

BAUGRUNDGUTACHTEN

Bauvorhaben: **Modernisierung und Erweiterung,
Oberschule Paunsdorf,
Zum Wäldchen 4, Leipzig**

Bauherr: **Stadt Leipzig
Amt für Gebäudemanagement
Abt. Projektmanagement
04092 Leipzig**

Auftraggeber: **dto.**

Erstellt: **Fundamental – Büro für Geotechnik
Sachbearbeiter: Dipl. Geol. Gerald Weid**

Proj.Nr.: 22 160

Naundorf, 02.03.2023

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Auftrag und Bauvorhaben	4
2 Verwendete Unterlagen	4
3 Feststellungen.....	4
3.1 Baugelände und Gebäude.....	4
3.2 Untersuchungsumfang	4
3.3 Geologische Situation.....	5
3.3.1 Regionaler Zusammenhang	5
3.3.2 Schichtenbeschreibung.....	5
3.4 Hydrogeologische Verhältnisse	6
3.4.1 Grundwasserstände.....	6
3.4.2 Durchlässigkeitsbeiwerte und Möglichkeit der Versickerung	7
3.5 Fundamentierung Gebäudeteile A und B.....	7
4 Bodenmechanische Beurteilung der anstehenden Lockergesteine	8
4.1 Bodenklassifikation	8
4.2 Bodenkennwerte	8
5 Beurteilung der Baugrundverhältnisse und gründungstechnische Empfehlungen	9
5.1 Planungsvorgaben, generelle Einschätzung	9
5.2 Gründungsempfehlung Ersatzneubau Mittelbau GT C.....	9
5.2.1 Gebäudeabdichtung	9
5.2.2 Gründung.....	9
5.2.3 Sicherung Bestandsfundamente.....	10
5.2.4 Bauliche Trennung zum Bestand	10
5.2.5 Bemessungswert Sohlwiderstand, Aufnehmbarer Sohldruck, Setzungen, Bettungsmodul	10
5.3 Einschätzung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im Hinblick auf die Sanierung und Trockenlegung Gebäudeteile A und B.....	11
5.3.1 Gebäudeabdichtung	11
5.3.2 Bemessungswert Sohlwiderstand Streifenfundamente Bestandsgebäude A	11
5.4 Gründung Verkehrsflächen	12
6 Hinweise zur Bauausführung	13
6.1 Wiederverwendung von Baustoffen.....	13
6.2 Kellerhinterfüllung	13
6.3 Baugrubenböschungen.....	13
6.4 Erdbebenzone	14
6.5 Entsorgungshinweise.....	14
7 Radon-Untersuchungen.....	14
7.1 Ortsbesichtigung und Messverfahren.....	14
7.2 Ergebnisse und Ableitung von Radonschutzmaßnahmen	15
8 Abschließende Bemerkungen und Vorschläge für das weitere Vorgehen	18

Tabellenverzeichnis	Seite
<i>Tabelle 1: Schichtenaufbau</i>	6
<i>Tabelle 2: Grundwasserstände</i>	6
<i>Tabelle 3: Durchlässigkeiten</i>	7
<i>Tabelle 4: Bodenklassifikation</i>	8
<i>Tabelle 5: charakteristische Bodenkennwerte</i>	8
<i>Tabelle 6: Wassereinwirkungsklassen und erforderliche Abdichtung Kellergeschoss</i>	9
<i>Tabelle 7: Wassereinwirkungsklassen und erforderliche Abdichtung Kellergeschoss</i>	11
<i>Tabelle 8: Aufnehmbarer Sohldruck, Bemessungswert Sohlwiderstand, Setzungen Streifenfundamente</i>	
<i>Gebäudeteil A (Nord)</i>	11
<i>Tabelle 9: Verformungsmoduli Plenum</i>	12
<i>Tabelle 10: frostsichere Oberbaustärke</i>	13
<i>Tabelle 11: Verwertungs- bzw. Einbauklassen</i>	14
<i>Tabelle 1: Zusammenfassung der Messergebnisse der Bodenluft-Untersuchung.</i>	16

Anlagenverzeichnis	Anlagennummer
Profile der Rammkern-, Rammsondierungen mit Lageplan	1.1 – 1.4
Protokolle Bestimmung Zustandsgrenzen	2.1 + 2.2
Körnungslinien	3
Ergebnisse Grundbruch-/Setzungsberechnungen	4
Kennwerte Homogenbereiche	5
Protokoll dyn. Plattendruckversuche	6
Analysenprotokoll Schadstoffuntersuchungen	7

1 Auftrag und Bauvorhaben

Die Stadt Leipzig plant die Modernisierung und Erweiterung der Oberschule Paunsdorf in der Straße Zum Wäldchen in Leipzig.

Zur Klärung des Aufbaus und der Beschaffenheit des Baugrundes auf dem Grundstück wurde unser Büro von der Stadt Leipzig beauftragt, eine Baugrunderkundung durchzuführen.

Im vorliegenden Gutachten werden die Ergebnisse der Baugrunderkundung dargestellt, baugrundtechnische Schlussfolgerungen gezogen und Hinweise zur Bauausführung gegeben.

2 Verwendete Unterlagen

- [1] Geologische Karte von Sachsen, Blatt 4640 Leipzig
- [2] Hydrogeologische Grundkarte Blatt 1106-3/4 Halle (Saale) O / Leipzig N, M 1 : 50 000
- [3] OS_zW_Vorschlag für Sondierungen.pdf, per Email am 23.11.22 von Stadt Leipzig
- [4] www.sachsen.de
- [5] Grundriss Untergeschoss Hauptgebäude – Vorentwurf vom 19.12.22
Erstellt: KKS Architektur + Gestaltung, Dresden

3 Feststellungen

3.1 Baugelände und Gebäude

Das untersuchte Grundstück liegt im Osten von Leipzig im Ortsteil Paunsdorf.

