



**Geotechnik und Grundbau - Erd- und Asphaltprüfung - Hydrologische Bewertungen
Deponien und Altlasten - Rückbau- und Entsorgungskonzepte - Beweissicherung**

Standort: Ritschenhausen
Ansprechpartner: Robert Ertl
Projekt-Nr.: 230147-01

Datum: 01.06.2023

Anerkannte RAP-Stra Prüfstelle

GEOTECHNISCHER BERICHT

Hauptsitz Ritschenhausen:
Bahnhofstraße 70
98617 Ritschenhausen
Tel 036949 / 411795
Fax 036949 / 411796
www.pgu-geotechnik.de
info@pgu-geotechnik.de

Neubau Grundschule Campus Haus I und II Stadt Hildburghausen

Büro Schweinfurt:
Straßburgstraße 28
97424 Schweinfurt
Tel 09721 / 4748520
Fax 09721 / 4748524

Büro Mespelbrunn:
Hauptstraße 104
63875 Mespelbrunn
Tel 06092 / 8227809
Fax 06092 / 8237187

Auftraggeber: Landratsamt Hildburghausen
Dez. 2 - Amt für Gebäudewirtschaft
Wiesenstraße 18
98646 Hildburghausen

Bearbeiter: Dipl. Geol. R. Ertl

Dieser Bericht enthält: 40 Textseiten
3 Anlagen
5 Anhänge

Ritschenhausen, 01.06.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	3
2	Allgemeine Angaben	3
2.1	Erläuterung der Aufgabenstellung	3
2.2	Bearbeitungsunterlagen	3
3	Standortsituation	4
3.1	Vorhaben und Geländesituation	4
3.2	Geologie und Hydrologie	5
4	Feld- und Laboruntersuchungen	6
5	Beschreibung der Bodenschichten und Baugrundmodell	8
5.1	Konstruktionsschichten und Auffüllungen	9
5.2	Natürlicher Untergrund	14
6	Vorschlag zur Festlegung der Homogenbereiche	19
7	Berechnungskennwerte	21
8	Grundwasserführung und Durchlässigkeit	22
9	Umwelttechnische Untersuchungen	24
9.1	Asphaltbefestigung	24
9.2	Auffüllungen	25
9.3	Natürliche Böden	27
10	Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlungen Bauwerke	28
10.1	Allgemeine Angaben	28
10.2	Gründungsempfehlung und Lastabtrag	28
10.3	Sonstige gründungstechnische Hinweise und Empfehlungen	31
10.4	Baugruben und Wasserhaltung	32
10.5	Schutzmaßnahmen gegen Wasser und Auftrieb	33
10.6	Versickerungsmöglichkeiten	34
10.7	Wiederverwendbarkeit des Aushubs aus bautechnischer Sicht	35
11	Straßen- und Verkehrswegebau	36
12	Allgemeine bautechnische Hinweise	37
13	Weitere Untersuchungen	38
14	Schlussbemerkung	38
	Tabellen, Anlagen, Anhänge	40

1 Veranlassung

Das Landratsamt Hildburghausen plant die Erweiterung des Campus der Grundschule in der Waldstraße. Dazu sollen zwei neue Campusgebäude errichtet werden, wobei ein bestehender Schulkomplex im Vorfeld rückzubauen ist. Mit der Planung der Maßnahme ist die Hoffmann.Seifert.Partner architekten und ingenieure Partnergesellschaft (HSP) aus Suhl betraut.

Die pgu ingenieurgesellschaft mbH aus Ritschenhausen wurde vom Bauherrn mit einer Voruntersuchung zur Erkundung und Bewertung der örtlichen Baugrundsituation beauftragt.

Die örtlichen Baugrundverhältnisse waren in einem Geotechnischen Bericht zu beschreiben und zusammenfassend darzustellen. Auf Basis der erkundeten Baugrundsituation sind Möglichkeiten und Maßnahmen zur sicheren und wirtschaftlichen Gründung der geplanten Gebäude und Bauwerke sowie bautechnische Hinweise und Empfehlungen zur Baugrubensicherung und Wasserhaltung aufzuzeigen.

Neben den geotechnischen Untersuchungen waren auch umweltchemische Analysen zur abfalltechnischen Bewertung der Untergrundschichten als Voruntersuchung vorgesehen.

2 Allgemeine Angaben

2.1 Erläuterung der Aufgabenstellung

Folgende Aussagen waren im Rahmen dieses Berichtes zu treffen:

- Beurteilung der geologisch-hydrologischen Standortsituation
- Darstellung der Aufschlussergebnisse als Schichtenprofile und Rammwiderstandslinien
- Bodenklassifikation nach DIN 18196
- Festlegen der bodenmechanischen Bemessungswerte für den Untergrund
- Einordnung in Boden- und/oder Felsklassen sowie Homogenbereiche
- Bewertung der Frostepfindlichkeit und Tragfähigkeit der Untergrundschichten
- Abfalltechnische Einstufung der Aushubböden
- Bau-/Gründungstechnische Empfehlungen (Lastabtrag, Wasserhaltung und Verbau)

2.2 Bearbeitungsunterlagen

Folgende Unterlagen dienten als Bearbeitungshilfe:

[1] Übersichtslageplan Bestand Foto „Grundschule Campus Hildburghausen, Haus I+II“, Plan Nr. 211311 AR 1 L-B Foto, Maßstab 1:750, HSP Suhl, 07.12.2022

- [2] Übersichtslageplan Bestand „Grundschule Campus Hildburghausen, Haus I+II“, Plan Nr. 211311 AR 1 L-B, Maßstab 1:750, HSP Suhl, 07.12.2022
- [3] Perspektivdarstellung „Grundschule Campus Hildburghausen, Haus I+II“, Plan Nr. 211311 AR 2 P, Maßstab 1:10 000, HSP Suhl, 07.03.2023
- [4] Übersichtslageplan Flächen „Grundschule Campus Hildburghausen, Haus I+II“, Plan Nr. 211311 AR 2 L, Maßstab 1:1000, HSP Suhl, 07.03.2023
- [5] Übersichtslageplan Bestand „Grundschule Campus Hildburghausen, Haus I+II“, Plan Nr. 211311 AR 2 L, Maßstab 1:1000, HSP Suhl, 07.03.2023
- [6] Geologische Karte Nr. 5530 (Blatt Hildburghausen), M 1:25.000
- [7] Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 17
- [8] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV 2009)
- [9] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung (2021)
- [10] Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung AVV)
- [11] Karte der Frostzonen, Bundesanstalt für Straßenwesen, Ausgabe 2012
- [12] geltende DIN-Normen

3 Standortsituation

3.1 Vorhaben und Geländesituation

Auf dem Schulcampus der Waldstraße in Hildburghausen sollen zwei neue Grundschulhäuser I und II erreicht werden, wozu das vorhandene Grund- und Regelschulhaus perspektivisch zurückgebaut werden soll. Das Projekt befindet sich in der Phase der Grundlagenermittlung und Vorplanung. Demnach lagen dem Unterzeichner zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch keine konkreten Details zur Maßnahme vor.

Die derzeitigen Geländehöhen im Erkundungsbereich liegen zwischen etwa 375 - 391 m ü. NHN.

In der nachstehenden Abbildung ist der Baubereich auf der topografischen Karte in der Übersicht gekennzeichnet.



Bild 1: Lage des Baubereiches in der Übersicht

3.2 Geologie und Hydrologie

Am Standort werden nach der geologischen Karte die Gesteine des Oberen Buntsandsteins, speziell der Salinarrot und Pelitröt (so1-so4T) erwartet. Diese stellen sich als graue und dunkelrote, plattige Feinsandsteine mit grünlich grauen und roten Tonsiltsteinen dar. In diesen Gesteinsschichten können bereichsweise Evaporite (Gips oder Anhydrit und Steinsalz) eingeschaltet sein. Die Festgesteine am Baustandort werden von ihren Verwitterungsböden abgedeckt. Lithogenetisch handelt es sich bei dem Lockergestein hauptsächlich um tonigen und lehmigen Boden.

Den Festgesteinen und ihren Verwitterungsböden liegen am Baustandort teilweise fluviatile Talbildungen der Werra und seiner Nebenvorfluter auf. Bei diesen handelt es sich um Flußkiese bzw. Terrassenschotter sowie um auflagernde Deck-/Auelehme. Außerdem sind innerhalb des unmittelbaren Baubereichs mit anthropogenen Auffüllungen und Umlagerungen in Mächtigkeiten von bis zu mehreren Metern zu erwarten.

Nach Norden streichen die Rötgesteine aus und es erfolgt der Übergang zu den Sandsteinen des Mittleren Buntsandsteins (Solling-Formation sms). Diese treten als plattig bis dickbankig abgesonderte, grauweiße, braune, gelbe und rote Sandsteine in Erscheinung.

Die hydrologischen Verhältnisse sind durch die Morphologie und den Verlauf der Vorflut bestimmt. Das Areal gehört zum Einzugsgebiet der Werra, die südlich von Hildburghausen verläuft. Der Baustandort entwässert über den *Römersbach*, der durch das Schulgelände hindurchfließt, nach Süden zur Werra.

Grundwasser wird in den Gesteinen des Oberen und Mittleren Buntsandsteins sowie in den Flusssedimenten der Werra erwartet. Der Grundwasserspiegel dürfte dabei ca. 2 m - 5 m unter Geländeoberkante liegen. Er korrespondiert in der Regel mit dem Wasserstand der Werra und unterliegt damit jahreszeitlich bedingten Schwankungen. Der Festgesteinskomplex der Rötgesteine gilt als Grundwassergeringleiter. Die Sandsteine der Solling-Formation sind als Kluffgrundwasserleiter eingestuft. Die Durchlässigkeit des Gebirges ist dabei stark von der Klüftung, Kluffweite und Kluffüllung abhängig. Allgemein kann von einer geringen bis mittleren Wasserdurchlässigkeit des Gebirges ausgegangen werden.

4 Feld- und Laboruntersuchungen

Der Umfang der durchzuführenden Feld- und Laboruntersuchungen sowie die Lage der Aufschlusspunkte wurde in Absprache mit dem Projektplaner im Zuge eines Vororttermines festgelegt. Zur Erkundung des Baugrundes wurden demnach insgesamt 10 Rammkernsondierungen (RKS) nach DIN EN ISO 22475-1 bis in Tiefen von maximal 5,00 m < GOK von Mitarbeitern der pgu ingenieurgesellschaft mbH abgeteuft. Zusätzlich wurden zur Ermittlung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der anstehenden Lockergesteine ergänzend 6 Schwere Rammsondierungen (DPH) ebenfalls bis max. 5,00 m bzw. bis zur Geräteauslastung niedergebracht. Außerdem wurden 4 Baggerschürfe bis in Tiefen von maximal 2,80 m < GOK angelegt, in denen Versickerungsversuche vorgesehen waren.

Die Ansatzpunkte aller Aufschlüsse sind im Lageplan der Anlage 1 eingetragen. Die ingenieurgeologische Ansprache der angetroffenen Schichten erfolgte auf der Grundlage der DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1. Zur Auswertung der in-situ-Untersuchungen wurde die DIN 4023 einschließlich der darin enthaltenen Sondersignaturen herangezogen. Die Darstellung in Form der Schichtenprofile und Rammwiderstandslinien sind in der Anlage 2 enthalten.

