige Bodenarten mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 Gew.-% oder Rezyklierte Baustoffe, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten, geeignet. Die Eignung der Rezyklierten Baustoffe ist im Einzelfall zu prüfen.

Auch die Verwendung von leicht- bis mittelplastischen feinkörnigen Böden und von gemischtkörnigen Böden mit einem Feinkorngehalt ≥ 15 Gew.-% ist möglich, wenn diese Böden einer qualifizierten Bodenverbesserung unterzogen werden.

Wird eine Dränanlage ausgeführt, so sind nur grobkörnige Böden (Feinkorngehalt < 5 %) zu verwenden.

Wird gebrochenes Material verwendet, so ist die Bauwerksabdichtung zu schützen.



Hinsichtlich der Verdichtung sind die Anforderungen der ZTVE-StB 17 zu beachten. Demnach sind die zur Hinterfüllung geeigneten Böden in Hinterfüllbereichen und unmittelbar an die Bauwerke angrenzenden Überschüttbereichen unterhalb des Erdplanums so zu verdichten, dass ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} = 100\%$ erreicht wird.

Die genannten Anforderungen an Materialien und Verdichtung sind für alle Hinterfüllbereiche zu beachten, welche überbaut werden oder auf denen die Anlage von Verkehrsflächen vorgesehen ist.

Werden auf Hinterfüllbereichen Grünflächen angelegt, so kann von diesen Anforderungen abgewichen werden. Es sollte jedoch in diesen Hinterfüllbereichen ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 95\%$ sichergestellt werden.

Die beim Bodenaushub gewonnenen Böden des Homogenbereiches 1.2 sind damit für einen Wiedereinbau grundsätzlich ungeeignet.

Die beim Bodenaushub gewonnenen Böden der Homogenbereiche 2 und 4 sind damit nur für einen Wiedereinbau unter Grünflächen oder in Verbindung mit einer qualifizierten Bodenverbesserung geeignet, sofern keine Dränanlage ausgeführt wird.

Die bei dem Bodenaushub gewonnen Böden der Homogenbereiche 1.1 und 3 sind für alle Hinterfüllbereiche geeignet, sofern keine Dränanlage ausgeführt wird.

9 BAUWERK UND GRUNDWASSER

9.1 Abdichtung/Trockenhaltung

Bei Bodenplatten ohne Unterkellerung ist die Einwirkung auf Bodenfeuchte beschränkt und es kann die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E nach DIN 18 533-1 zugeordnet werden. Dabei muss gewährleistet werden, dass das angrenzende Gelände ein Gefälle vom Gebäude weg aufweist und anfallendes Oberflächenwasser in geeigneter Weise abgeleitet wird. Voraussetzung hierfür ist im Weiteren, dass unter der Bodenplatte eine kapillarbrechende Schicht, z. B. Kies 8/16 mm in einer Dicke von mindestens 15 cm vorgesehen wird und dessen Unterkante über dem umgebenden Gelände zu liegen kommt. Alternativ erfüllt auch Frostschutzkies mit einer Schichtdicke von mindestens 40 cm die gleiche Funktion.



Unterhalb der kapillarbrechenden Schicht empfiehlt sich der Einbau eines geotextilen Vlieses. Zwischen kapillarbrechender Schicht und Sauberkeitsschicht der Bodenplatte ist eine Kunststoffolie als Trennlage vorzusehen.

Mögliche Abdichtungsbauarten für die vorliegende Wassereinwirkungsklasse sind in Tabelle 4 der DIN 18 533-1 aufgelistet.

Werden Unterkellerungen ausgeführt, so befinden sich die erdberührten Bauteile im Einflussbereich von Stau- und Sickerwasser in wenig durchlässigen Böden. Nach DIN 18 533-1 ist für erdberührte Wände und Bodenplatten die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E zuzuordnen, wenn eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 ausgeführt wird. Dies erfordert filterfeste Dränschichten vor den zu schützenden Bauteilen, funktionsfähige, fluchtgerecht verlegte formstabile Dränleitungen, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut.

Mögliche Abdichtungsbauarten für die bei Ausführung einer Dränanlage zuzuordnende Wassereinwirkungsklasse sind in Tabelle 4 der DIN 18 533-1 aufgelistet.

Wird keine Dränanlage ausgeführt, so ist davon auszugehen, dass Stauwasser bis zur Geländeoberkante ansteigt. Es muss dann die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (die unterste Abdichtungsebene liegt bis zu 3 m unter Geländeoberkante) bzw. W2.2-E (die unterste Abdichtungsebene liegt mehr als 3 m unter Geländeoberkante) zugeordnet werden.