Das Gebäude ist komplett unterkellert. Das Kellergeschoss schneidet als Souterrain jedoch nur ca. 1,0 m bis 1,5 m ins umliegende, flache Gelände ein.

Die Schule besteht aus zwei Gebäudeteilen, welche durch einen gemeinsamen Mittelbau verbunden sind. Im Zuge der Baumaßnahme soll der Mittelbau abgerissen und mit vergrößertem Grundriss neu errichtet werden.

3.2 Untersuchungsumfang

- Feldarbeiten

Zur näheren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Außenbereich 10 Bohrungen und im Keller des Mittelbaus eine Bohrung im Rammkernverfahren niedergebracht. Ergänzend wurden zwei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde abgeteuft.

Am nördlichen und südlichen Gebäudeteil wurde jeweils ein Schurf zur Erkundung von Fundamenttiefe und -aufbau geöffnet.

In der Verkehrsfläche wurde in 2 Schürfen auf Planumshöhe jeweils ein dynamischer Plattendruckversuch durchgeführt.

Die Aufschlüsse wurden in ihrer Höhe bezogen auf den Höhenbezug DHHN 2016 (mNHN) eingemessen.

Die Profile der Bohrungen, Sondierungen und Schürfe sind mit einem Lageplan in Anlage 1 dargestellt. Das Protokoll der Plattendruckversuche findet sich in Anlage 6.

- Laboruntersuchungen

An je zwei Proben wurden die Zustandsgrenzen bzw. die Korngrößenverteilungen bestimmt. An je einer Mischprobe der Tragschicht bzw. des Untergrundes wurden Schadstoffuntersuchungen nach dem Mindestumfang der LAGA-Richtlinie durchgeführt. Der Ausbaupasphalt wurde auf teerhaltige Stoffe untersucht.

Die Protokolle der bodenmechanischen und chemischen Untersuchungen finden sich ebenfalls in den Anlagen.

3.3 Geologische Situation

3.3.1 Regionaler Zusammenhang

Geologisch liegt Leipzig in der Leipziger Tieflandsbucht. Tertiäre Gesteine der Braunkohlenformation werden mehrere Meter bis 10er Meter mächtig von quartären Bildungen überdeckt.

3.3.2 Schichtenbeschreibung

- S 1.1 – Flächenbefestigung Schulhof / Kellerfußboden Mittelbau

Der Schulhof ist mit einer 5 cm bis 10 cm starken Asphaltdecke befestigt. Darunter findet sich eine Tragschicht aus sandigem Kies bis 0,4 m bzw. 0,5 m u. GOK.

Im Mittelbau ist die Keller-Bodenplatte aus Estrich und Beton (d = 20 cm) ausgebildet, die auf einer ca. 50 cm starken Kies-Sand-Schicht aufliegt.

- S 1.2 – Auffüllungen

Dem unbefestigten Gelände liegt humoser Oberboden in Stärken zwischen 0,2 m und 0,5 m auf.

Unter der Flächenbefestigung bzw. dem Oberboden folgen künstliche Auffüllungen bis in Teufen zwischen 0,8 m und 2,5 m. Zusammengesetzt sind diese vorwiegend aus fein- und gemischtkörnigen, bindigen Böden, teils auch aus weitgestuften Sanden.

- S 2 – Geschiebelehm, Glaziale Sande

Unter den Auffüllungen folgen fein- und gemischtkörnige, bindigen Böden.

Diese Geschiebelehme reichen in den meisten Bohrungen bis zu deren Endteufen zwischen 3,0 m und 5,0 m. In diese Geschiebelehme sind dünne Lagen bzw. Linsen von eng- und weitgestuften und untergeordnet schluffigen Sanden eingelagert.

Nur in RKS 5 (Ostseite Mittelbau) weisen die Sande eine größere Mächtigkeit auf.

Hier reichen die Geschiebelehme nur bis 1,7 m u. GOK (126,5 mNHN). Darunter folgen bis zur Endteufe (7,0 m u. GOK bzw. 121,2 mNHN) enggestufte Sande.

Auch in RKS 8 folgen unter den Geschiebelehmen ab 6,2 m u. GOK (121,9 mNHN) eng- und weitgestufte Sande in etwas größerer Mächtigkeit.

Die Geschiebelehme wurden als Grundmoränensedimente abgelagert. Die Sande wurden als Schmelzwassersedimente gebildet.