Von den vorgefundenen Befestigungen sowie Baugrundsichten wurden gestörte Proben aus den Baggerschürfungen und Bohrsonden sowie Kernbohrungen entnommen und zu Einzel- und Mischproben zusammengestellt. Die Proben wurden dem chemischen Labor BVU Bioverfahrenstechnik und Umweltanalytik GmbH für umwelttechnische Analysen überlassen. Die Asphaltproben wurden hinsichtlich teer-/pechtypischer Inhaltstoffe untersucht. Die Bodenproben wurden gemäß der „Mantelverordnung Ersatzbaustoffe“ (MV EB) sowie nach DepV 2012, Anhang 3, Tabelle 2 analysiert.

Eine Sonderprobe eines organoleptisch auffälligen Bodens (aromatischer Geruch) wurde nach den Einzelparametern PAK, LHKW, BTEX und MKW untersucht. Proben des Grundwassers wurden auf die Betonaggressivität nach DIN 4030 analysiert.

Von den natürlichen Baugrundsichten wurden außerdem Bodenproben gewonnen und zur Bodenklassifikation sowie zur Beschreibung der Homogenbereiche hinsichtlich Wassergehalt nach DIN 18121 sowie Korngrößenverteilung nach DIN 18123 bodenmechanisch im Labor der pgu ingenieurgesellschaft mbH untersucht.

In den nachstehenden Tabellen sind die durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen zusammengefasst.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Felduntersuchungen

Aufschluss	Teufe in m unter GOK	Ostwert (GK4)	Nordwert (GK4)	Höhe über NHN (m)	Bemerkungen
Baubereich Haus 1					
RKS 1	5,00 m ¹⁾	622246.697	5588029.009	378.372	-
DPH 1	4,80 m ¹⁾	622246.697	5588029.009	378.372	-
RKS 2	5,00 m	622224.512	5588041.022	380.231	-
RKS 3	5,00 m	622213.664	5588026.715	381.072	-
RKS 4	5,00 m	622197.067	5588004.071	380.991	-
DPH 2	5,00 m	622197.067	5588004.071	380.991	-
SCH 1	1,00 m	622226.938	5588000.436	378.741	SV 1
SCH 2	2,80 m	622216.690	5588018.896	381.053	-
SCH 3	2,80 m	622207.823	5587996.429	380.866	-
SCH 4	1,00 m	622203.575	5588012.669	381.178	SV 2
Baubereich Haus 2					
RKS 5	5,00 m	622340.125	5587933.908	375.886	-
DPH 3	3,70 m ¹⁾	622340.125	5587933.908	375.886	-
KB 3 / RKS 6	0,03 m / 2,00 m ¹⁾	622374.014	5587943.953	376.509	-
KB 4 / RKS 7	0,08 m / 2,70 m ¹⁾	622363.757	5587957.901	378.061	-
RKS 8	5,00 m	622348.753	5587964.874	391.820	-
DPH 4	4,40 m ¹⁾	622348.753	5587964.874	391.820	-
RKS 9	3,00 m ¹⁾	622345.443	5587985.495	382.848	-
RKS 10	3,60 m ¹⁾	622304.636	5587970.210	377.778	-
KB 1	0,16 m	622311.583	5587926.793	375.424	-
KB 2	0,24 m	622353.678	5587929.275	375.790	-
KB 5	0,08 m	622386.339	5587962.693	378.309	-
KB 6	0,23 m	622397.003	5587947.658	378.336	-

¹⁾ Abbruch aufgrund der Geräteauslastung

Tabelle 2: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen

Probe Nr.	Aufschluss-Nr.	Probenart	Analytik und Bewertung
AMP 1	KB 1 + KB 2	Asphalt	PAK / Phenolindex, RuVA-StB
AP 2	KB 3	Asphalt	PAK / Phenolindex, RuVA-StB
AMP 3	KB 4 - KB 6	Asphalt	PAK / Phenolindex, RuVA-StB
BMP 4	SCH 2 - SCH 4	Auffüllung	Ersatzbaustoffverordnung Boden, DepV
BMP 5	RKS 3 + 4 Haus 1	Auffüllung	Ersatzbaustoffverordnung Boden, DepV
BMP 6	RKS 5 - RKS 10 Haus 2	Auffüllung	Ersatzbaustoffverordnung Boden, DepV
BMP 7	RKS 1 + RKS 2 Haus 1	Verwitterungslehm	Ersatzbaustoffverordnung Boden, DepV
BMP 8	SCH 3 + SCH 4	Flussschotter	Ersatzbaustoffverordnung Boden, DepV
MP 9	RKS 9	Auffüllung, auffällig	PAK, LHKW, MKW, BTEX
BMP 10	RKS 2	Tonsteinersatz	DIN 18121, DIN 18123
BMP 11	RKS 5	Verwitterungslehm	DIN 18121, DIN 18123
BMP 12	RKS 1+2	Sandsteinersatz	DIN 18121, DIN 18123
WP 13	Untergrund Haus 1	Grundwasser	DIN 4030
WP 14	Untergrund Haus 2	Grundwasser	DIN 4030

5 Beschreibung der Bodenschichten und Baugrundmodell

Auf der Grundlage der ingenieurgeologischen Ansprache im Rahmen dieser Baugrunderkundung lassen sich am Standort 4 Schichten mit folgenden Mächtigkeiten unter GOK aushalten:

bis ca. 1,00 - 5,00 m unsortierte Auffüllungen und Rückverfüllungen mit geringen Anteilen anthropogener Beimengungen, leicht- bis mittelplastische Schluff-Ton-Gemische mit kiesig-steinigen Beimengungen

bis ca. 1,00 - 1,60 m Auelehm/Decklehm, schluffige bis stark schluffige Sande bzw. leicht- bis mittelplastische Schluff-Ton-Gemische

bis ca. 1,00 - 2,00 m Flusskies, schluffige bis stark schluffige Kies-Sand-Gemische

bis ca. 1,60 - 5,00 m Verwitterungslehme und Sandsteinersatz, Schluff-Sand-Gemische bis schluffig-sandige Kiese

ab ca. 4,00 - 5,00 m Tonstein mit Sandstein-Lagen, stark bis mäßig verwittert

Auffüllungen wurden mit den Aufschlüssen bis in Tiefen von mehreren Metern Mächtigkeit unter derzeitiger Geländeoberkante nachgewiesen, wobei es sich insgesamt um stark lehmige Böden handelt. Darunter folgten zum Teil lehmige und kiesige Flussablagerungen sowie unterlagernd die fein- bis gemischtkörnigen Verwitterungsböden. Ab Tiefen von ca. 4 m ist gesichert mit Festgestein zu rechnen, wobei zonal die Felsgrenze auch höher liegen kann.

Der allgemeine Schichtenaufbau wird auf der Grundlage der durchgeführten Baugrundaufschlüsse nachstehend beschrieben.

Die Auswertung der umwelttechnischen Untersuchungen erfolgt unter Abschnitt 9.

5.1 Konstruktionsschichten und Auffüllungen

Schicht 1a: Asphaltoberbau

Die vorhandenen Zufahrten und Pausenhöfe um den Baubestand sind im untersuchten Bereich mit Asphalt in einer Schichtstärke zwischen 4 cm und 24 cm befestigt. Die entnommenen Bohrkerns setzten sich aus 1 bis 2 Schichten zusammen und zeigten keine sensorischen Auffälligkeiten bezüglich Aussehen und Geruch. In nachstehender Tabelle ist der Schichtenaufbau (von oben nach unten) dargestellt.

Tabelle 3: Aufgeschlossene Asphaltmächtigkeiten im Untersuchungsbereich

Aufschluss	Asphaltstärke	Bemerkungen
KB 1	16 cm	4 cm ADS, 12 cm ATS, sensorisch unauffällig
KB 2	24 cm	7 cm ADS, 17 cm ATS, sensorisch unauffällig
KB 3	4 cm	4 cm ADS sensorisch unauffällig
KB 4	8 cm	8 cm ATDS, sensorisch unauffällig
KB 5	8 cm	8 cm ATDS, sensorisch unauffällig
KB 6	23 cm	17 cm ATDS, 6 cm ATS _{alt} , sensorisch unauffällig



Bild 2: Bohrkerns KB 1 und KB 2



Bild 3: Bohrkern KB 3



Bild 4: Bohrkerne KB 4 bis KB 6

• Schicht 1b: Schottertragschicht (SoB)

Mit den Bohrungen RKS 6 und RKS 7 auf der Ostseite des bestehenden Hauses II wurde eine geringmächtige, ca. 5 - 7 cm starke Schicht eines schwarzen bis schwarzgrauen Basaltschotters aufgeschlossen. Die Lagerungsdichte der Schotterauffüllung wurde anhand des Bohrwiderstands als mitteldicht eingeschätzt.

Tabelle 4: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1b - Schotter (SoB)

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe (DIN 18196):	[GE], [GI], [GW], A
Benennung (DIN EN ISO 14688-1):	saGr, sa*Gr, coGr
Lagerung:	mitteldicht
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Verdichtungsfähigkeit:	gut
Erdbautechnische Eignung als Planum:	-
Rohraufleger:	-
Graben-/Arbeitsraumverfüllung:	geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09):	K 3 (leicht lösbarer Boden)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 1 (nicht frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 1

• Schicht 1c: unsortierte Auffüllungen

Unter den Konstruktionsschichten der befestigten Flächen wurden in den Bohrungen und Schürfungen überwiegend anthropogene Auffüllungen sehr wechselhafter Zusammensetzung angetroffen, deren Einbau vermutlich der Geländeneivellierung und -anhebung diente sowie Rückverfüllungen der Arbeitsräume des Baubestandes darstellen. Diese Auffüllungen reichten z. T. bis in Tiefen von 5,00 m < GOK. Zumeist handelte es sich um sandig-schluffige Lehmböden mit wechselnden Anteilen an kiesigen und steinigen Komponenten. Letztere waren z. T. Gesteinsschutt aus ortständigem Sandstein und Tonstein, teilweise waren auch anthropogene Beimengungen wie Kalksteinschotter sowie Betonbruch auszumachen. Anteilig wurden Ziegelbruch, Kunststoff sowie anderweitige Fremdbeimengungen angetroffen. Die Färbung der Auffüllböden schwankte zwischen grauen, braunen, rotbraunen und teils dunkelgrau bis schwarzen Farben. In der Schürfung 2 wies der Auffüllboden einen hohen organischen Anteil auf und zeigte eine torfartige Zusammensetzung.

Die Konsistenz der bindigen Auffüllungen war überwiegend steif, die Lagerungsdichte wurde als locker bis mitteldicht eingeschätzt. Die Schlagzahlen der DPH in den Auffüllungen schwanken deutlich und liegen bei ≤ 10 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Der Auffüllboden wird überwiegend den Bodengruppen GU/GU* sowie SU*, TL und UL nach DIN 18196 zugeordnet.

In der Bohrung RKS 9 wurde in einer Tiefe zwischen 1,30 m und 2,40 m < GOK ein aromatischer Geruch festgestellt (mineralölartig). Von dieser Schicht wurde daher eine Einzelprobe zur umweltchemischen Analyse entnommen.

