

iBEG-mbH • Pfortenteich 5 • 99974 Mühlhausen

Unsere Leistungen:

- Geotechnische Untersuchungen im Labor und in situ
- Erkundung und Beschreibung des Baugrundes
- Prüfleistungen im Erd-, Grund- und Straßenbau, RAP-Zulassung: A1, A3, A4, H1, H3, I3
- Grundbaustatik
- Geotechnisches Messwesen
- Erschütterungsmessungen nach DIN 4150
- Bodendynamische Untersuchungen und Beratung
- Anker- und Verpresspfahlprüfungen
- Geohydrolog. und geothermische Untersuchung

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen, unsere Nachricht vom
00201/23/ig

Telefon, Name
GoA / Lud

Datum
27.04.2023

Geotechnischer Untersuchungsbericht

Vorerkundung

Auftr.-Nr. 00201/23/ig

Bericht Nr. 01a

Bauvorhaben: 99974 Mühlhausen
Schröterode
Solarpark
TH_003_Mühlhausen

Auftraggeber: solargrün GmbH
Marie-Curie-Ring 15
55291 Saulheim

Dieser Bericht umfasst die Seiten 1 bis 18 und die Anlagen A 1 bis A 6.

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. A. Gotschol
Dipl.-Ing. Steffen Stolze
Amtsgericht Jena, HRB 405587

Sparkasse Unstrut-Hainich
Konto: 511025874; BLZ: 82056060
IBAN: DE61 8205 6060 0511 025874
BIC: HELADEF 1 MUE

Commerzbank Mühlhausen
Konto: 559303300; BLZ: 82040000
IBAN: DE36 8204 0000 0559 3033 00
BIC: COBADEFFXXX

Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis.....	3
Unterlagenverzeichnis.....	3
1 Veranlassung.....	4
2 Bauwerksangaben	4
3 Standortangaben	4
3.1 Topographische Einordnung / Geländebeschreibung	4
3.2 Geologie	5
3.3 Hydrologie.....	5
3.4 Besonderheiten	6
4 Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen.....	7
4.1 Felduntersuchungen	7
4.2 Einteilung Homogenbereiche / Schichtgliederung.....	7
4.3 Schichtbeschreibung, Schichteigenschaften.....	8
4.4 Erdstatische Kennwerte	12
4.5 Grundwasserstände, Grundwassereigenschaften	12
4.6 Geophysikalische Messergebnisse	13
5 Geotechnische Empfehlungen	15
5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung.....	15
5.2 Gründungsempfehlungen	15
5.3 Versickerung von Niederschlagswasser.....	16
5.4 Betonschutzmaßnahmen.....	17
5.5 Korrosionsschutzmaßnahmen	17
5.6 Baustraßen	17
6 Altlastenbewertung	17
7 Hinweise für Abnahmen und Prüfungen	18

Anlagenverzeichnis

A 1	Übersichtsplan, Maßstab 1:10.000	1 Blatt
A 2	Lage- und Aufschlussplan, Maßstab 1:2500	1 Blatt
A 3	Schichtenverzeichnisse KRB 1/23 bis KRB 25/23	25 Blatt
A 4.1	Aufschluss- u. Sondierprofile KRB 1/23 bis 25/23 und DPH 1/23 bis 25/23	25 Blatt
A 4.2	Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit im Bohrloch	8 Blatt
A 4.3	Bestimmung des elektrischen Widerstandes im Boden	3 Blatt
A 5	Legende der Erdstoffkurzzeichen	2 Blatt
A 6	Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen	
A 6.1	Bestimmung der Wassergehalte n. DIN 18 121	25 Blatt
A 6.2	Bestimmung der Zustandsgrenzen n. DIN 18 122	12 Blatt
A 6.3	Bestimmung der Körnungslinie n. DIN 18 123	14 Blatt

Unterlagenverzeichnis

Für die Erstellung des vorliegenden Berichtes wurden folgende Unterlagen verwendet:

- U 1 solargrün GmbH
- Lageplan Baugrunduntersuchung; M 1:3000, Planstand 19.01.2023
- U 2 Topographische Karten, Maßstab 1:10.000
- 4728-NO Dachrieden
 - 4728-SO Mühlhausen
 - 4729-NW Mühlhausen - Windeberg
 - 4729-SW Grabe
- U 3 Geologische Karten, Maßstab 1:25.000
- 4728 Mühlhausen
 - 4729 Schlotheim
- U 4 Bodengeologische Konzeptkarte BGKK 100, Maßstab 1:100.000

1 Veranlassung

Die Solargrün GmbH beabsichtigt am Standort Mühlhausen - Schröterode die Errichtung eines Solarparks. Das zu erschließende Areal befindet sich nördlich der Ortslage Mühlhausen, im Bereich von Wiesenflächen sowie landwirtschaftlich genutzter Feldfluren. Vom Auftraggeber wurde die iBEG mbH mit der Durchführung der Baugrunderkundung und der Erstellung des Baugrundgutachtens beauftragt.