Tabelle 1: Schichtenaufbau

Schicht	Bezeichnung	Mächtigkeit [m]	Schichtunterkante [m u. GOK / mNHN]	Bemerkung
S 1.1	Flächenbefestigung Schulhof / Kellerfußboden Mittelbau	0,4...0,8	0,4...0,8/ 127,7...126,3	Asphalt, nur RKS 1, 2, 3 Auf Gehwegen Betonplatten
S 1.2	Auffüllungen	0,3...2,5	0,4...2,5/ 127,3...126,0	Gemischtkörnig, bindig und nichtbindig
S 2	Geschiebelehm, Glaziale Sande	≥6,0	Bei Endteufe 7,0/121,2 nicht erreicht	Geschiebelehm vorherrschend; in RKS 5 Sand in großer Mächtigkeit

3.4 Hydrogeologische Verhältnisse

3.4.1 Grundwasserstände

Bei den Bohrarbeiten im Dezember 2022 wurden folgende Wasserstände gemessen:

Tabelle 2: Grundwasserstände

Bohrung	Wasserstand angebohrt [m u. GOK / mNHN]	Wasserstand n. Bohrende [m u. GOK / mNHN]
RKS 1	Kein Wasser	
RKS 2	Kein Wasser	
RKS 3	Kein Wasser	
RKS 4	Kein Wasser	
RKS 5	Kein Wasser	4,8 / 123,5
RKS 6	Kein Wasser	
RKS 7	Sande nass ab 4,7 / 123,3, Bohrloch n. Bohrende bei 3,85/124,2, darüber kein Wasser	
RKS 8	5,2 / 122,9	4,9 / 123,3
RKS 9	Kein Wasser	
RKS 10	3,9 / 123,1	3,6 / 123,5
RKS 11	3,6 / 123,9	3,5 / 124,0

In der hydrogeologischen Karte [2] ist für das Untersuchungsgebiet als oberster Grundwasserleiter ein Saale-2-nacheiszeitlicher bis Saale-1-voreiszeitlicher Grundwasserleiter ausgewiesen.

Dieser wird durch die Glazialsande (Schicht S 2) repräsentiert.

In [4] ist für die nächstgelegene Grundwassermessstelle 46401509 Leipzig, Paunsdorf, B9a/83 zwischen aktuellem (= niedrigstem) und höchstem Wasserstand eine Schwankung von 5,9 m ausgewiesen.

Der höchste Wasserstand ist somit auf Geländeoberkante zu erwarten.

Der **Bemessungswasserstand** wird auf Geländeoberkante, Höhe **128,3 mNHN**, festgesetzt.

Der mittlere, höchste Grundwasserstand ist auf einer Höhe von 127,9 mNHN zu erwarten.

3.4.2 Durchlässigkeitsbeiwerte und Möglichkeit der Versickerung

Die Durchlässigkeit der einzelnen Schichten ist wie folgt einzuschätzen:

Tabelle 3: Durchlässigkeiten

Schicht	Bezeichnung	Durchlässigkeit	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]
S 1	Auffüllungen	vorwiegend gering durchlässig Teils durchlässig	$1,0 \times 10^{-6}$ - 1×10^{-5} $1,0 \times 10^{-5}$ - 1×10^{-4}
S 2.1	Geschiebelehm	Gering / sehr gering durchlässig	$1,0 \times 10^{-8}$ - $1,0 \times 10^{-6}$
S 2.2	Glaziale Sande	Durchlässig	$1,0 \times 10^{-5}$ - $1,0 \times 10^{-4}$ (teils abgeleitet aus den Körnungslinien)

Für eine Versickerung geeignete, durchlässige Sande stehen in nennenswerter Mächtigkeit nur im Bereich der RKS 5 an.

Wie vorher ausgeführt, liegen diese jedoch unterhalb des für eine Versickerung maßgebenden, mittleren, höchsten Grundwasserstandes.

In den übrigen Bohrungen wurden fast nur gering durchlässige Böden vorgefunden.

Auf dem Grundstück der Oberschule ist eine Versickerung auf Grund des hohen Grundwasserstandes und der geringen Ausdehnung und Mächtigkeit durchlässiger Schichten nicht möglich.

3.5 Fundamentierung Gebäudeteile A und B

Wie in den Schürfen 3 und 4 festgestellt, ist auf Höhe der Bodenplatte über den vorspringenden Fundamenten eine Kehle ausgebildet. Das Betonfundament hat eine Höhe von ca. 0,4 m.

Über die erdeingebundene Höhe der Außenwände (Beton) ist bis UK Kehle ein Schwarzanstrich ausgeführt.

Eine Dränage wurde nicht vorgefunden.

4 Bodenmechanische Beurteilung der anstehenden Lockergesteine

Zur bodenmechanischen Beurteilung der anstehenden Lockergesteine wurde die Feldansprache der anstehenden Böden sowie die Ergebnisse von Versuchen an vergleichbaren Böden der Region herangezogen. Zum Abgleich der Feldansprache wurden an zwei Proben die Korngrößenverteilung (s. Anlage 3), an zwei weiteren die Zustandsgrenzen (s. Anlagen 2.1 + 2.2) ermittelt.

Die Bodengruppen nach DIN 18 196 sowie die Lagerungsdichten/ Konsistenzen der einzelnen Schichten können den Bohrprofilen (Anlage 1) entnommen werden.

4.1 Bodenklassifikation

Die Zuordnung der Bodenschichten erfolgt zunächst nach DIN 18 300 (2012), DIN 18 196 und der ZTVE-StB 09.

Die Einteilung der Schichten in Homogenbereiche nach der aktuellen DIN 18 300 erfolgt in Anlage 1.