Tabelle 5: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1c - unsortierte Auffüllungen

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe DIN 18196:	[GU], [GU*], [SU], [SU*], [TL], [UL], A
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	sigr-gr*Sa, cl'sisaGr, clsa-sa*gr*Si, sisa-sa*gr' gr*Cl
Konsistenz / Lagerungsdichte:	steif / locker
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	gering
Zusammendrückbarkeit:	groß
Verdichtungsfähigkeit:	sehr schlecht
Erdbautechnische Eignung	
----- als Gründungshorizont:	ungeeignet für einen direkten Lastabtrag
----- als Hinterfüllmaterial:	nur in Verbindung mit Aufbereitung durch Bindemittel geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300)	K 3 - K 5 (leicht bis schwer lösbarer Boden)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 2 - F 3 (frostempfindlich bis sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 2 - V 3



Bild 5: organischer Auffüllboden (Mudde), Schurf 2



Bild 6: stark plastifizierter, lehmig-kiesiger Auffüllboden, Schurf 4



Bild 7: Auffüllung mit deutlichen Verfärbungen in der RKS 9



Bild 8: Auffüllung mit deutlichen Verfärbungen in der RKS 4

Die beiden Baubereiche der geplanten Campusgebäude sind aufgrund der Vornutzung bzw. der vorhandenen Bebauung bis in mehrere Tiefe anthropogen beeinflusst.

• **Schicht 1d: Oberboden, teilw. als Auffüllung**

Im Bereich ohne anthropogene Beeinflussung wird die Geländeoberkante von einem 20 cm bis zu 80 cm mächtigen braunen bis dunkelbraunen, tonig-schluffigen, teilweise aufgefüllten Oberboden gebildet. Dieser lag zum Erkundungszeitpunkt in lockerer Lagerung vor.

Tabelle 6: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1d - Oberboden

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe (DIN 18196):	OU, OH, [OU], [OH], A
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	clSi
Lagerungsdichte:	locker
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300):	K 1 (Oberboden)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 2 - F 3 (mittel bis sehr frostempfindlich)

5.2 Natürlicher Untergrund

Schicht 2: Deck- / Auelehm

Unter den Auffüllungen wurde mit einigen der Aufschlüsse (RKS 1, RKS 2, SCH 1, RKS 9) ein bis zu ca. 1,50 m starker Lehm Boden angetroffen, bei dem es sich um einen fluviatil abgelagerten Deck-/Auelehm der angrenzenden Vorflut handelt.

Tabelle 7: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 - Deck-/Auelehm

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe (DIN 18196):	SU*, UL, SU
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	gr'si*Sa, cl'fsagr*Si
Konsistenz:	weich, weich - steif
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	sehr gering
Zusammendrückbarkeit:	sehr groß
Verdichtungsfähigkeit:	sehr schlecht
Erdbautechnische Eignung	
----- als Gründungshorizont:	ungeeignet für einen direkten Lastabtrag
----- als Hinterfüllmaterial:	nur in Verbindung mit Aufbereitung durch Bindemittel geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09):	K 4 (mittelschwer lösbarer Boden)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 2 - V 3

Die Färbung ist ockerfarben, braun bis hellgrau. Der Boden ist von weicher bis steifer Konsistenz, die Schlagzahlen der Rammsondierungen liegen in einem Bereich bis max. 5 Schläge je 10 cm Eindringtiefe. Der Lehmboden ist insgesamt als gering kiesiger, stark sandiger Schluff bzw. stark schluffiger Feinsand mit kiesigen Beimengungen anzusprechen und vorrangig den Bodengruppen UL und SU* nach DIN 18196 zuzuordnen.



Bild 9: Deck-/Auelehm RKS 1

• Schicht 3: Flusskies, verlehmt

Unter den feinkörnigen Sedimentablagerungen folgt in der Bohrung RKS 1 der grobklastische Flusskies als weitere Terrassenablagerung. Diese Kiesablagerungen sind jedoch nur lückenhaft und eher geringmächtig ausgebildet. Es handelt sich hier vermutlich um eine in wachsender Entfernung von der Werra auslaufende Terrassenschotterablagerung. Der braun/graue, rotbraune bis ockerfarbene Kiesboden ist teils stark verlehmt und setzt sich aus sandigem, stark schluffigem Kies zusammen. Der Anteil an Feinkorn (Kornanteile $\leq 0,063$ mm) kann in diesem Boden zwischen 10 bis 40 Ma.-% schwanken. Aus den Schlagzeilen der DPH mit 5 bis 10 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe lässt sich eine lockere bis mitteldichte Lagerung ableiten.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 an der Probe BMP 7 zeigen das Sediment als schluffigen, sandigen Kies mit einem Schlämmkornanteil von 10,7 Ma.-% bei einem Wassergehalt von 11,7 %. Dementsprechend liegt hier eine geringer verlehnte Varietät des Flusskieses vor, welcher den Bodengruppen GU und ggf. bei höherem Feinkornanteil als GU* nach DIN 18196 zuzuordnen ist.



Bild 10: verlehmt Auekies (RKS 1)

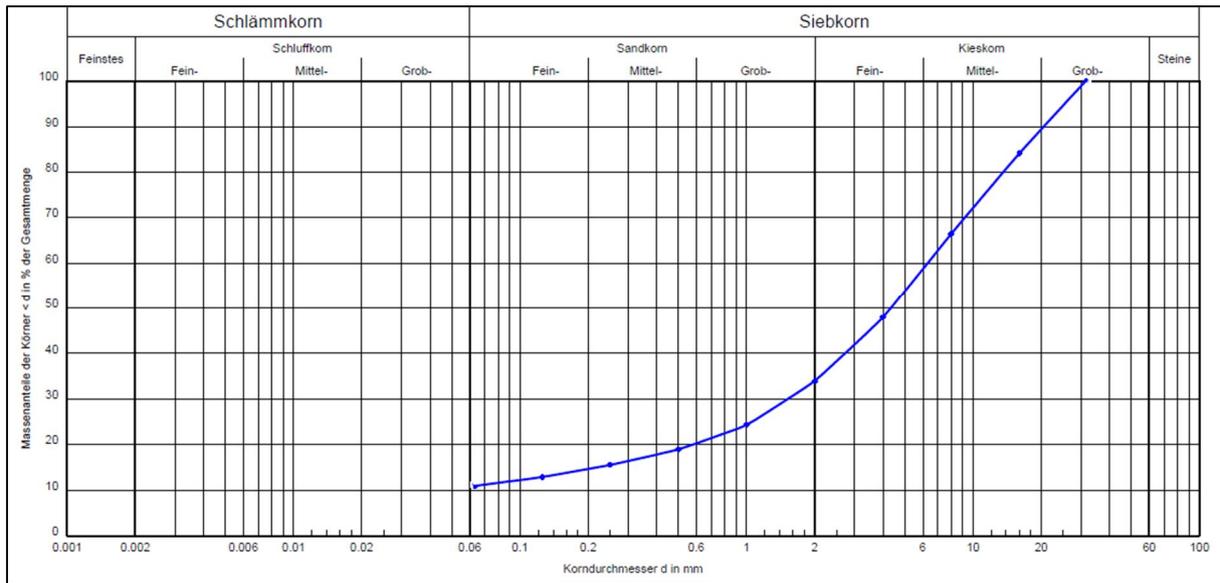


Bild 11: Ermittelte Körnungslinie Flusskiesablagerung

Tabelle 8: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 3 - Auekies, verlehmt

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe (DIN 18196):	GU, GU*
Kurzzeichen (DIN EN ISO 14688-1):	si*saGr, sisaGr, si'saGr
Lagerung:	mitteldicht
Eigenschaften und bautechnische Eignung	
Scherfestigkeit:	mäßig
Zusammendrückbarkeit:	gering
Verdichtungsfähigkeit:	mäßig
Erdbautechnische Eignung	
als Gründungshorizont:	geeignet für geringe bis mittlere Lasten
als Hinterfüllmaterial:	nur in Verbindung mit Abtrocknung bzw. Aufbereitung/Verbesserung durch Bindemittelzugabe geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09):	K 3 - K 5 (leicht - schwer lösbarer Boden)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 2 - F 3 (gering - sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V1 - V2

• **Schicht 4: Verwitterungsböden Tonstein/Sandstein**

In den Bohrungen RKS 1 bis RKS 10 befand sich unter den unsortierten Auffüllungen bzw. den fluviatilen Sedimenten der natürliche Verwitterungsboden der unterlagernden Ton- und Sandsteine des Röts.

Die autochthonen Verwitterungsböden der unterlagernden Sand-/Schluff-/Tonsteine werden von leicht- bis mittelplastischen, kiesigen/sandigen Schluff-Ton-Gemischen bzw. von tonigen/schluffigen Sanden mit eingelagerten Festgesteinsbruchstücken in Kies Korn und Steingröße gebildet. Vereinzelt können diese auch als schluffiger Kies angesprochen werden. Die Färbungen des Verwitterungsbodens variierten zwischen hellgrau, grau bis rotbraun. Die Konsistenz des gewachsenen Lockergesteines wurde in der Feldansprache vorwiegend als weich bis halbfest, mit zunehmender Tiefe als halbfest bis fest, eingeschätzt.

Mit der Schweren Rammsondierung (DPH) wurden in den Verwitterungsböden Schlagzahlen von anfänglich 5 - 10 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe erreicht, die jedoch mit der Tiefe sehr schnell auf Werte > 10 bis 50 anstiegen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Ergebnisse der Untersuchung der Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 an den Proben BMP 10 (verwitterter Tonstein), BMP 11 (Verwitterungslehm Tonstein) und BMP 12 (Sandsteinersatz). Die Schlämmkornanteile liegen zwischen 25,6 und 41,6 Ma.-%, die Wassergehalte schwanken zwischen 12,9 und 16,2 %.

Die Verwitterungsböden lassen sich somit als stark schluffiger, unterschiedlich kiesiger Sand bis schluffig-sandiger Kies einstufen. Sie werden den Bodengruppen SU*/UL/TM/GU/GU* nach DIN 18196 zugeordnet.

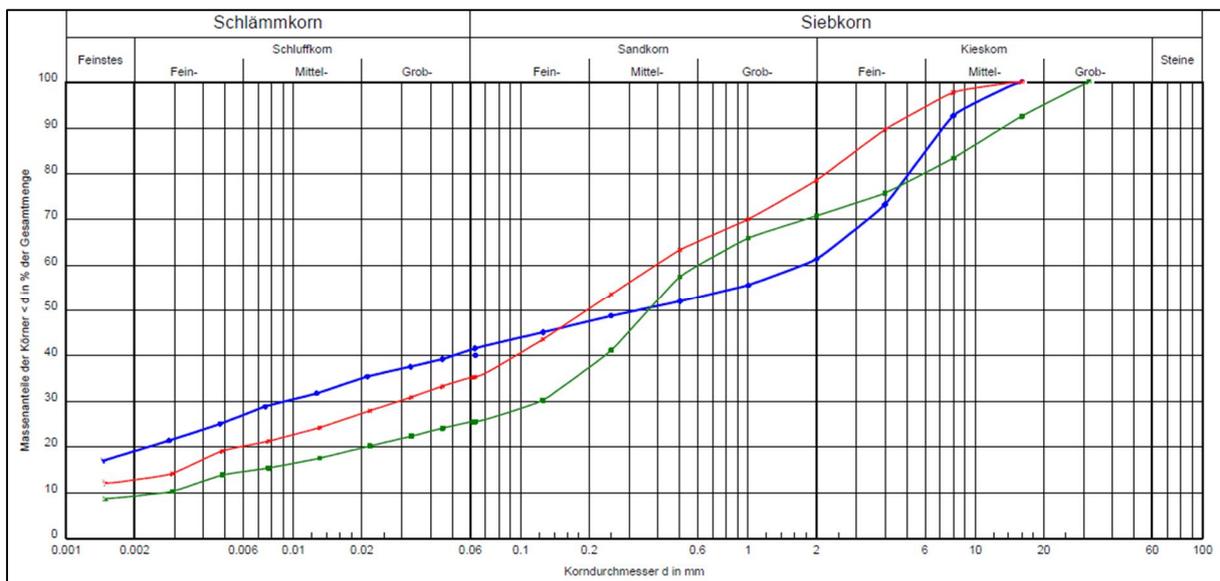


Bild 12: Körnungslinien Verwitterungsböden

Tabelle 9: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 4 - Verwitterungsböden