2 Bauwerksangaben

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung lagen keine detaillierten Planungsunterlagen vor. Die Gesamtfläche des Geländes beträgt nach [U 1] ca. 57.640 ha. Für die weitere Begutachtung wird von einfach aufgeständerten PV-Modulen mit eingerammten Gründungskörpern (Absetztiefe ca. 1,2 bis 1,4 m) ausgegangen. Weitere Angaben zum geplanten Bauvorhaben können dem Übersichtsplan der Anlage A 1 bzw. dem Aufschlussplan der Anlage A 2 entnommen werden.

3 Standortangaben

3.1 Topographische Einordnung / Geländebeschreibung

- Topographische Karten 4728 – NO und SO sowie 4729 – NW und SW
- Koordinaten (GK 4) bezogen auf den ungefähren Standortmittelpunkt:
 $R = 43\ 95\ 250$ $H = 56\ 80\ 245$
- Der Standort liegt nördlich der Ortsrandlage von Mühlhausen.
- Das Gelände fällt von Nord nach Süd ein.
- Die Geländehöhen im Untersuchungsbereich liegen zwischen 275 und 330 m NHN.
- Das Areal lag zum Zeitpunkt der Erkundungen bereichsweise als Weideland, Wiese sowie als landwirtschaftlich genutzte Ackerflächen vor.
- Westlich des Standortes verläuft die Straße L1016.
- Im Süden wird der Standort durch die Putenzucht Schröterode sowie landwirtschaftlich genutzte Flächen begrenzt.
- Östlich und nördlich befinden sich Wald- und Wiesenflächen.
- Im unmittelbaren Standortbereich befinden sich mehrere Entwässerungsgräben, welche jedoch nur jahreszeitlich und niederschlagsbedingt wasserführend sind.
- Als nächstgelegener, dauerhaft Wasserführender Vorfluter verläuft die Unstrut ca. 1700 m westlich des Standortes von Nord nach Süd.

3.2 Geologie

Das Baufeld liegt im Verbreitungsgebiet der Festgesteinsschichten des Oberen Muschelkalkes. Überlagert werden diese Schichten von pleistozänen Löß- und Hanglehmen sowie Hangschuttmaterialien, welche als Produkt der chemischen und physikalischen Verwitterung des Oberen Muschelkalks aus dem tonigen Kalklösungsrückstand und intakten Kalksteinstücken bestehen.

Nordwestlich des Standortes sind einige Erdfälle ($d < 20$ m) im Bereich von tektonischen Verwerfungen kartiert. Auf und in der näheren Umgebung des Untersuchungsgeländes befinden sich mehrere klein- bis großräumige Senken, welche als mögliche Dolinen angesehen werden können.

Abgesehen von lokalen anthropogenen Auffüllungen sowie dem Oberboden ist von folgendem generellen Schichtenaufbau auszugehen:

Lößlehm (Pleistozän)

über

Hangschutt (Pleistozän)

über

Tonstein - Kalkstein Wechsellagerung des Oberen Muschelkalkes (nicht erkundet)

3.3 Hydrologie

Die hydrologische Situation ist durch die leichte Hanglage des Standorts geprägt. In dieser ist ein ausgeglichener oberflächennaher Grundwasserhorizont generell nicht vorhanden. Jahreszeitlich und niederschlagsbedingt ist jedoch in allen Tiefenlagen mit lokalen, temporären Schicht- und Sickerwasserbewegungen zu rechnen. Innerhalb des Festgesteinshorizontes (> 10 m unter GOK) sind lokale Kluft- bzw. Karstgrundwasserhorizonte nicht auszuschließen. Morphologisch bedingt erfolgt die Entwässerung hangabwärts in südliche Richtung. Die bohraktuellen Grundwasserstände können dem Abschnitt 4.6 bzw. der Anlage A 4 entnommen werden.

3.4 Besonderheiten

3.4.1 Erdbebenzone

Nach DIN 4149: 2005 liegt der Baustandort in keiner Erdbebenzone, Schutzmaßnahmen sind daher nicht erforderlich.

3.4.2 Schutzzonen

Der Standort befindet sich im Wasserschutzgebiet Zone III. Daher ist die untere Wasserbehörde des Unstrut-Hainich-Kreises über das geplante Bauvorhaben in Kenntnis zu setzen um ggf. Abstimmungen über mögliche Auflagen bzw. Sondermaßnahmen zu treffen.

3.4.3 Subrosions – bzw. Erdfallgefährdung

Am Standort sind grundsätzlich Auslaugungserscheinungen aufgrund des Karbonatkarstes im Oberen Muschelkalk sowie dem Sulfatkarst im unterlagernden Mittleren Muschelkalk möglich. Um die daraus hervorgehenden Risiken abzuklären und einzuschätzen, sollte ein Subrosionsbericht der Abteilung Umwelt des Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) eingeholt werden. In der Geologischen Karte sind nordwestlich des Standortes mehrere Erdfalltrichter kartiert.

Für die geplante Bauweise als aufgeständerte PV-Module sind die bautechnischen Risiken als nur gering einzustufen.