Tabelle 4: Bodenklassifikation

Schicht	Bezeichnung	Bodengruppe n. DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300 (2012)	Frostempfindlichkeit n. ZTVE-StB 09
S 1	Auffüllungen	[OU], [GW], [SW], [SU*], [ST*], [TL]	1 3 4	F 3 F1 F 3
S 2.1	Geschiebelehm	SU*, TL, ST*	4	F 3
S 2.2	Glaziale Sande	SE, SW, SU	3, 2 (unter Grundwasser)	F 1, F 2

4.2 Bodenkennwerte

Zusammenfassend können für die einzelnen Baugrundsichten (s.a. Anlage 1) folgende Kennwerte in Ansatz gebracht werden:

Tabelle 5: charakteristische Bodenkenwerte

Schicht	Bezeichnung	Bodengruppe n. DIN 18 196	Wichte		Scher-parameter		Steifenzahl $E_{s,k}$ [MN/m ²]
			γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	
S 1	Auffüllungen	[OU], [GW], [SW], [SU] [SU*], [ST*], [TL]	17 - 21	7 - 11	20,0 - 37,5	0 - 2	2 - 50
S 2.1	Geschiebelehm	SU*, TL, ST*	20,5 - 21	10,5 - 11	27,5 - 30	0 - 20	4 - 25
S 2.2	Glaziale Sande	SE, SW, SU	18 - 20	8 - 11	32,5 - 35	0	40 - 80

Die Kennwerte der einzelnen Homogenbereiche können der Anlage 5 entnommen werden.

5 Beurteilung der Baugrundverhältnisse und gründungstechnische Empfehlungen

5.1 Planungsvorgaben, generelle Einschätzung

Das Bestandsgebäude ist in drei Bauteile unterschiedlicher Geschossigkeit gegliedert:

- Gebäudeteil A (nördlicher GT): 4-geschossig
- Gebäudeteil B (südlicher GT): 5-geschossig
- Gebäudeteil C (mittlerer Teil): 3-geschossig

Das Bauvorhaben umfasst

- Die Komplettmodernisierung der GT A und B,
- Die Erweiterung des Bestandsgebäudes durch Abbruch und Neubau eines vergrößerten, 5-geschossigen Mittelbaus (GT C)
- Ggf. Aufstockung GT A
- Herrichtung von Schulhof und Außengelände (ohne Sportfreiflächen)

Auf dem Baugrundstück wurden relativ gute Baugrundverhältnisse angetroffen.

Die Grundwasserverhältnisse erfordern jedoch aufwendige gründungstechnische Maßnahmen.

5.2 Gründungsempfehlung Ersatzneubau Mittelbau GT C

5.2.1 Gebäudeabdichtung

Das Kellergeschoss schneidet in den Bemessungswasserstand ein.

Es muss deshalb gegen drückendes Wasser abgedichtet werden.

Bei der Abdichtung sind folgende Wassereinwirkungsklassen zu berücksichtigen:

Tabelle 6: Wassereinwirkungsklassen und erforderliche Abdichtung Kellergeschoss

Bauteil	Wassereinwirkungsklass e n. DIN 18533-1	Art der Einwirkung	Abdichtung n. Punkt der DIN 18533-1
Kellergeschoss Einbindung $\leq 3,0$ m ins Gelände	W 2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $\leq 3,0$ m Eintauchtiefe	8.6.1
Kellergeschoss Einbindung $> 3,0$ m ins Gelände	W 2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser $> 3,0$ m Eintauchtiefe	8.6.2

5.2.2 Gründung

In Verbindung mit der erforderlichen Abdichtung (Weiße oder Schwarze Wanne) wird üblicherweise eine Flächengründung über eine bewehrte, biegesteife Bodenplatte (Flächengründung) ausgeführt.

Nach [5] soll die OK FF Kellergeschoss auf einer Höhe von 127,0 mNHN eingeordnet werden. Bei einer Bodenplattenstärke von ca. 0,3 m käme die Gründungssohle somit auf einer Höhe von 126,7 mNHN zu liegen.

Die bereichsweise bis auf Höhen zwischen 127,3 m bzw. 126,3 mNHN anstehenden Auffüllungen sind nicht für eine Flächengründung geeignet. Es ist ein Bodenaustausch bis auf die ab den vorgennanten Höhen anstehenden, mindestens halbfesten Geschiebelehme erforderlich. Die Unterkante des Bodenaustausches ist in Anlage 1 mit einer strich-punktierten Linie markiert.

Der Bodenaustausch ist mit gut verdichtungsfähigem Material (z.B. Mineralgemisch oder festes Betonrecycling (Körnung 0/45 oder 0/56)) auszuführen. Das Material ist in Lagen von max. 30 cm einzubauen und lagenweise zu verdichten. Die erfolgreiche Verdichtung ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen spätestens nach Aufbau von jeweils 3 Lagen nachzuweisen.

Die Aushubsohle darf nicht befahren werden! Der Aushub ist rückschreitend, der Wiedereinbau vor Kopf auszuführen.

Bei der Flächengründung sind im Bereich von Kellerausgängen zur Frostsicherung Frostschrünzen bis in eine Tiefe von 1,0 m u. Fertiggelände auszubilden. Diese sind auf die natürlich anstehenden, mindestens halbfesten Geschiebelehme bzw. in den ordnungsgemäß verdichteten Bodenaustausch zu gründen.

5.2.3 Sicherung Bestandsfundamente

Die Bestandsfundamente dürfen nicht unzulässig ab- oder untergraben werden.

In größeren Teilbereichen wird, wie vorher ausgeführt, ein Bodenaustausch bis unterhalb der Gründungssohle der Bestandsfundamente erforderlich.

Um den notwendigen Bodenaustausch ausführen zu können, wird eine Unterfangung der Bestandsfundamente erforderlich.

Die Unterfangung ist abschnittsweise nach den Vorschriften der DIN 4123 auszuführen.

In Bereichen, in denen die Gründungssohle bei der Gründung der Neubau-Bodenplatte nicht unterfahren wird, muss, wenn keine Unterfangung ausgeführt wird, für die verringerte Einbindetiefe die ausreichende Grundbruchsicherheit rechnerisch nachgewiesen werden,!