Schichtbeschreibung	
Bodengruppe (DIN 18196):	SU*/UL/TL/GU/GU*
Benennung (DIN EN ISO 14688-1):	sagr'Si, clsi*grSa, clsa*Si, si*saGr
Lagerungsdichte/Konsistenz:	mitteldicht / steif, steif - halbfest, zonal weich bis steif
Eigenschaften und bautechnische Eignung	
Scherfestigkeit:	mäßig - gut
Zusammendrückbarkeit:	mittel
Verdichtungsfähigkeit:	mäßig
Erdbautechnische Eignung als:	
Gründungshorizont:	geeignet für geringe bis mittlere Lasten
Hinterfüllmaterial:	nur in Verbindung mit Abtrocknung bzw. Aufbereitung/Verbesserung durch Bindemittelzugabe geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (18300:2012-09):	K 4 - K 5 (mittelschwer bis schwer lösbarer Boden)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	F 3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB):	V 3



Bild 13: Verwitterungslehm des Tonsteins (RKS 1)



Bild 14: Sandsteinersatz (RKS 2)

- **Schicht 5: Gesteine des Mittleren Buntsandsteins, stark bis schwach verwittert**

Ab Tiefen um etwa 3,80 m wurde in den Bohrungen RKS 1 bis RKS 3 im Bereich von Haus 1 das Festgestein in Form von Tonsteinen mit Zwischenlagen von Sandstein angetroffen.

Die Tonsteine präsentierten sich als graue, ockerfarbene bis gelbliche Tonsiltsteine mit sandigen Zwischenlagen. Die Tonsiltsteine sondern blättrig bis dünnplattig ab und sind teilweise zu einem sandig-schluffig-kiesigen Boden halbfester bis fester Konsistenz zersetzt. Die Felsgrenze ist dabei undulierend ausgebildet, d. h. unscharf und fließend.

Der Übergang zum stark verwitterten Festgestein lässt sich anhand der durchgeführten Bohrungen und Sondierungen vor allem durch eine deutliche Zunahme der DPH-Schlagzahlen auf Werte von > 20, im weiteren Verlauf bis zu > 50 bis 70 Schläge je 10 cm Eindringtiefe, ableiten.

Mit der Tiefe sind mäßig hohe bis hohe Gesteinsfestigkeiten zu erwarten. Nachstehende Tabelle beschreibt die Gesteinseigenschaften.

Tabelle 10: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 5 - Ton-/Tonsiltstein, verwittert

Schichtbeschreibung	
Felsgruppe gemäß FGSV:	feinkörnige Sedimentgesteine (SF)
Verwitterungszustand:	zersetzt zu TL/SU* (VZ), mit der Tiefe brüchig-mürb (VE)
Festigkeit:	entfestigt, brüchig mürb
Schichtung:	blättrig - dickplattig
Bautechnische Eigenschaften und Eignung	
Scherfestigkeit:	groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Erdbautechnische Eignung	
als Gründungshorizont:	geeignet für mittlere bis hohe Lasten
Als Hinterfüllmaterial:	nach Aufbereitung geeignet, ggf. Wasserzugabe
Bautechnische Klassifizierung	
Boden-/Felsklasse (DIN 18300):	K 6 (leicht lösbarer Fels und vergleichbarer Boden) lokal K 7 (schwer lösbarer Fels)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB):	frostveränderliches Gestein: F 3 (sehr frostempfindlich)



Bild 15: blättrig bis dickplattig abgesonderter Tonsiltstein, RKS 1

6 Vorschlag zur Festlegung der Homogenbereiche

Die aktuelle ATV-Normenreihe sieht die Verwendung/Zusammenfassung von bauverfahren-spezifischen 'Homogenbereichen' anstatt der bisherigen Einstufung in Boden-/Felsklassen (DIN 18300:2012) vor. Hierbei sind bautechnische und umweltrelevante Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Das geplante Vorhaben gehört nach DIN 1054 zu der Geotechnischen Kategorie GK 2.

Im Folgenden werden Vorschläge für die mögliche Einteilung von Homogenbereichen bezüglich der Erdarbeiten 'Lösen und Laden' nach DIN 18300 (EA) erarbeitet. Diese sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt:

Tabelle 11: Homogenbereiche Mineralböden

		Homogenbereich O 1	Homogenbereich B 1	Homogenbereich B 2
ortsübliche Bezeichnung		Oberboden	lehmmige Auffüllungen, Deck-, Aue- und Verwitterungslehm	Flussskies
Baugrundschrift Nr.		1a	1c, 2, 4	3
Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 (bis 63 mm)	Ton: ≤ 0,002 Schluff: > 0,002 - 0,06 Sand: > 0,06 - 2,0 Kies: > 2,0 - 63 mm	-	5 - 15 % 30 - 60 % 30 - 70 % 20 - 40 %	2 - 12 % 10 - 40 % 20 - 60 % 20 - 70 %
Anteil Steine/Blöcke nach DIN ISO 14688-1		0 - 2 Ma.-%	0 - 20 Ma.-%	0 - 10 Ma.-%
Dichte, feucht		1,6 - 1,7 g/cm ³	1,8 - 2,0 g/cm ³	1,9 - 2,0 g/cm ³
undrionierte Scherfestigkeit		n. b.	20 - 150 kN/m ²	0 - 30 kN/m ²
Wassergehalt		8 - 15 Ma.-%	15 - 25 Ma.-%	10 - 18 Ma.-%
Plastizität		leicht	leicht - (mittel)	keine - leicht
Konsistenz		steif	weich - fest, zonal breiig	steif - halbfest
Lagerungsdichte		-	-	locker - mitteldicht
Wasserdurchlässigkeit		n. b.	10 ⁻⁸ m/s - 10 ⁻⁶ m/s	10 ⁻⁵ m/s - 10 ⁻³ m/s
Organischer Anteil		3 - 8 Ma.-%	< 5 Ma.-% Auelehm zonal > 20 Ma.-%	< 3 Ma.-%
Bodengruppe nach DIN 18196		OU, OH, [OU], [OH] A	SU, SU*, OU, OH, UL, TL, [GU], [GU*], A	GU, GU*
Bodenklasse nach DIN 18300		1	2 - 5	3 - 5
Boden- / Felsklassen DIN 18 301		-	BB 1 - BB 3 BN 1 - BN 2 zonal BO 1 - BO 2 BS 1	BN 1 - BN 2 BS 1 - BS 3
Nassbaggerarbeiten nach DIN 18 311		-	BOB 1 - BOB 2	NB 1 - NB 4
Abrasivität (CAI)		0	0,3 - 0,5	0,5 - 1,0
LCPC LAK (g/t)		0 - 50	50 - 100	250 - 500
DIN 18300		EA O	EA B1	EA B2
DIN 18301		BA O	BA B1	BA B2
DIN 18303		VA O	VA B1	VA B2
DIN 18304		RRP O	RRP B1	RRP B2

Tabelle 12: Homogenbereich Festgestein

	Homogenbereich X 1
ortsübliche Bezeichnung	Oberer Buntsandstein - Tonsiltstein mit Feinsandsteinlagen
Benennung von Fels	genetische Einheit: Sedimentgestein, fein-/mittelkörnig Raumausfüllung: dicht - porös
Dichte	2,1 - 2,4 kN/m ³
Verwitterung, Veränderungen und Veränderlichkeit	Verwitterung/Veränderung: stark verwittert - zersetzt bis entfestigt Veränderlichkeit: stark veränderlich
Druckfestigkeit des Gesteins	Tonsiltstein: 1 - 20 N/mm ² Feinsandstein: 20 - 80 N/mm ²
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	Trennflächenrichtung: - Trennflächenabstand: fein laminiert - dünn / eng- bis mittelständig Gesteinskörperform: tafelförmig - prismatisch
Abrasivität (CAI)	abrasiv - stark abrasiv 1,0 - 3,0
LCPC LAK (g/t)	250 - 500
Boden- / Felsklassen DIN 18 301	FV 1 - FV 2, bei vollständiger Verwitterung BB 3-BB 4 FD 1 - FD 2
Nassbaggerarbeiten nach DIN 18 311	BOB 3 - BOB 4 (VZ) und F 1 - F 2 (VE-VA)
DIN 18300	EA X
DIN 18301	BA X
DIN 18303	VA X
DIN 18304	RRP X

Die Deck-/Auelehme (Schicht 2) neigen unter Wasserzutritt bzw. bei Aushub im Grundwasserbereich sowie und/oder dynamischer Beanspruchung zum Ausfließen und können beim Lösen in breiige Konsistenzen der Bodenklasse 2 übergehen.

7 Berechnungskennwerte

Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen sowie auf der Grundlage der DIN 1055 können für die erbohrten Untergrundschichten die in nachstehender Tabelle aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 4: Zusammenstellung der charakteristischen Kennwerte

Baugrundschrift / Homogenbereich	Wichte, erdfeucht γ_k in kN/m ³	Wichte u. Auftrieb γ'_k in kN/m ³	Reibungswinkel φ_k in °	Kohäsion c_k in kN/m ²	Steifemodul $E_{s,k}$ in MN/m ²
Schicht 1c / B 1	19	9	27	0 - 5 (3)	10 - 15 (12)
Schicht 2 / B 1	18	9	25	0 - 2	3 - 8 (5)
Schicht 3 / B 1	18 - 19	8 - 9	35	0 - 5 (3)	40 - 60 (50)
Schicht 4 / B 1	19 - 20	10	25	10 - 20	20 - 30
Schicht 5 / X 1	21 - 23	11 - 13	35	10 - 30 ¹⁾	20 - > 80 ¹⁾

¹⁾ abhängig von Verwitterungszustand

Die dargestellten Kennwerte beschreiben die mechanischen Eigenschaften der anstehenden Böden im vorhandenen Plastizitäts-/Lagerungszustand bzw. Festgesteine im Verwitterungszustand. Die Werte für die Tragfähigkeit (Steifemodul) sowie für die Scherparameter sind als Erfahrungswerte zu betrachten und stellen Schätzwerte zur überschlägigen Ermittlung von Setzungsbeträgen dar.

8 Grundwasserführung und Durchlässigkeit

Die Beurteilung der Grundwasserverhältnisse stützt sich auf die im Zuge der Baugrunderkundung niedergebrachten Rammkernsondierungen. Die fluviatilen Sedimente bilden generell den Lockergesteinsaquifer des Talgrundes. Aufgrund der überwiegend stark bindigen Ausbildung als Deck-/Auelehm können die Grundwässer zonal gespannt bzw. lediglich als vereinzelte Stauwasserhorizonte ausgebildet sein. In nachstehender Tabelle sind die gemessenen Wasserstände nach Bohrende zusammengefasst.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Wasserstände

Aufschluss	Wasserspiegel unter GOK	Wasserspiegel ü. NHN
RKS 1	2,10 m	376,27 m
RKS 2	3,80 m	376,52 m
RKS 3	3,70 m	377,37 m
RKS 4	1,00 m (angestiegen auf 0,90 m)	379,99 (380,09 m)
SCH 1	1,00 m (angestiegen auf 0,70 m)	377,74 m (378,04 m)
SCH 2	2,80 m (angestiegen auf 2,70 m)	378,25 m (378,35 m)
SCH 3	2,80 m (angestiegen auf 2,70 m)	378,06 m (378,16 m)
SCH 4	1,00 m (angestiegen auf 0,90 m)	380,17 m (380,27 m)
RKS 5	2,45 m	373,43 m
RKS 7	nicht messbar (Bohrloch zugeedrückt)	-
RKS 8	nicht messbar (Bohrloch zugeedrückt)	-
RKS 9	nicht messbar (Bohrloch zugeedrückt)	-
RKS 10	nicht messbar (Bohrloch zugeedrückt)	-

Das in den Schürfungen beobachtete Ansteigen des Grundwasserspiegels muss nicht zwingend gespannte Verhältnisse bedeuten. Es kann sich um ein langsames Nachfließen aufgrund der eher geringen Durchlässigkeit der Auffüllungen handeln.