Mögliche Abdichtungsbauarten für die bei Verzicht auf eine Dränanlage zuzuordnende Wassereinwirkungsklasse sind in Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 der DIN 18 533 aufgelistet. Alternativ sind die erdberührten Bauteile als sogenannte Weiße Wanne nach der Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton DAfStb für die Beanspruchungsklasse 1 herzustellen.

Bei qualitativ gleichwertiger Ausführung sind die Kostenunterschiede meist in einer vernachlässigbaren Größenordnung. Ausschlaggebender sind folgende Gesichtspunkte.

Für eine Dränanlage spricht:

- Das Wasser wird vom Gebäude ferngehalten.
- Die notwendigen Abdichtungsarbeiten können von der Baufirma ausgeführt werden.
- Bei komplizierten Grundrissen ist eine Dränung einfacher auszuführen als eine Abdichtung nach DIN 18 195, Teil 6, bzw. eine wasserundurchlässige Betonwanne.



Gegen eine Dränanlage spricht:

- Geeignete rückstaufreie Vorfluter sind oft nicht vorhanden.
- Rückstausicherungen und Hebeanlagen sind problematisch und erfordern einen hohen Wartungs- und Betriebsaufwand.
- Schadensanfälligkeit (Verschlammten, Verockerung, Verkalkung).
- Wartungsaufwand der Dränanlage.

9.2 Versickerung

Die Versickerung von Niederschlagsabflüssen erfüllt grundsätzlich einen wasserrechtlichen Tatbestand und ist bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde entsprechend zu beantragen. Unter gewissen Umständen ist die Versickerung von Niederschlagswasser in kleinem Umfang erlaubnisfrei.

Im Bedarfsfall kann die wasserrechtliche Beantragung einer Niederschlagsversickerung durch die IFB Eigenschek ausgeführt werden.

Grundlage zur Versickerung von unbedenklichen und tolerierbaren Niederschlagsabflüssen ist das Arbeitsblatt DWA-A 138: „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, April 2005, der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Demnach sind Böden dann zur Versickerung geeignet, wenn deren Durchlässigkeitsbeiwert k_f für Fließvorgänge in der wassergesättigten Zone im Bereich $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ liegt.

Die oberflächennahen Schichten bis einschließlich Geschiebemergel sind aufgrund ihrer Durchlässigkeit und ihrer Schadstoffe *für eine Niederschlagswasserversickerung ungeeignet*. Technisch geeignet sind die Sande und Kiese der saalezeitlichen Hauptterrasse. Aus fachgutachterlicher Sicht ist es wenigstens fraglich, ob hier eine Niederschlagswasserversickerung zielführend ist. *Zweckmäßiger erscheint eine Zwischenspeicherung mit Drosselabfluss.*

9.3 Geothermische Nutzung

Gemäß Bebauungsplan ist das Grundwasser verunreinigt mit ungleichmäßiger Verteilung und durch Auslaugungen stark versauert.



Anhand der durchgeführten Analysen zur Betonaggressivität ist zudem von einer sehr hohen Lösungsfracht insbesondere durch Sulfat auszugehen.

Es daher davon auszugehen, dass mit dem Grundwasser am Standort kein störungsfreier Betrieb einer geothermischen Grundwassernutzung möglich ist. Außerdem muss mit Auflagen aufgrund der Altlastensituation gerechnet werden, was unter Umständen eine Abreinigung des Grundwassers vor Wiedereinleitung zur Folge hat.

Es wird daher von einer thermischen Grundwassernutzung am Standort abgeraten.

10 HERSTELLUNG BEFESTIGTER FLÄCHEN

10.1 Rahmenbedingungen

Im Bereich der geplanten Außenanlagen mit Fahr- und Parkflächen sind nach den Erkundungsergebnissen auf Höhe des Erdplanums überwiegend Böden des Homogenbereiches 1.2 (Auffüllungen, fein- bis gemischtkörnig) und 2 (Decklehme) anzutreffen. Bereichsweise können auch grobkörnige Auffüllungen des Homogenbereiches 1.1 vorliegen, welche jedoch meist nur eine geringe Schichtdicke aufweisen. Abhängig von der Dicke und Höhenlage des geplanten Oberbaues können jedoch bereichsweise auch bereits die Decke des Homogenbereiches 3 auf Höhe des Erdplanums angetroffen werden können.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass überwiegend mit Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zu rechnen ist, bereichsweise können auch Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 vorliegen. Es wird vorgeschlagen, die Frostempfindlichkeitsklasse F3 für die weitere Bemessung zugrunde zu legen, wenn keine genaue Abgrenzung in der Fläche erfolgt.