5.2.4 Bauliche Trennung zum Bestand

Infolge der geplanten Aufstockung werden die Gebäudelasten gegenüber dem bestehenden Mittelbau wesentlich erhöht. Durch die zu erwartenden Setzungen (s.u.) kommt es zu Setzungsdifferenzen gegenüber den Gebäudeteilen A und B.

Um Schäden durch diese Setzungsdifferenzen zu vermeiden, muss zwischen dem Neubau und den Bestandsbauten eine bauliche Trennung durch eine Bewegungsfuge erfolgen.

5.2.5 Bemessungswert Sohlwiderstand, Aufnehmbarer Sohldruck, Setzungen, Bettungsmodul

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes für die Flächengründung des neuen Mittelbaus kann wie folgt angegeben werden (s.a. Anl. 4.1 – 4.4):

$$\sigma_{R,D} = 170 \text{ kN/m}^2 \text{ (begrenzt wegen Setzungen)}$$

Bringt man einen Sohldruck von $\sigma_{E,K} = 120 \text{ kN/m}^2$ in Ansatz, sind Setzungen von 1,0 cm bis 2,0 cm zu erwarten.

Der Bettungsmodul kann mit $k_s = 13 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz gebracht werden.

Nach Vorliegen genauerer Angaben zu den Gebäudelasten bzw. Lastverteilungen kann die Grundbruch- und Setzungsberechnung nochmals konkretisiert werden.

5.3 Einschätzung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im Hinblick auf die Sanierung und Trockenlegung Gebäudeteile A und B

5.3.1 Gebäudeabdichtung

Die OK FFB des Kellergeschosses liegt auf einer Höhe von 127,0 mNHN.

Die Kellergeschosse der Gebäudeteile A und B schneiden somit in den Bemessungswasserstand (128,3 mNHN) ein.

Sie müssen deshalb gegen drückendes Wasser abgedichtet werden.

Bei der Abdichtung ist folgende Wassereinwirkungsklasse zu berücksichtigen:

Tabelle 7: Wassereinwirkungsklassen und erforderliche Abdichtung Kellergeschoss

Bauteil	Wassereinwirkungsklasse n. DIN 18533-1	Art der Einwirkung	Abdichtung n. Punkt der DIN 18533-1
Kellergeschoss Einbindung bis 3,0 m ins Gelände	W 2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $\leq 3,0 \text{ m}$ Eintauchtiefe	8.6.1

5.3.2 Bemessungswert Sohlwiderstand Streifenfundamente Bestandsgebäude A

Der Gebäudeteil A soll eventuell um ein Geschoss aufgestockt werden.

Zur Beurteilung der Tragfähigkeit im Hinblick auf die Aufstockung wurde eine Grundbruch- und Setzungsberechnung durchgeführt.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes für die Streifenfundamente kann, in Abhängigkeit von der noch zu bestimmenden Fundamentbreite, wie folgt angegeben werden (s.a. Anl. 4.5):

Tabelle 8: Aufnehmbarer Sohldruck, Bemessungswert Sohlwiderstand, Setzungen Streifenfundamente Gebäudeteil A (Nord)

Fundament- breite	Bemessungswert Sohlwiderstand (EC 7) $\sigma_{R,D}$ [kN/m ²]	Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} n. DIN 1054 = $\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	Setzungen bei Ansatz $\sigma_{E,k}$ [cm]
0,4	290	200	Ca. 1,0
0,6	290	200	Ca. 1,0
1,0	350	245	Ca. 2,0

5.4 Gründung Verkehrsflächen

- Tragfähigkeit Planum

Um die Tragschicht der Zufahrten und befestigten Freiflächen erfolgreich verdichten zu können, ist auf dem Planum, in Anlehnung an die Empfehlungen der RStO 12, ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich.

Auf dem Planum wurden in 2 Schürfen die Verformungsmoduli E_{vd} mit dynamischen Plattendruckversuchen ermittelt und daraus empirisch die Verformungsmoduli E_{v2} abgeleitet. Folgende Werte wurden ermittelt:

Tabelle 9: Verformungsmoduli Planum

Aufschluss	Lage	Versuchstiefe [m u. OK Str.]	E_{v2} [MN/m ²]
Schurf 1	Einfahrtsbereich	0,50	Ca. 45
Schurf 2	Innenhof	0,55	Ca. 50

Der Sollwert wird nach derzeitiger Beurteilung somit nur knapp erreicht. Durch die flächige Entspannung beim Aushub muss mit einer Abnahme der Tragfähigkeit gerechnet werden. Es sollte deshalb zunächst davon ausgegangen werden, dass eine Planumsstabilisierung erforderlich wird.

Nach Freilegung des Planums sollte die Tragfähigkeit nochmals mittels statischen Plattendruckversuchen überprüft werden. Danach kann abschließend über die Notwendigkeit einer Planumsstabilisierung entschieden bzw. tragfähige Bereiche abgegrenzt werden.

Die Stabilisierung kann alternativ über einen Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung erfolgen.

Der Bodenaustausch ist in einer Stärke von ca. 30 cm auszuführen.

Es empfiehlt sich die Verwendung von Mineralgemisch 0/45 bzw. 0/56, alternativ Beton-RC-Material der gleichen Körnung oder Kies-Sand 0/32.

Das Material ist in Lagen von max. 30 cm einzubauen und lagenweise zu verdichten. Die erfolgreiche Verdichtung und Tragfähigkeit ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen nachzuweisen.