Für die erbohrten, natürlichen Untergrundschichten werden in nachstehender Tabelle Durchlässigkeitsbeiwerte auf der Grundlage von Erfahrungen und Literaturwerten angegeben.

Tabelle 6: Durchlässigkeitsbeiwerte

Baugrundsicht / Homogenbereich	Durchlässigkeitsbeiwert k	Bewertung
Schicht 1c / A 1	10^{-8} m/s bis 10^{-5} m/s	schwach durchlässig - durchlässig
Schicht 2 / B 1	10^{-8} m/s bis 10^{-7} m/s	schwach durchlässig
Schicht 3 / B 1	10^{-5} m/s bis 10^{-3} m/s	durchlässig - stark durchlässig
Schicht 4 / B 1	10^{-8} m/s bis 10^{-7} m/s	schwach durchlässig
Schicht 5 / X 1	10^{-7} m/s bis 10^{-6} m/s ¹⁾	mäßige - geringe Gebirgsdurchlässigkeit

¹⁾ abhängig von der Zerrüttung und Zerklüftung sowie Kluftausbildung

In den angelegten Baggerschürfen waren Versickerungsversuche vorgesehen. Es zeigte sich, dass in den Schürfen ein rascher Wasserzutritt stattfand (vgl. nachstehende Abbildung).



Bild 16: Baggerschürfung mit raschem Schichtenwasserzutritt

Es ist anzunehmen, dass es sich dabei um Schichten-/Stauwasser, dessen Zutritts-geschwindigkeit von der eher geringen Durchlässigkeit der aufgefüllten Böden ursächlich ist. Die Durchführung von Versickerungsversuchen war daher nicht möglich.

Von dem Schichtenwasser wurden zwei Wasserproben (WP 13 und WP 14) entnommen und auf die Betonaggressivität nach 4030 untersucht.

Dabei wurde die Wasserprobe WP 13 aus dem Baubereich um Haus 1 entnommen, die Wasserprobe WP 14 aus dem Bereich von Haus 2. Die Prüfberichte sind als Anhang 1 dem Geotechnischen Bericht beigefügt.

Nach den Analyseergebnissen ist das Wasser der Probe WP 13 (Haus 1) als schwach betonangreifend (Expositionsklasse XA 1) einzustufen. Ausschlaggebend hierfür war dabei der Parameter Sulfat. Dementsprechend sind Schutzmaßnahmen für Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 erforderlich. Das Wasser aus der Probe WP 14 (Haus 2) ist als nicht betonangreifend (Expositionsklasse XA0) einzustufen. Die unterschiedliche Beurteilung kann mit einem verstärkten Eintrag von Sulfat in das Grundwasser aus den aufgefüllten Böden im Bereich der Schürfungen 1 bis 4 zusammenhängen, die evtl. auf gipshaltige Bauschuttreste zurückzuführen sind (vgl. dazu auch die Prüfergebnisse zu den Bodenproben BMP 4 und BMP 5 in den folgenden Abschnitten).

9 Umwelttechnische Untersuchungen

9.1 Asphaltbefestigung

Die entnommenen Asphaltproben AMP 1 bis AMP 3 wurden durch das Labor BVU GmbH aus Markt Rettenbach hinsichtlich pechtypischer Bestandteile untersucht. Der Laborprüfbericht ist als Anhang 2 beigefügt.

Bezüglich eines Wiedereinbaus bzw. einer Verwertung von Straßenaufbruch sind generell die „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ (RuVA-StB 01) zu beachten. In Abhängigkeit vom PAK-Gehalt und vom Phenolindex im Straßenausbaustoff erfolgt eine Zuordnung in die entsprechende Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01, Tab. 1.

Tabelle 7: Auswertung der Asphaltanalysen

Probe Nr.	Entnahmeort	Σ PAK	Phenolindex	Verwertungsklasse ¹⁾
AMP 1	KB 1 + KB 2	3,49 mg/kg	< 0,01 mg/l	A
AP 2	KB 3	1,09 mg/kg	< 0,01 mg/l	A
AMP 3	KB 4 - KB 6	1,97 mg/kg	< 0,01 mg/l	A

¹⁾ nach Tab. 1 der RuVA-StB 01: Verwertungsklasse A: PAK ≤ 25 mg/kg, Phenolindex ≤ 0,1 mg/l
 Verwertungsklasse B: PAK > 25 mg/kg, Phenolindex ≤ 0,1 mg/l
 Verwertungsklasse C: Phenolindex > 0,1 mg/l

²⁾ n. b.: nicht berechenbar, da die Einzelparameter unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen

Mit dem Aufbruch der Fahrbahnbefestigung im Baubereich fällt Ausbauasphalt ohne Verunreinigung (Verwertungsklasse A) an.

Das Aufbruchmaterial der Verwertungsklasse A kann entsprechend RuVA-StB 01 als Asphaltgranulat im Heißmischverfahren wieder eingebaut werden. Das Aufbruchmaterial kann als nicht gefährlicher Abfall deklariert werden (Abfallschlüssel 17 03 02 - Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen).

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse und die Bewertung der gebundenen Ausbaustoffe im Rahmen der Baugrunderkundung sind lediglich als Voruntersuchung/Erstbewertung zu betrachten.

9.2 Auffüllungen

Die Proben der Auffüllungen aus dem Bereich von Haus 1 (BMP 4: Schurf 2 – 4; BMP 5: RKS 3+4) und Haus 2 (BMP 6: RKS 6+7) wurden durch das Labor BVU Bioverfahrenstechnik und Umweltanalytik aus Markt Rettenbach nach Mantelverordnung Ersatzbaustoffe Tabellen 3 + 4 in Anlage 1 (Bodenmaterial und Baggergut) sowie nach DepV 2012, Anhang 3, Tabelle 2 analysiert. Das auffällige Auffüllmaterial aus dem Bereich der Bohrung RKS 9 (BMP 9) wurde auf Mineralölkohlenwasserstoffe MKW C10-C22 und MKW C10-C40 sowie auf BTXE, LHKW und den Summenparameter PAK untersucht. Die Prüfberichte liegen als Anhänge 3 bis 5 dem Geotechnischen Bericht bei.

Baubereich Haus 1

In der Bodenprobe BMP 4 des Auffüllmaterials wurden erhöhte Meßwerte für die Parameter elektrische Leitfähigkeit und Sulfatgehalt im Eluat festgestellt. Der Sulfatgehalt im Eluat hält dabei den Zuordnungswert für die Materialklasse BM-F1 ein. In der Bodenprobe BMP 5 des Auffüllmaterials hält der Sulfatgehalt im Eluat dabei den Zuordnungswert für die Materialklasse BM-F3 ein. Quelle für den Sulfatgehalt können gipshaltige anthropogene Anteile (Bauabfälle) in den Auffüllungen sein, es ist jedoch aufgrund der im Baubereich vorhandenen gipshaltigen Gesteine des Röt auch eine geogene Vorbelastung möglich. Das Auffüllmaterial kann als BM-F3 eingestuft werden. Die Anwendungsmöglichkeiten in Tabelle 5 der Anlage 2 der Mantelverordnung Ersatzbaustoffe dargestellt.

Tabelle 8: Analysenergebnisse u. Bewertung gemäß EBV Boden/Baggergut, BMP 4

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte									BMP 4	Materialklasse
		BM-0 BG-0 Sand	BM-0 BG-0 Lehm	BM-0 BG-0 Ton	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3			
Feststoff												
TOC	M%	1	1	1	1	5	5	5	5	1,78	BM-F0*	
Eluat												
El. Leitfähigkeit	µS/cm				350	350	500	500	2000	829	(BM-F3)	
Sulfat	mg/l	250	250	250	250	250	450	450	1000	266	BM-F1	

Tabelle 9: Analysenergebnisse u. Bewertung gemäß EBV Boden/Baggergut, BMP 5

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte								BMP 5	Materialklasse
		BM-0 BG-0 Sand	BM-0 BG-0 Lehm	BM-0 BG-0 Ton	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3		
Feststoff											
TOC	M%	1	1	1	1	5	5	5	5	0,94	BM-F0*
Eluat											
El. Leitfähigkeit	µS/cm				350	350	500	500	2000	1302	BM-F3
Sulfat	mg/l	250	250	250	250	250	450	450	1000	454	BM-F3

Die Untersuchungsergebnisse der Bodenmischproben BMP 4 und BMP 5 gemäß Deponieverordnung zeigten keine Überschreitung der Grenzwerte gemäß Spalte 5 der Tab. 2 im Anhang 3. Das Auffüllmaterial kann bei einer geplanten Entsorgung demzufolge auf eine Deponie der Klasse DK 0 verbracht werden.

Baubereich Haus 2

In der Bodenprobe BMP 6 des Auffüllmaterials wurden erhöhte Messwerte für den Parameter Kupfer im Feststoff festgestellt. Es wird der Zuordnungswert für die Materialklasse BM-F1 eingehalten. In der Bodenprobe BMP 5 des Auffüllmaterials hält der Sulfatgehalt im Eluat den Zuordnungswert für die Materialklasse BM-F3 ein. Das Auffüllmaterial kann als BM-F3 eingestuft werden. Die Anwendungsmöglichkeiten sind in Tabelle 5 der Anlage 2 der Mantelverordnung Ersatzbaustoffe dargestellt.

Tabelle 10: Analysenergebnisse u. Bewertung gemäß EBV Boden/Baggergut, BMP 6

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte								BMP 6	Materialklasse
		BM-0 BG-0 Sand	BM-0 BG-0 Lehm	BM-0 BG-0 Ton	BM-0* BG-0*	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3		
Feststoff											
Kupfer	mg/kg	20	40	60	80	80	80	80	320	89	BM-F3

In der Bodenprobe BMP 9 der organoleptisch auffälligen Auffüllungen aus der Bohrung RKS 9 wurden zwar erhöhte Werte für die Parameter BTXE und MKW C10-C22 festgestellt, insgesamt aber werden die Grenzwerte für die Materialklasse BM-0, soweit geprüft, eingehalten. Es wird empfohlen, bei Tiefbauarbeiten in diesem Bereich auf organoleptisch auffälligen Boden zu achten, diesen ggf. zu separieren und bauzeitlich weitere Analysen durchzuführen.

Die Untersuchungsergebnisse der Bodenmischprobe BMP 6 gemäß Deponieverordnung zeigten keine Überschreitung der Grenzwerte gemäß Spalte 5 der Tab. 2 im Anhang 3. Das Auffüllmaterial kann bei einer geplanten Entsorgung demzufolge auf eine Deponie der Klasse DK 0 verbracht werden.