10.2 Herstellung des Oberbaues

Es liegen keine Angaben über die Zuordnung von Belastungsklassen vor. Es wird empfohlen für die von Pkw genutzten Fahr- und Parkflächen die Belastungsklasse Bk1,0 zugrunde zu legen. Für den Bereich der Anlieferungszone sollte mindestens die Belastungsklasse Bk3,2 angesetzt werden.



Für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues sind die Tabellen 6 und 7 der RStO 12 heranzuziehen. Das Untersuchungsgelände liegt gemäß Bild 6 der RStO 12 in der Frosteinwirkungszone II. Damit ergibt sich unter Zugrundelegung der Belastungsklassen Bk1,0 und Bk3,2 folgende Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues:

Belastungsklasse 1,0 und 3,2:	60 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede:	0 cm
Frosteinwirkungszone II:	5 cm
Wasserverhältnisse:	0 cm
Lage der Gradiente:	<u>0 cm</u>
Gesamtaufbau:	65 cm

Je nach Ausführung der Randbereiche kann der Aufbau gemäß Tabelle 7 der RStO 12 um 5 cm geringer ausfallen. Die Minderdicke wird auf die Dicke der Frostschutzschicht angerechnet.

Die Dicke der Asphaltsschichten und gegebenenfalls zusätzlich vorzusehender Tragsschichten ist nach Tafel 1 der RStO 12 festzulegen.

Es sind folgende Tragfähigkeitswerte bei der Bauausführung nachzuweisen:

Geforderte Tragfähigkeit auf dem Planum (Oberkante Frostschutzschicht):
 $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$

Geforderte Tragfähigkeit auf dem Erdplanum (Oberkante Untergrund): $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

10.3 Ertüchtigung des Untergrundes

Nach Abtrag der oberflächennahen Böden stehen im Erdplanumsbereich überwiegend Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 an. Nach ZTVE-StB 17 und RStO 12 ist auf der Oberkante des Erdplanums ein Verformungsmodul beim Plattendruckversuch von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Dieser Wert wird auf den anstehenden Böden mutmaßlich nicht erreicht werden können. Es sollte daher ein Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung in Form der Zugabe von Feinkalk bzw. eines Kalk-Zement-Gemisches vorgesehen werden.

Die Verbesserungsmethode bzw. die erforderliche Kalk- bzw. Kalk-Zement-Zugabemenge kann durch die IFB Eigenschenk kurzfristig über eine Eignungsprüfung ermittelt werden.



Die erforderliche Zugabemenge ist von den Wasserverhältnissen im Boden abhängig, welche jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Zur Vorbemessung kann eine mittlere Zugabemenge von 3 % angenommen werden.

Bei Ausführung eines Bodenaustausches wird empfohlen, ein gut verdichtbares Kies-Sand-Gemisch mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von maximal 15 % im eingebauten Zustand einzubauen. Geeignet sind auch Recycling-Baustoffe und industrielle Nebenprodukte, welche die oben genannten Kornverteilungskriterien einhalten.

Die Dicke der zu verbessernden oder auszutauschenden Bodenschicht ist von der vorhandenen Tragfähigkeit der anstehenden Böden abhängig. Diese wird wiederum maßgeblich von den Wasserverhältnissen im Boden beeinflusst, welche jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Es wird empfohlen, die erforderliche Dicke bei Baubeginn durch Anlage eines Probefeldes und Durchführung von Plattendruckversuchen zu ermitteln.

Zur Vorbemessung kann von einer Dicke der zu verbessernden bzw. auszutauschenden Schicht von mindestens 40...50 cm ausgegangen werden. Bei Ausführung eines Bodenaustausches kann die erforderliche Austauschdicke durch Verlegung eines knotensteifen Geogitters vor Einbau der ersten Schüttlage erfahrungsgemäß um etwa 30 % bis 40 % reduziert werden.

Bei Antreffen sehr weicher und/oder breiiger Böden auf Höhe des Erdplanums wird eine Lage Schrotten als erste Schüttlage empfohlen. Diese ist statisch einzuwalzen. Die weiteren Schüttlagen sind ebenfalls statisch zu verdichten, z. B. mit einer Gummiradwalze.