Um die auf dem Planum anstehenden, gegenüber dynamischer Beanspruchung empfindlichen, bindigen Böden nicht zu entfestigen, darf die Verdichtung nur mit angemessener Verdichtungsenergie ausgeführt werden!

Für die Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln empfiehlt sich nach derzeitiger Beurteilung in den gemischtkörnigen, bindigen Böden als Bindemittel ein Kalk-Zement-Mischbinder mit höherem Kalkanteil.

Zur Ermittlung der erforderlichen Bindemittelmenge und -art sind nach Freilegung des Planums Proben zu entnehmen und an diesen die natürlichen Wassergehalte sowie der optimale Wassergehalt (Proctorversuch) zu bestimmen.

Für Planungszwecke kann überschlägig von einem Bindemittelbedarf von ca. 60 - 70 kg/m³ bzw. ca. 20 - 25 kg/m² bei einer Einfrästiefe von 30 cm ausgegangen werden.

Böden mit organischen Anteilen sind **nicht** für eine Bodenverbesserung geeignet und vor der Bodenbehandlung komplett abzutragen!!

- Bemessung frostsichere Oberbaustärke

Bei der Bemessung der frostsicheren Oberbaustärke sind nach RStO-12 folgende baugrundbezogene Kenngrößen zu Grunde zu legen:

Tabelle 10: frostsichere Oberbaustärke

<i>Kenngröße</i>	<i>Ortliche Verhältnisse</i>	<i>Dicke / Mehr-/Minderdicke</i>
Frostempfindlichkeitsklasse Straßenunterbau	F 3	
Belastungsklasse – Ausgangswert	BK 0,3 / BK 1,0	50 cm / 60 cm
Frosteinwirkungszone	II	+ 5 cm
Weitere, ungünstige Einflüsse	übrige Lagen	± 0 cm
Lage der Gradienten	Geländehöhe	± 0 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	Grund-/Schichtwasser höher als 1,5 m unter Planum	+ 5 cm
Entwässerung Fahrbahn	Über Mulden- /Gräben/Böschungen	+/- 0 cm
Erforderliche Dicke des frostsicheren Straßenoberbaues für die Belastungsklasse BK 0,3 / 1,0		60 / 70 cm

6 Hinweise zur Bauausführung

6.1 Wiederverwendung von Baustoffen

Die beim Aushub anfallenden Böden eignen sich unbehandelt nur für Geländeregulierungen in Bereichen, die nicht für eine Überbauung vorgesehen sind.

Böden mit organischen Bestandteilen können ebenfalls nur zur Abdeckung herangezogen werden.

6.2 Kellerhinterfüllung

Die Kellerhinterfüllung muß im Bereich von Zufahrten oder Gehwegen bzw. unter nicht unterkellerten Gebäudeteilen mit gut verdichtbarem, raumbeständigem, frostfreiem Material erfolgen. Nach DIN 1055 darf die Verdichtung des Hinterfüllungskeiles jedoch nur bis auf mitteldichte Lagerung gebracht werden, um Schäden am Bauwerk zu vermeiden. Wird eine dichte Lagerung angestrebt, ist die ausreichende Stabilität des Kellers gegenüber dem erhöhten Erddruck statisch nachzuweisen.

Der entstehende Hinterfüllungskeil sollte (getrennt durch ein Geotextil) mit gering durchlässigen Bodenschichten abgedeckt werden, um nicht unnötig Oberflächenwasser an das Gebäude heranzuführen!

6.3 Baugrubenböschungen

Bei ausreichender Baufreiheit können die Baugruben durch Abböschungen gesichert werden.

Der Böschungswinkel darf in nichtbindigen oder weichen bindigen Böden 45°, in steifen oder halbfesten bindigen Böden 60° nicht überschreiten.

Mit Ausnahme des Bereiches um die RKS 5 können die Baugrubenböschungen mit 60° ausgeführt werden.

In den Sanden im Bereich RKS 5 ist ein Böschungswinkel von 45° auszuführen.

Wie oben schon ausgeführt, wird im Bereich der Bestandsfundamente eine Unterfangung erforderlich.

6.4 Erdbebenzone

Leipzig gehört zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse T.

Die Böden sind der Baugrundklasse C zuzuordnen.

6.5 Entsorgungshinweise

Folgende Verwertungs- bzw. Einbauklassen wurden ermittelt:

Tabelle 11: Verwertungs- bzw. Einbauklassen

Schicht	Parameterumfang	Probennummer Labor	Verwertungsklasse n. RuVA -StB	Einbauklasse n. TR LAGA Teil II (2004)
Asphalt	PAK u. Phenolindex	22-22455/3	1 (A)	/
Tragschicht	LAGA-Boden, Mindestunter- suchungsumfang	22-2455/1	/	Z 0*
Untergrund	LAGA-Boden, Mindestunter- suchungsumfang	22-2455/2	/	Z 2

7 Radon-Untersuchungen

7.1 Ortsbesichtigung und Messverfahren

Zur Klärung der Frage nach der Radonbelastung war eine Ortsbegehung mit Feldmessungen notwendig. Die Untersuchungen wurden am Montag, den 19.12.2022, auf dem Projektgelände in Leipzig durchgeführt. Es wurde die Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft sowie die Gasdurchlässigkeit des oberflächennahen Bodens an drei vorher ausgewählten Aufschlüssen bestimmt.