Da es sich bei den chemischen Untersuchungen gemäß Parameterumfang und Bewertung gemäß der EBV (2021) handelt, können bis zum vollständigen in Kraft treten der EBV am 01.08.2023 noch zusätzliche Vorgaben seitens der Länder oder unterer Behörden nach Erstellung dieses geotechnischen Berichtes erfolgen.

Erfolgt eine Verwertung an anderer Stelle bzw. eine Entsorgung, kann das Aushubmaterial als nicht gefährlicher Abfall deklariert werden (Abfallschlüssel nach AVV: 17 05 04 - Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen).

9.3 Natürliche Böden

Die Proben der Bachschotterablagerungen und der Verwitterungsböden (BMP 7 und BMP 8) wurden durch das Labor BVU Bioverfahrenstechnik und Umweltanalytik aus Markt Rettenbach nach Mantelverordnung Ersatzbaustoffe Tabellen 3 + 4 in Anlage 1 (Bodenmaterial und Baggergut) sowie nach DepV 2012, Anhang 3, Tabelle 2 analysiert. Die Prüfberichte liegen als Anhänge 3 bis 4 dem Geotechnischen Bericht bei.

In den Bodenproben BMP 7 und BMP 8 der natürlichen Böden werden mit Ausnahme der elektrischen Leitfähigkeit im Eluat, die auf einen leicht erhöhten Sulfatgehalt zurückzuführen ist, die Grenzwerte für die Materialklasse BM-0* eingehalten. Das Bodenmaterial kann somit der Materialklasse BM-0* zugeordnet werden. Die Anwendungsmöglichkeiten sind in Tabelle 5 der Anlage 2 der Mantelverordnung Ersatzbaustoffe dargestellt.

Die Untersuchungsergebnisse der Bodenmischproben BMP 7 und BMP 8 gemäß Deponieverordnung zeigten keine Überschreitung der Grenzwerte gemäß Spalte 5 der Tab. 2 im Anhang 3. Das Bodenmaterial kann bei einer geplanten Entsorgung demzufolge auf eine Deponie der Klasse DK 0 verbracht werden.

Da es sich bei den chemischen Untersuchungen gemäß Parameterumfang und Bewertung gemäß der EBV (2021) handelt, können bis zum vollständigen in Kraft treten der EBV am 01.08.2023 noch zusätzliche Vorgaben seitens der Länder oder unterer Behörden nach Erstellung dieses geotechnischen Berichtes erfolgen.

Die umwelttechnische Untersuchung und Bewertung der angetroffenen Baugrundsichten erfolgte stichprobenhaft anhand von Mischproben, die aus Einzelproben des Bohrgutes hergestellt wurden.

Die Deklarationen sind daher lediglich als Voruntersuchungen/Erstbewertungen zu betrachten. Es wird empfohlen, zur endgültigen Deklaration ggf. bauzeitliche Haufwerksbehebungen durchzuführen. Entsprechende Lagerplätze sind hierfür vorzusehen.

10 Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlungen Bauwerke

10.1 Allgemeine Angaben

Die Baumaßnahme kann entsprechend EN-1997-1 der geotechnischen Kategorie GK 2 zugeordnet werden.

Das Areal befindet sich in der Frosteinwirkungszone II. Dementsprechend ergibt sich eine frostfreie Mindesteinbindetiefe aller Fundamente und Rohrleitungen bis mindestens 1,00 m unter GOK.

Nach DIN EN 1998-1/NA, 2011 liegt das Untersuchungsgebiet außerhalb von ausgewiesenen Erdbebenzonen. Für das geplante Bauvorhaben wird kein Erdbebennachweis gefordert.

Nach Auswertung der Felduntersuchungen stehen im Baubereich der geplanten Campusgebäude oberflächlich gering tragfähige Baugrundsichten in Form unsortierter, stark lehmiger Auffüllungen sowie der Deck-/Auelehme an.

Schichten mit guter Tragfähigkeit und günstigem Setzungsverhalten stellen die mitteldicht gelagerten Flusskiese, die Verwitterungslehme sowie das unterlagernde Festgestein dar.

Am Standort liegt insgesamt ein geschichteter Baugrundaufbau vor. Jedoch können die einzelnen Baugrundsichten sowohl in ihrer Mächtigkeit als auch Tiefenlage deutlichen Schwanken sowie horizontal auslaufen (z. B. Schicht 3 Flusskiese).

10.2 Gründungsempfehlung und Lastabtrag

Im Nachstehenden werden allgemeine baugrund-/gründungstechnische Empfehlungen aufgezeigt.

Die unsortierten Auffüllungen (Schicht 1c) sowie Deck-/Auelehme (Schicht 2) sind aufgrund des sehr schlechten Tragverhaltens und der hohen Setzungswilligkeit nicht für einen direkten Lastabtrag über Einzel-/Streifenfundamente geeignet.

Im Nachstehenden werden allgemeine Empfehlungen zur Gründung gegeben.

Elastisch gebettete Bodenplatten

Die Gründung bzw. der Lastabtrag kann generell mittels elastisch gebetteter Bodenplatten erfolgen.

Bei geringen Bauwerkslasten und setzungsunempfindlicher Konstruktion kann der Lastabtrag über die Deck-/Auelehme (Schicht 2) in Verbindung mit einem lastverteilenden Bodenaustausch bzw. Gründungspolster abgesetzt werden (schwimmende Gründung).

Bei starker Plastifizierung des Untergrundes ist als erste Einbaulage ein Grobschotter bzw. Kleinfels der Körnung 0/100 mm bis max. 0/150 mm in einer Stärke von mindestens 20 cm bis 30 cm in das Aushub-/Rohplanum statisch einzudrücken. Darüber erfolgt der Einbau der eigentlichen Bodenaustausch- bzw. Polsterschicht aus einem klassifizierten Mineralgemisch der Körnung 0/45 mm bis 0/56 mm in einer Mächtigkeit von mindestens 40 cm bis 60 cm. Je nach Sohlspannung und Abmessung kann dann ein Bettungsmodul von $k_s = 3$ bis 5 MN/m^3 in Ansatz gebracht werden.

Wird der Bodenaustausch bzw. das Gründungspolster in o. a. Stärke und mit einem ausreichenden Überstand ($\geq 1,00 \text{ m}$) versehen, kann auf einen Frostriegel verzichtet werden.

Auf der Oberkante der hergestellten Schotterschicht sollte ein Tragwert E_{V2} von ≥ 80 bis 100 MPa erzielt werden. Werden aus statischer Sicht höhere Tragwerte gefordert, ist der Unterbau aus Mineralgemisch bzw. Austauschboden zu verstärken.

Für die Vordimensionierung elastisch gebetteter Gründungsplatten im Flusskies bzw. in den mindestens steifplastischen bis halbfesten Verwitterungsböden kann ein Bettungsmodul von $k_s = 10$ bis 12 MN/m^3 , in den verwitterten Felsschichten von 25 bis 30 MN/m^3 angesetzt werden.

Für die außenliegenden Randbereiche kann auf einer Breite entsprechend der zweifachen Plattendicke mit dem doppelten Wert der Bettungsziffern gerechnet werden.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Bettungsziffer keine Bodenkenngröße darstellt, sondern von Systemwerten wie der Einbindetiefe (Aushubentlastung), den Fundament- bzw. Bauwerksabmessungen, den angreifenden Sohlspannungen sowie der Lastverteilung resultiert.

Die Bemessung der Bodenplatte sollte unter Beachtung der tatsächlich auftretenden Lasten, Gründungs- und Polstertiefen sowie Bauteilsteifigkeiten durchgeführt werden.

Mit fortschreitender Planung sollte generell ein Abgleich mit der tragwerksplanerischen Bemessung unter Beachtung der tatsächlich auftretenden Sohlspannungen, der Bauteil-/ Bauwerksabmessungen, Gründungs- und Polstertiefen sowie Bauteilsteifigkeiten durchgeführt werden.

Einzel- und Streifenfundamente im Flussskies/Verwitterungsboden

Alternativ kann eine Gründung üblicher Bauwerke (kleine und mittelgroße Baulasten) auch über Einzel- und/oder Streifenfundamente im Flussskies bzw. Verwitterungsboden oder unterlagertem Festgestein abgesetzt werden. Die anstehenden Auffüllungen sowie plastifizierten Deck-/Auelehme sind dann jedoch mit allen Fundamenten zu durchfahren, da diese nicht zur Abtragung direkter Lasten geeignet sind. Die Gründungssohle ist entsprechend mit Füllbeton anzuheben oder durch Bodenaustausch aus Mineralgemisch bis auf tragfähigen Untergrund zu führen (Lastausbreitungswinkel beim Bodenaustausch beachten).

Für Fundamentbemessung in den Verwitterungsböden können die in nachstehender Tabelle, in Anlehnung an den vereinfachten Nachweis in Regelfällen nach DIN 1054, angegebenen Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes für Streifenfundamente verwendet werden. Die Bemessungswerte gelten für Fundamentbreiten von b bzw. $b' = 0,5$ bis $2,0$ m und sind abhängig von der Konsistenz des Gründungshorizontes und der jeweils kleinsten Fundamenteinbindetiefe angegeben. Sie beinhalten Grundbruchsicherheit und ein mögliches Setzungsmaß von 2 cm.

Tabelle 20: Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes in kN/m^2 für Streifenfundamente

Konsistenz	steif	halbfest	fest
Einbindetiefe in m			
1	170	240	360
1,5	190	260	390
2	220	310	430

Sollte eine Gründung im stark verwittertem Fels der Schicht 4 erfolgen, kann zur Vordimensionierung ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von 500 kN/m^2 (\approx zul. Sohldruck: $\sigma_{zul.} = 360 \text{ kN/m}^2$) angesetzt werden. Die dabei entstehenden Setzungen sind vernachlässigbar klein ($\leq 1 \text{ cm}$). Bei größeren Fundamentbreiten ($> 2 \text{ m}$) sind die angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes um 10 % je m zusätzlicher Breite zu reduzieren.

Bei Einzel-/Rechteckfundamenten können die o. a. Bemessungswerte um 20 % erhöht werden.

Als Anwendungsvoraussetzung für die o. a. Bemessungswerte sind u. a. zu berücksichtigen:

- die Fundamentsohle ist waagrecht
- das Verhältnis aus Horizontalkraft H_k / Vertikalkraft V_k in der Sohlfläche ist kleiner 0,2
- es treten keine dynamischen Lasten auf

Werden die Anwendungsvoraussetzungen für den vereinfachten Nachweis in Regelfällen nach DIN 1054:2012 nicht erfüllt, sind für die Bauwerksgründung die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit rechnerisch nachzuweisen.

Eine Auflockerung und/oder Aufweichen der Fundamentsohlen ist zwingend zu vermeiden. Generell sind aufgeweichte Partien vor der Betonage/Fundamentherstellung abzuräumen und gegen trag-/verdichtungsfähiges Material oder Beton zu ersetzen. Ausschachtungen sollten prinzipiell zügig betoniert werden. Tiefe Baugruben bis in die grundwasserführenden Kiese sind ohne vorherige Wasserhaltungsmaßnahmen nicht standfest und müssen dann mittels Verbaumaßnahmen gesichert werden.

Es wird eine Abnahme aller Gründungssohlen und Austausch-/Polsterschichten durch einen Geotechnischen Sachverständigen empfohlen.