Bei Verwendung von Verdichtungsgeräten mit Vibration sind solche mit einer auf die eigentliche Schüttlage begrenzten Tiefenwirkung zu verwenden, z. B. Rüttelplatten oder Oszillationswalzen. Eine dynamische Beanspruchung des Untergrundes ist zwingend zu vermeiden.

10.4 Zusatzmaßnahmen im Bereich der Senkungsfläche

Die geplanten Parkplätze und die Zufahrt im westlichen Grundstücksbereich befinden sich in dem durch den untertägigen Braunkohleabbau verursachten Senkungsbereich. In diesem Bereich sind weitere Senkungen nicht ausgeschlossen. Mit der Anlage von Pkw-Parkplätzen sind keine hohen und langfristig wirkenden Lasten zu erwarten, es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass mögliche Senkungen ungleichmäßig auftreten und dann zu Rissen in der Fahrbahnoberfläche führen.



Um den Verlauf der Setzungsmulde bei ungleichmäßigen Setzungen ausgleichen zu können, wird empfohlen, Bewehrungslagen mit Geogitter vorzusehen.

Da aufgrund der sehr gering tragfähigen Auffüllungen (Homogenbereich 1.2) in diesem Bereich ohnehin ein Bodenaustausch vorzusehen ist, sollte die erste Geogitterlage unmittelbar in der hierfür notwendig werdenden Aushubsohle vorgesehen werden. Nach Einbau des Bodenaustausches sollte eine weitere Bewehrungslage bei Unterkante der Frostschuttschicht eingebaut werden. Es sind knotensteife Geogitter mit Nennzugfestigkeiten von mindestens 40/40 kN/m zu verwenden.

11 ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN

11.1 Beweissicherung

Aufgrund der Bautätigkeiten, die unvermeidlich Erschütterungen durch Baustellenverkehr, Rammarbeiten oder Verdichtungsarbeiten mit sich bringen, sind Einflüsse auf die Nachbarbebauung nicht auszuschließen. Daher wird eine Beweissicherung des Ist-Zustandes von benachbarten Bauwerken und Straßen empfohlen.

Das Schadensrisiko für Gebäude durch Erschütterungseinwirkungen sollte durch Erschütterungsmessungen und eine Bewertung nach DIN 4150 minimiert werden.

Somit kann eine Überwachung und Optimierung der Erschütterungsintensität vor Ort erfolgen sowie der Nachweis erbracht werden, dass die gemäß DIN 4150, Teil 3 geforderten Anhaltswerte nicht überschritten werden.

Da es sich vorliegend um erdbautechnische Maßnahmen handelt, sollten das Beweissicherungsverfahren sowie die Erschütterungsmessung von einem Baugrundsachverständigen durchgeführt werden. Die IFB Eigenschenk steht dazu zur Verfügung.

11.2 Altlasten

Mit den durchgeführten Erkundungen und Analysen im Rahmen der orientierenden Altlastenuntersuchung wurden verbreitet schadstoffhaltige Auffüllungen festgestellt, die bereichsweise das Potential in sich tragen, Grundwasserverunreinigungen auszulösen.



Sofern die identifizierten Bereiche im Zuge der Baumaßnahme nicht durch Aushub entfernt werden bzw. durch eine Versiegelung der Oberfläche (z. B. durch Asphalt) ein Eintritt von Oberflächenwasser weitestgehend verhindert wird, ist es grundsätzlich erforderlich, durch ergänzende Untersuchungen Art und Umfang der festgestellten Bodenverunreinigungen näher einzugrenzen und das Gefährdungspotential hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Grundwasser näher zu erfassen.

Die grundsätzliche Vorgehensweise ist mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Grundsätzlich kann Aushubmaterial, vorbehaltlich einer bautechnischen Eignung, bis zu Stoffgehalten einschließlich Z 2 wiederverwendet werden. Die Anforderungen des Leitfadens zu Wiederverwendung und Verwertung von mineralischen Abfällen in Sachsen-Anhalt sind zu beachten.

Es wird empfohlen, Aushubarbeiten fachgutachterlich begleiten zu lassen, da dadurch weitere Aufwendungen für Deklarationsuntersuchungen und Entsorgung gegebenenfalls signifikant verringert werden können.