Für die Probenahme und Messung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft wurde ein standardisiertes Verfahren nach DIN ISO 11665-11 eingesetzt. An jedem Messort wurde eine Sondierung (14 mm Durchmesser) in eine Tiefe von 1 m niedergebracht. Die Bodenluftentnahme erfolgte über eine Bodenluftsonde mit Perforationsöffnung 100 cm unter GOK, wodurch der Entnahmeraum definiert abgegrenzt und eine gezielte Probenahme in 1 m Tiefe ermöglicht wurde. Kurzfristige Witterungseinflüsse auf die Höhe der Radonkonzentration in der Bodenluft sind bei dieser Vorgehensweise minimiert.

Vor der eigentlichen Probenahme wurden jeweils 7,5 l Bodenluft (Dauer ca. 5 Minuten) durch die gesamte Messkonfiguration gepumpt, um eine mögliche Kontamination der Bodenluft mit Atmosphärenluft beim Niederbingen und Ziehen des Bohrgestänges und beim Einbringen der Bodenluftsonde auszuschließen. Bevor die Bodenluft in die Messkammer eingeleitet wurde, wurden Staub und feste Radonfolgeprodukte durch geeignete Filter zurückgehalten. An jedem Messpunkt wurden aus Gründen der Qualitätssicherung drei Bodenluftproben entnommen; für die Bewertung wurde der Mittelwert der beiden Messungen verwendet. Die Messunsicherheit des Verfahrens kann aufgrund empirischer Untersuchungen mit ca. 20 % angegeben werden.

Unmittelbar nach der Entnahme der Bodenluftproben für die Radonmessung wurde mit Hilfe derselben Sonde die Gasdurchlässigkeit bestimmt, um die Wegsamkeiten für die Bodenluft im oberflächennahen Bereich beurteilen zu können. Unter Berücksichtigung eines sondenspezifischen Geometriefaktors und mit Hilfe des Darcy-Gesetzes wurde die Durchflussrate unter der Annahme laminarer Transportbedingungen in die Gasdurchlässigkeit umgerechnet.

Durch das Bundesamt für Strahlenschutz wurde für die Radonkonzentration in der Bodenluft vier Wertebereich und Radonvorsorgegebietsklassen (RVK) definiert, anhand dessen die Radonverfügbarkeit rein empirisch abgeleitet werden kann. Diese sind wie folgt:

- < 20.000 Bq/m³ (sehr niedrige Radonverfügbarkeit) → RVK 0
- 20.000 – 40.000 Bq/m³ (niedrige Radonverfügbarkeit) → RVK I
- 60.000 – 100.000 Bq/m³ (mittlere Radonverfügbarkeit) → RVK II
- > 100.000 Bq/m³ (hohe Radonverfügbarkeit). → RVK III

7.2 Ergebnisse und Ableitung von Radonschutzmaßnahmen

Die Messpunkte lagen ausschließlich im mittelbaren und unmittelbaren Bereich des Ersatzneubaus des Gebäudeteils C. Bei den Böden handelt es sich fast durchgehend um schluffige Sande, vereinzelt mit stärker sandig-kiesigen Anteilen. Hinweise auf Stauwasserbeeinflussung oder lokal erhöhte starke Durchfeuchtungen waren an keinem Messpunkt zu beobachten.

Die Gasdurchlässigkeit variierte bei dem aktuellen Feuchtegehalt des Bodens in 1 m Tiefe nur sehr wenig (ca. 3×10^{-11} bis 5×10^{-11} m²). Die gemessenen Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft liegen in einem Bereich zwischen ca. 5.460 und 24.850 Bq/m³. Die zusammenfassenden Messergebnisse sind in der folgenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 12: Zusammenfassung der Messergebnisse der Bodenluft-Untersuchung.

Messpunkt/ Lage	Mess- intervall	Messdauer	Rel. Feuchte in %	Radonaktivitäts- konzentration in Bq/m ³	mittl. Radonaktivitäts- konzentration in Bq/m ³
MP 1 Neben RKS 6	1	20 min	69	5.640	13.697
	2	20 min	74	14.380	
	3	20 min	63	21.070	
MP 2 Neben RKS 10	1	20 min	55	13.740	<u>20.910</u>
	2	20 min	71	24.850	
	3	20 min	69	24.140	
MP 3 Neben RKS 5	1	20 min	56	6.780	8.363
	2	20 min	54	8.690	
	3	20 min	54	9.620	

Die oben genannten Messergebnisse stellen eine zeitlich definierte Stichprobe der Bodenluftkonzentration von Radon dar. Jahreszeitliche Schwankungen, die vorwiegend durch Temperatur, Feuchtigkeit und Druckunterschiede verursacht werden, können zu höheren Radonkonzentrationen führen. Daher wird im Folgenden der höchste mittlere Messwert des Punktes MP 2 (20.910 Bq/m³) als Bezugspunkt für Empfehlungen von Radonschutzmaßnahmen herangezogen.

Wenngleich das Projektgebiet außerhalb der vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ausgewiesenen Radonvorsorgegebieten liegt, ist anhand der gewonnenen Messdaten von einer Mindestanforderung zum Thema Radonschutz als notwendig zu erachten.

Bei der Zuordnung von Präventionsmaßnahmen wird auf die veraltete Klassifizierung von Radonvorsorgegebietsklassen (RVK) anhand Bodenradonkonzentration des Bundesministeriums für Umwelt sowie des Bundesamtes für Strahlenschutz aus dem Jahr 2001 zurückgegriffen.