10.3 Sonstige gründungstechnische Hinweise und Empfehlungen

In Auswertung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind sowohl das Trag- als auch das Setzungsverhalten der oberflächennahen Baugrundsichten als mäßig bis schlecht zu bewerten (Schichten 1 und 2). Demnach sind aus gutachterlicher Sicht für den Lastabtrag prinzipiell großflächige Fundamente in Form elastisch gebetteter Bodenplatten zu bevorzugen. Streifen- und/oder Einzelfundamente sind über die Verwitterungsböden von mindestens steifer bis halbfester Konsistenz abzusetzen (Schicht 4), die Gründungssohle ist dann entsprechend mit Füllbeton anzuheben. Der Füllbeton kann gegen das Erdreich betoniert werden.

Als Ersatz- bzw. Austauschböden sind vorzugsweise Schotter-Splitt-Sand-Gemische vorzusehen. Hierfür haben sich klassifizierte Brechkorngemische mit Kornanteilen von 0/45 mm bis 0/56 mm bewährt. Bei starker Pastifizierung der Aushubsohle bzw. des Rohplanums sollte generell vorab eine Lage Grobschotter bzw. Kleinfels der Körnung 0/100 mm bis 0/150 mm in das weichplastische Planum statisch eingedrückt werden.

In Abhängigkeit der Jahreszeit und bauzeitlicher Witterung sind beim Aushub Schichtenwasserzutritte bzw. zonal ausgebildete Stauwässer zu erwarten, welche über eine offene Wasserhaltung gefasst und kontrolliert aus dem Baubereich zu entfernen sind. Dies betrifft insbesondere tiefere Fundamentgruben bis auf die Zersatzböden der unterlagernden Buntsandsteine.

Die anstehenden Erdstoffe sind als stark wasser- und bewegungsempfindlich einzustufen. Eine übermäßige mechanisch-dynamische Beanspruchung hat eine Reduzierung bzw. Verschlechterung der für den ungestörten Zustand geltenden bodenmechanischen Kennwerte und Eigenschaften zur Folge.

Durch einen auf die Witterungsverhältnisse abgestimmten Baumaschineneinsatz ist auf die bodenmechanische Sensibilität des Untergrundes zu reagieren. Die Baumaßnahmen sollten bei trockener Witterung ausgeführt werden. Während anhaltender Frostperioden und in Zeiten mit relativ hohem Niederschlagsgeschehen und geringer Verdunstung sollten die Erdarbeiten bei fein- und gemischtkörnigen Böden eingeschränkt werden.

Werden im Zuge der Erdarbeiten sensorisch/organoleptisch auffällige Böden und Auffüllungen angetroffen, sind ergänzende Untersuchungen anhand von Haufwerksbeprobungen zur Deklaration erforderlich. Entsprechende Lagerplätze für die Zwischenlagerung sollten vorgehalten werden. Die Zwischenlagerung des Bodenmaterials sollte generell auf befestigten Flächen erfolgen. Organoleptisch auffällige Mineralböden sind vor Niederschlägen (Bedeckung mit einer Folie) zu schützen. Generell sollten alle Mieten vor Niederschlagswasser (Zunahme von Wassergehalten und Nettogewicht) geschützt werden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind die anfallenden Aushubböden als nicht gefährlicher Abfall zu deklarieren und mit der Abfallschlüsselnummer nach AVV: 17 05 04 - Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen, zu versehen.

10.4 Baugruben und Wasserhaltung

Mit dem Baugrubenaushub sind vorwiegend Böden der Klassen 3 bis 5 nach DIN 18300:2012-09 auszuheben. Mit Aushub der Deck-/Auelehme im Grundwasserbereich kann anteilig Boden der Klasse 2 anfallen. Für die Ausbildung von Baugruben ist die DIN 4124 maßgebend.

In Verbindung mit Wasserhaltungsmaßnahmen können Baugruben wie folgt abgebösch werden:

- bis 1,25 m Tiefe: senkrecht
- 45° in den Baugrundsichten 1c, 2 und 3
- 60° in den Baugrundsichten 4 und 5

Baugruben in den Lockergesteinen der Baugrundsichten 1 bis 4 können aus Sicht des Unterzeichners in Abhängigkeit der Bauwerksabmessungen und Platzverhältnisse prinzipiell ohne Verbau hergestellt werden.

Eine Grundwasserabsenkung ist nicht erforderlich. Es ist eine offene Wasserhaltung mit entsprechenden Pumpensämpfen und Schmutzwasserpumpen zur Ableitung von Oberflächen- und Tageswässern sowie zonal schwebenden Grund-/Stauwassers in der Baugrube vorzusehen. Der Wasserandrang wird je nach Tiefe und Größe der Baugrube mit 1 bis 3 l/s abgeschätzt.

Die anfallenden Wassermengen sind des Weiteren stark vom Wasserstand des angrenzenden Grabens sowie der bauzeitlichen Witterung abhängig. Für Wasserhaltungsbemessungen sollte eine Durchlässigkeit der maßgebenden Baugrundsichten oberhalb der Gründungsschichten im Mittel von $k_f = 5 \times 10^{-6}$ m/s als Dimensionierungswert in Ansatz gebracht werden.

Zur Gewährleistung eines raschen Zulaufes ist in den Baugruben generell ein Randgraben, und ggf. bei verstärktem Wasserandrang zusätzlich eine Sicker-/Dränleitung aus Vollsickerrohren DN 100 mm (gelocht oder geschlitzt) als Ringleitung zu verlegen und entsprechend an die Pumpensümpfe anzuschließen. Die Dränleitung ist mit Filterkies der Körnung 16/32 mm zu ummanteln. Auch wird auf die Herstellung einer erforderlichen Flächendränage aus Filterkies auf der Aushubsohle hingewiesen. Die Gräben und Dränagen im Randbereich haben die Aufgabe, das anfallende Wasser schnell zu den Pumpensümpfen/Schachtbrunnen zu leiten und dort ständig oder zeitweise abzupumpen. Dabei sollte das Gefälle der Baugrubensohle mindestens 2 % betragen.

Die Wässer können nach einer Reinigung über einem Absetzbecken dem Kanal oder der vorhandenen Vorflut zugeführt werden. Im Vorfeld sind hier entsprechende wasserrechtliche Genehmigungen einzuholen.

Die offene Wasserhaltung ist gewissenhaft vorzubereiten und fachgerecht zu betreiben, da hiervon die komplikationslose Durchführung aller Erdbau- und Gründungsarbeiten wesentlich abhängen.

Eine nicht fachgerecht angelegte und betriebene "Offene Wasserhaltung" hat eine Vernäsung der Aushub-/Gründungssohlen, einhergehend mit einer Verschlechterung der Tragfähigkeitseigenschaften zur Folge, was wiederum zusätzliche Bodenaustausch- oder Stabilisierungsmaßnahmen mit sich führen würde.

10.5 Schutzmaßnahmen gegen Wasser und Auftrieb

Falls durch eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 Stauwasser zuverlässig vermieden wird, sind die erdberührten Bauteile für die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E (Bodenfeuchte und nichtdrückendes Sickerwasser, mit Dränung) abzudichten. Eine Versickerung von Drainagewasser bzw. eine dauerhaft funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 zur Vermeidung von Stauwasser am Bauwerk dürfte am Standort bzw. innerhalb des Grundstückes jedoch kaum realisierbar sein.

In den Untergrund einbindende Bauteile/Bauwerke sollten daher entsprechend abgedichtet und nach DIN 18533-1 der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (drückendes Wasser $\leq 3,0$ m Eintauchtiefe) bzw. W2.2-E bei einer Einbindetiefe $> 3,0$ m ausgelegt werden. Die Art der Einwirkung des Wassers ist von der Eintauchtiefe der Bauwerke zum jeweiligen Bemessungswasserstand bzw. Bemessungshochwasserstand abhängig.

Nichtunterkellerte Bauwerke bzw. hochliegende Bodenplatten sind für die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E nach DIN 18533-1 (Bodenfeuchte und nichtdrückendes Sickerwasser) abzudichten.

Es wird auf die Auftriebssicherung sowohl bauzeitlich als auch für den Endzustand hingewiesen. Entsprechende Maßnahmen sind vorzusehen (z. B. Überstand der Bodenplatten).

Bemessungswasserstand

Ein ungespannter und freier Grundwasserleiter ist aufgrund der insgesamt stark bindigen Baugrundsichten am Baustandort nicht ausgebildet. Bei den in den Aufschlüssen gemessenen Wasserständen handelt es sich um Schichtenwässer bzw. zonales Stauwasser, d. h. um Momentaufnahmen in Abhängigkeit des aktuellen Niederschlagsgeschehens. Als Bemessungswasserstand sollte generell der maximale Wasserstand der angrenzenden Vorflut *Römersbach* in Ansatz gebracht werden. Diesbezüglich sollten ggf. Informationen bei den entsprechenden Fachbehörden eingeholt werden.

10.6 Versickerungsmöglichkeiten

Gemäß DWA-Arbeitsblatt A 138 kommen für Versickerungsanlagen Gesteine in Frage, deren k_f -Wert im Bereich von 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s liegen. Demnach können generell nur die anstehenden Flusskiese für eine Versickerung genutzt werden, welche jedoch weder großflächig noch in ausreichender Schichtmächtigkeit anstehen.

Die Mächtigkeit des Sickerraums sollte zudem, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich ≥ 1 m betragen (Reinigungswirkung).

Da am Standort mit relativ hohen Wasserständen zu rechnen ist, kann der erforderliche Flurabstand bzw. Schutzabstand der Versickerungssohle zum Grundwasserstand nicht ganzjährig gewährleistet werden. Nach Einschätzung des Unterzeichners liegen am Baubereich somit ungünstige Verhältnisse für eine Versickerung anfallenden Niederschlagswassers vor.

10.7 Wiederverwendbarkeit des Aushubs aus bautechnischer Sicht

Die im Untersuchungsbereich anstehenden Böden können hinsichtlich ihrer Wiedereinbaufähigkeit unter dem bodenmechanischen Aspekt wie folgt bewertet werden:

Schicht 1d: Oberboden

Der Oberboden gilt als Naturschutzgut und sollte bei Möglichkeit am Standort verbleiben. Der anfallende Oberboden, soweit vorhanden, ist zu separieren und kann als solcher nach Zwischenlagerung auf entsprechenden Mieten zur Oberflächenabdeckung (z. B. als Grünflächengestaltung) in statisch unbelasteten Bereichen wiederverwendet werden.

Schicht 1c: Auffüllung

Für die anstehenden gemischt- bis feinkörnigen Böden mit einem Feinkornanteil von > 15 % gelten die nachstehenden Empfehlungen der Schichten 2 und 3.

Schichten 2-4: fluviatile Sedimente und Verwitterungsboden

Der gemischtkörnige bis feinkörnige Erdstoff (Feinkornanteil > 15 %) ist in der Regel verdichtungsunwillig und neigt unter mechanischer Belastung und ungünstigen Witterungsverhältnissen zum Aufweichen. Die Lehm Böden reagieren in Verbindung mit Niederschlägen mit Konsistenz- und Tragfähigkeitsverlust. Sollen derartige Böden im Baubereich wiederverwendet werden, sind zur Verbesserung der bautechnischen Eigenschaften und Verdichtbarkeit Aufbereitungsmaßnahmen notwendig. Als Maßnahme bietet sich das Einmischen bzw. die Zugabe hydraulischer Bindemittel an, wobei eine Zugabe von mind. 1,5 bis 2,5 Masse-% zu veranschlagen wäre.

Schicht 5: Sandstein mit Zwischenlagen aus Ton-/Schluffsteinen

Für den Fall eines Felsanschnitts können die ausgehobenen Festgesteine nur bei starker Verwitterung oder ggf. nach Aufbereitung (Zerkleinerung mittels Felswalzen, Wasser- und Bindemittelzugabe, Homogenisierung durch Separator) als Verfüllmaterial in statisch belasteten Baubereichen wieder eingebaut werden. Das Material ist lagenweise zu verdichten. Eine Verdichtungsprüfung wird empfohlen.