Aufgrund des festgestellten Stoffinventars und des gleichzeitig organoleptisch relativ unauffälligen Charakters der Auffüllungen ist die Schadlosigkeit von zu entsorgendem Bodenmaterial durch entsprechende Deklarationsuntersuchungen zu belegen. Aushubmaterial ist dafür nach Bodenart und Auffälligkeiten zu separieren, zu Haufwerken gleichartiger Zusammensetzung aufzuhalten und gemäß LAGA PN 98 einer Deklarationsuntersuchung zu unterziehen.

Auf Wunsch steht die IFB Eigenschenk GmbH für die Durchführung der fachgutachterlichen Begleitung gerne zur Verfügung.

11.3 Kampfmitteluntersuchung

Für das vorliegende Untersuchungsgrundstück liegt ein Anfangsverdacht auf eine Belastung mit Kampfmitteln vor, weshalb die Aufschlussstellen der durchgeführten Felderkundungen auf Kampfmittel freigemessen werden mussten.

Für die geplante Bebauung bedeutet dies, dass durch geeignete Untersuchungen der Kampfmittelverdacht entweder auszuräumen oder zu erhärten ist. Dies kann durch eine Luftbildauswertung und/oder elektromagnetische Sondierungsverfahren erfolgen.



Werden dabei konkrete Verdachtsmomente angetroffen, so sind diese in Begleitung einer Fachkraft zu beräumen.

11.4 Eignungsprüfungen

Sollen gering tragfähige Böden wiederverwendet werden, kann eine Eignungsprüfung durchgeführt werden.

11.5 Baubegleitende Überwachung

Nach DIN EN 1997-1 und -2 ist während der Bauausführung zu überprüfen, ob die Baugrundverhältnisse den Annahmen entsprechen.

Es wird auf die Erfordernis von Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen gemäß ZTVE-StB 17 im Zuge von Verdichtungs- und Hinterfüllungsarbeiten hingewiesen.

11.6 Planung der Gründungsmaßnahme

Für eine der vorgeschlagenen Gründungsmaßnahmen ist nach Abstimmung mit dem Auftraggeber eine Ausführungsplanung zu erstellen.

Im Rahmen dieser Planungsleistungen ist die in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht sinnvollste Variante zu ermitteln, hierbei sind Kostenvergleiche durchzuführen.

Aufgrund der spezifischen Anforderungen bei dieser Planung, sollte diese durch den geotechnischen Sachverständigen erfolgen. Die IFB Eigenschenk steht hierfür zur Verfügung.

11.7 Anwendung der Beobachtungsmethode

Die Beobachtungsmethode nach DIN 1054 ist eine Kombination der üblichen geotechnischen Untersuchungen und Berechnungen (Prognosen) mit der laufenden messtechnischen Kontrolle des Bauwerkes und des Baugrundes während dessen Herstellung und ggf. auch während dessen Nutzung.

Für das geplante Bauvorhaben wird wegen eines geringen Restrisikos (westlicher Gebäudeteil) bergbaulicher Beeinflussungen des Untergrundes die Beobachtungsmethode zur Überwachung des Setzungsverhaltens erforderlich.



Hierzu wird vorgeschlagen, dass an noch zu definierenden Einzelfundamenten bzw. der dazugehörigen Einzelstützen Messpunkte definiert werden. Anschließend ist bereits in der Rohbauphase die Nullmessung vorzunehmen. Folgemessungen sind während des Weiteren Bauablaufes sowie für einen festzulegenden Zeitraum nach Beendigung der Baumaßnahme durchzuführen. Die dabei ermittelten Verformungen sind mit den prognostizierten Setzungen abzugleichen.

Werden Setzungen erreicht, welche für das Bauwerk nach Maßgabe des Tragwerksplaners nicht verträglich sind, können Ertüchtigungsmaßnahmen wie z. B. Hebungsinjektionen in Betracht gezogen werden.

12 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Im Zuge der Baugrunduntersuchung wurden Erkundungen niedergebracht und der aufgeschlossene Boden beurteilt. Die für die Ausschreibung, Planung und Baudurchführung erforderlichen Hinweise und bodenmechanischen Kennwerte wurden erarbeitet und sind im Text- und Anlagenteil dokumentiert. Die jeweils notwendigen Maßnahmen und Gründungsbedingungen wurden für die Verhältnisse an den Ansatzpunkten aufgezeigt.

Die IFB Eigenschenk ist zu verständigen, falls sich Abweichungen vom vorliegenden Gutachten oder planungsbedingte Änderungen ergeben. Zwischenzeitlich aufgetretene oder eventuell von der Planung abweichend erörterte Fragen werden in einer ergänzenden Stellungnahme kurzfristig nachgereicht.