In diesem Zusammenhang ist das Projektgebiet der Vorsorgeklasse RVK I zuzuordnen, anhand dessen folgende Präventionsmaßnahmen abgeleitet werden können:

- Konstruktiv bewehrte Bodenplatte aus Beton mit einer Lagenstärke von mindestens 25 cm, insofern Dehnungsfugen notwendig werden sind diese gasdicht auszuführen,
- Gasdichte Ebene im erdberührten Perimeterbereich, außenliegend oder innenliegend
- Auswahl radondichter Medieneinführungen, Mehrsparteneingängen, Anbindung dieser Durchführungen an flächenhafte gasdichte Abdichtungsebene
- Insofern Zuluft für Heizung etc. notwendig wird, ist diese über die Außenluft zuzuführen,
- Hinterfüllung des erdberührten Perimeterbereiches mit sandig-kiesigen Material,
- Ggfs. Einbau einer vorsorgenden Radondrainage im Neubaubereich des Gebäudeteils C.

Insofern für das Bauprojekt keine detaillierten Ausführungspläne und Details vorliegen, sind die voran genannten Maßnahmen als Empfehlungen zu verstehen. Die Ableitung konkreter Radonschutzmaßnahmen sind vor der Betrachtung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse gesondert abzustimmen.

Ferner weisen wir darauf hin, dass mit einer möglichen energetischen Sanierung der Gebäudeteile A und B die Luftwechselquote in Innenräumen signifikant reduziert wird. Das kann bei unzureichender Abdichtung der Perimeterbereiche zu einer erheblichen Erhöhung der Radonaktivität in Innenräumen führen. Daher wird empfohlen, eine Unterdruckanlage zur Entlüftung der vorhandenen Kiestragschicht unter den Gebäudeteilen A und B in Erwägung zu ziehen. Der Umfang solch einer Anlage kann jedoch erst nach zusätzlichen zeitaufgelösten Messungen von Radon in Innenräumen abgeleitet werden.

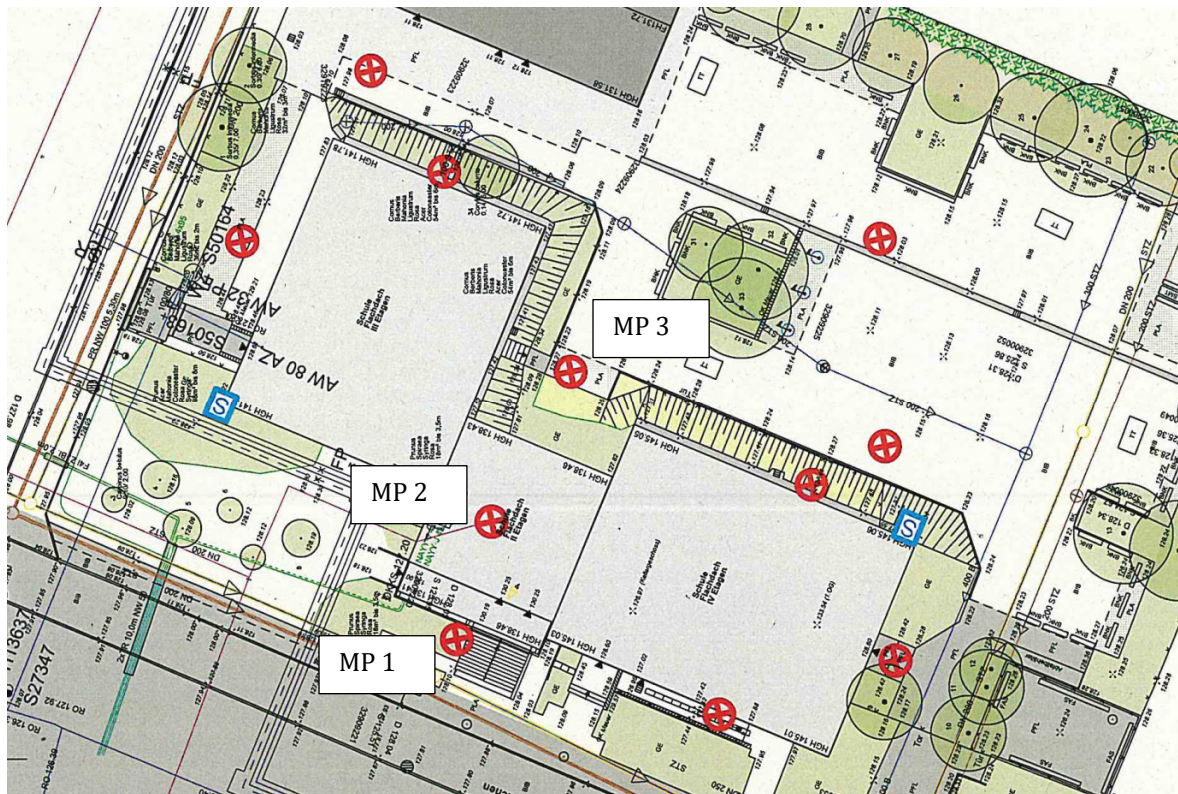




Abbildung 1: Messpunkt MP 1



Abb. 2: Messpunkt MP 2



Abbildung 3: Messpunkt MP 3

8 Abschließende Bemerkungen und Vorschläge für das weitere Vorgehen

Sollten unvorhersehbare, stark von den im Bericht beschriebenen Verhältnisse abweichende geologische und/oder hydrogeologische Verhältnisse vorgefunden werden, **ist mit dem Gutachter Rücksprache zu halten.**

Das Gutachten ist nur in seiner Vollständigkeit verbindlich.

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung

Für das Gutachten

Gerald Weid (Dipl.Geol.)