Beim Wiedereinbau des gelösten Bodens sind generell die Bestimmungen der ZTV E-StB zu beachten.

Aushubmaterial ist prinzipiell während der Seitenablage vor relevanten Wassergehaltserhöhungen infolge Oberflächenwasserzutritt o. ä. zu schützen. Böden in der Seitenablage sind vor Witterungseinflüssen mit Folie abzudecken, was auch für Bauunterbrechungen gilt.

Bei einer Wiederverwendung der anstehenden Lehmböden als Auffüllmaterial oder zur Rückverfüllung von Aufgrabungen ist von einem erhöhten Einbau- und Verdichtungsaufwand auszugehen. Die stark kohäsiven Erdstoffe sind in Schütt-/Einbaulagen von 20 cm bis max. 30 cm einzubauen. Für eine qualifizierte und fachgerechte Verdichtung sind Verdichtungsgeräte mit Schafffußbandage zu verwenden. Erfahrungsgemäß sollte von mindestens 5 bis 7 Verdichtungsübergängen ausgegangen werden. Dies ist bei der Ausschreibung der Erdarbeiten zu berücksichtigen.

Im Vorfeld des qualifizierten Erdbaus sollten entsprechende Eignungsprüfungen zur Festlegung der Einbaubedingungen/-parameter (erforderlicher Wassergehalt, Einbaustärke, Verdichtungsübergänge, Ausstreumenge hydraulischer Bindemittel etc.) an einem Probefeldbau durchgeführt werden.

11 Straßen- und Verkehrswegebau

Erdplanum

Außer für reine Gehwegbelastung sollte für alle Verkehrsflächen in Anlehnung an die RStO 12 auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MPa dauerhaft erreicht werden. Dieser Tragwert ist auf den anstehenden lehmigen Auffüllungen sowie unterlagernden Deck-/Auelehmen bei Weitem nicht zu erreichen. Demnach wird eine Untergrundverbesserung mittels Bodenaustausch oder Bindemittelverbesserung (2 bis 3 Ma.-%) in einer Stärke von mindestens 30 cm bis 40 cm empfohlen.

Das Planum der Verkehrsflächen ist auf Höhe zu bringen und nach ZTVE-StB mit einem seitlichen Gefälle von mindestens 2,5 % zur Entwässerung zu versehen.

Oberbau

Der Verkehrswege-/Straßenoberbau sollte in Anlehnung an die Vorgaben der RStO 12 hergestellt werden. Für die Bemessung des Oberbaues wird davon ausgegangen, dass die Gründung der Verkehrsflächen in oberflächennah anstehenden Erdstoffen der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 erfolgt. Der Standort befindet sich in der Frosteinwirkungszone II. Die Wasserverhältnisse werden überwiegend als ungünstig im Sinne der ZTV E-StB eingeschätzt. Hieraus ergibt sich abhängig von der erforderlichen Bauklasse eine Mindestdicke nach RStO 12 für den frostsicheren Straßenaufbau gemäß nachstehender Tabelle.

Tabelle 21: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues nach RStO 12

Belastungsklasse	Bk0,3	Bk1,0
Ausgangswert F 3 - Boden	50 cm	60 cm
Frosteinwirkungszone II	+ 5 cm	+ 5 cm
Keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm	± 0 cm
Grund- oder Schichtwasser dauerhaft oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	+ 5 cm	+ 5 cm
Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues	<u>60 cm</u>	<u>70 cm</u>

Der Aufbau des Straßenoberbaues sollte nach Tafel 1 bzw. 3 (Bauweisen mit Asphaltdecke bzw. mit Pflasterdecke für Fahrbahnen auf F 2- und F 3-Untergrund/Unterbau) festgelegt werden.

Wird ein Unterbau entsprechend oben genannten Ausführungen in einer Stärke von mindestens 20 cm bis 30 cm nachweislich aus Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 oder F 2 (Schlammkornanteil < 15 M.-%) oder alternativ mittels qualifizierter Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe hergestellt, kann der frostsichere Oberbau für die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 festgelegt werden. Die angegebene Mindestdicke kann dann im Hinblick auf die Frostsicherheit um 10 cm reduziert werden.

Frostschutzschichten sollten hierbei aus einem weitgestuften Schotter-Splitt-Sand-Gemisch mit einer Kornzusammensetzung von 0/45 bis 0/56 mm bestehen. Sie müssen so weit verdichtet werden, dass nach ZTV SoB-StB 04 ein Verformungsmodul E_{v2} von 100 MPa (Bk0,3) bzw. 120 MPa (Bk1,0) an der Oberfläche nachgewiesen werden kann. Das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} darf als Nachweis einer ausreichenden Verdichtung der Frostschutzschicht den Wert von 2,2 nicht überschreiten.

12 Allgemeine bautechnische Hinweise

Nach aktuellem Kenntnisstand liegen auf dem Grundstück keine Altlasten vor. Des Weiteren ist kein Schadensfall mit wassergefährdenden Stoffen bekannt.

Für die beim Baugrubenaushub anfallenden Böden sollten im Vorfeld die entsprechenden Entsorgungs-/Verwertungswege bzw. eine mögliche Wiederverwertung im Zuge der Baumaßnahmen geklärt werden. Der Bodenaushub hat unter Beachtung organoleptischer Auffälligkeiten (Zusammensetzung, Farbe, Geruch) zu erfolgen. Auffälliges Bodenmaterial ist zu separieren und ggf. durch weitere Analytik zu untersuchen. Der Aushub sollte generell fachgutachterlich begleitet und dokumentiert werden.

Erfolgt keine Verwertung der Böden vor Ort im Zuge der Baumaßnahme, ist das Material als nicht gefährlicher Abfall (Abfallschlüssel 17 05 04 - Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03* fallen) zu deklarieren und einer entsprechenden Verwertung oder Entsorgung zuzuführen.

Die durchgeführte Analytik ist als Voruntersuchung zu werten und ersetzt keine baubegleitende Analytik. Im Zuge der Baumaßnahmen werden erfahrungsgemäß weitere chemische Untersuchungen zur Deklaration und endgültigen Festlegung des Entsorgungs-/Verwertungsweges erforderlich.

- Baubegleitung und fachgutachterliche Beratung

Zu Beginn und während der Erd- und Gründungsarbeiten sollte der Gutachter zu Baustellenbegehungen hinzugezogen werden. Im Zuge dieser Ortstermine werden die im Gutachten beschriebenen bautechnischen Abläufe und Empfehlungen den örtlichen Gegebenheiten entsprechend in Abstimmung mit den beauftragten Bauunternehmen und den Fachingenieuren festgelegt und ggf. modifiziert.

Dies betrifft insbesondere die Abnahme und Freigabe von Gründungssohlen sowie Trag-schichten und Fundamentpolstern. Die Ergebnisse aller Prüfungen sind festzuhalten und zu dokumentieren.

13 Weitere Untersuchungen

Da zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch keine Planungsdetails mit Fundamentabmessungen, Bauwerklasten bzw. Sohlspannungen sowie Abmessungen und endgültigen Bauwerkseinbindetiefen vorlagen, sollten mit fortschreitender Planung abschließend bzw. nach Feststellung der tatsächlichen Lasten Fundamentbemessungen durchgeführt werden (gründungstechnische Einzelfallbetrachtung). Für endgültig festgelegte Baugruben sind ggf. Maßnahmen hinsichtlich Verbau und Wasserhaltung zu prüfen und konkretisieren.

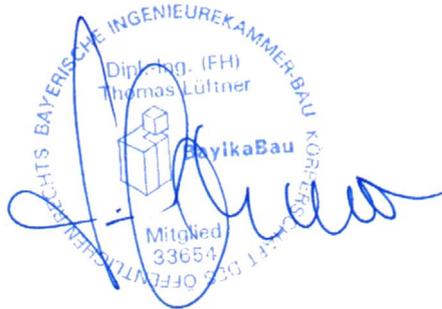
14 Schlussbemerkung

Vor Beginn der Bauarbeiten sollte eine Zustandserfassung sämtlicher im Baubereich befindlichen Gebäude und angrenzenden baulichen Anlagen sowie sonstigen schützenswerten Einrichtungen im Rahmen eines Beweissicherungsverfahrens erfolgen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die durchgeführten Feldarbeiten in ihrem Umfang nur eine punktuelle Erkundung der Baugrundverhältnisse darstellen. Abweichungen zu dem beschriebenen Schichtenaufbau und den Schichtmächtigkeiten können daher nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Bei auftretenden Diskrepanzen zum dargestellten Schichtenaufbau und den Bodeneigenschaften während der Aushubarbeiten ist der Gutachter zu verständigen.

Ergeben sich Rückfragen zum vorliegenden Bericht, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



Dipl.-Ing. Th. Lüftner
Geschäftsführer



Dipl.-Geol. Robert Ertl
Bearbeiter

Tabellen

- Tabelle 1: Zusammenstellung der Felduntersuchungen
- Tabelle 2: Zusammenstellung der Laboruntersuchungen
- Tabelle 3: Aufgeschlossene Asphaltmächtigkeiten im Untersuchungsbereich
- Tabelle 3: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1c - Oberboden
- Tabelle 4: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1b - Schotter (SoB)
- Tabelle 5: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1c - unsortierte Auffüllungen
- Tabelle 6: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1d - Oberboden
- Tabelle 7: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 - Deck-/Auelehm
- Tabelle 8: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 3 - Auekies, verlehmt
- Tabelle 9: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 4 - Verwitterungsböden
- Tabelle 10: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 5 - Ton-/Tonsiltstein, verwittert
- Tabelle 11: Homogenbereiche Mineralböden
- Tabelle 12: Homogenbereich Festgestein
- Tabelle 13: Zusammenstellung der charakteristischen Kennwerte
- Tabelle 14: Zusammenstellung der Wasserstände
- Tabelle 15: Durchlässigkeitsbeiwerte
- Tabelle 16: Auswertung der Asphaltanalysen
- Tabelle 17: Analysenergebnisse u. Bewertung gemäß EBV Boden/Baggergut, BMP 4
- Tabelle 18: Analysenergebnisse u. Bewertung gemäß EBV Boden/Baggergut, BMP 5
- Tabelle 19: Analysenergebnisse u. Bewertung gemäß EBV Boden/Baggergut, BMP 6
- Tabelle 20: Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes in kN/m² für Streifenfundamente
- Tabelle 21: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues nach RStO 12

Anlagen

- 1 Lageplan mit Darstellung der Aufschlusspunkte, 1 Blatt
- 2 Schichten-/ Rammprofile zu den Aufschlüssen, 9 Blatt
- 3 Protokolle der Körnungslinien Bachschotter und Verwitterungsböden, 2 Blatt

Anhänge

- Anhang 1: Prüfbericht Grundwasser nach DIN 4030 (WP 13+14), BVU GmbH, 2 Blatt
- Anhang 2: Prüfbericht Asphaltanalysen (1-AMP - 3-AMP), BVU GmbH, 9 Blatt
- Anhang 3: Prüfberichte Bodenproben nach EBV (4-BMP - 8-BMP), BVU GmbH, 15 Blatt
- Anhang 4: Prüfberichte Bodenprobe nach DepV (4-BMP - 8-BMP), BVU GmbH, 25 Blatt
- Anhang 5: Prüfberichte Einzelprobe (9-MP), BVU GmbH, 2 Blatt