3.4.4 Berkwerksfelder/Rohstoffgewinnung

Der Standort befindet sich im Bereich einer Erdgaslagerstätte. Im unmittelbaren Standortbereich sind des Weiteren mehrere Bohrungen zur Erdgasförderung in Betrieb. Für die weitere Planung ist insbesondere die Lage der mögliche Zu- bzw. Ableitungen genaustens abzuklären.

4 Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen

4.1 Felduntersuchungen

Folgender Untersuchungsumfang wurde nach DIN 4020 ausgeführt:

- 25 Stück Kleinbohrungen (KRB) Ø 80 mm im Rammverfahren n. DIN EN ISO 22475-1
- 13 Stück Schwere Rammsondierungen (DPH) n. DIN EN ISO 22476-2
- 8 Stück In-situ Versickerungsversuche im Bohrloch
- 3 Stück Bestimmung des elektrischen Widerstandes im Boden

Die Lage der Aufschlusspunkte wurde in dem Lage- und Aufschlussplan der Anlage A 2 dargestellt. Die höhen- und lagemäßige Einmessung der Aufschlusspunkte erfolgte mittels RTK-GNSS (GPS-Vermessung) im GK 4 Koordinatennetz sowie auf das aktuelle Höhensystem DHHN 2016 (NHN). Die Vermessungsdaten der einzelnen Aufschlusspunkte können der Anlage A 4.1 entnommen werden.

4.2 Einteilung Homogenbereiche / Schichtgliederung

Für den Standort kann nach Auswertung der Ergebnisse der Baugrunderkundung und unter Berücksichtigung der Erdbautechnologie von folgendem generellen Baugrundsichtenmodell / Homogenbereichen ausgegangen werden.

Tabelle 1: Benennung der anstehenden Bodenschichten im Baufeld

Homogenbereich	Schichtnummer	Schichtbezeichnung	Kurzzeichen	Geologische Bezeichnung
Ob	1.1 / 0.1	Oberboden / Oberboden-Andeckung	Ob	Holozän / -
LG 1	0.2	Auffüllung, umgelagerter Boden	A-Bod	-
	2.1	Lößlehm	Löl	Pleistozän
	2.2	Hanglehm	L	
LG 2	2.3	Hangschutt	Lx	Pleistozän
FG 1 ^{1.)}	3.1	Kalkstein – Tonstein Wechselagerung	Kst-T	Oberer Muschelkalk
Homogenbereich: Ob ... Oberboden; A ... Auffüllung; LG ... Lockergestein; FG ... Festgestein ^{1.)} verfahrensbedingt nicht ausreichend aufgeschlossen, der Vollständigkeit halber hier aufgeführt				

Die Schichtenverzeichnisse sowie die zugehörigen Bohrprofile können der Anlage A 3 bzw. der Anlage A 4.1 entnommen werden.

4.3 Schichtbeschreibung, Schichteigenschaften

Auf der Grundlage der vorliegenden Labor- und Feldprüfergebnisse können die anstehenden erkundeten Schichten wie folgt beschrieben werden.

Homogenbereich: Ob ...Oberboden / Oberbodenandeckung

Schichtbeschreibung:	Homogenbereich der oberen bodenbildenden Schichten (A-Horizont), dunkelbrauner Ton, feinsandig, schluffig mit Wurzelresten, schwach humos bis humos
Schichten / Benennung:	Schicht 1.1 → Oberboden Schicht 0.1 → Oberbodenandeckung
Organischer Anteil:	5 – 10 %
Steine / Blöcke / große Blöcke:	- / - / -
Bodengruppe n. DIN 18196:	OU / [OU]
Leitbodenform (BGKK 100):	tk - Ton, lehmig, steinig (Oberer Muschelkalk)
Bodenformen n. KA5:	Rendzina und Braunerde-Rendzina, teils Terra fusca und Kalkpelosol
Konsistenz:	steif - halbfest
Schichtunterkante:	0,10 - 0,30 m unter GOK
Verbreitung:	gesamter Untersuchungsbereich

Nach **DIN 19 639** (Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben) werden die Begriffe Ober- und Unterboden wie folgt definiert:

Oberboden: A-Boden / A-Horizont

Oberste, humose und belebte Schicht des Mineralbodens, die durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge entstanden ist. Die Mächtigkeit der humosen, meist intensiv belebten Schicht beträgt in der Regel 10 cm bis 30 cm.

Unterboden: B-Boden / B- und weitere Horizonte

Unter dem Oberboden liegende verwitterte und durch pedogenetische Prozesse geprägte Bodenschicht(en).

Eine genaue Schichtabgrenzung zwischen Oberboden und Unterboden ist anhand bodenphysikalischer Kennwerte nicht möglich. Die Unterteilung erfolgt gemäß bodenkundlicher Kartieranleitung KA5 anhand von Farbgebung nach den *Munsell* Farbtafeln bzw. des Humusgehaltes. Aufgrund der unterlagernden bindigen Böden ist der Übergangsbereich anhand der Farbgebung nicht immer eindeutig. Es wird daher empfohlen sofern nicht anders angegeben, die Oberbodenmächtigkeit einheitlich mit $d \leq 0,3$ m festzulegen.

Homogenbereich: LG 1 ... Lockergestein 1

Schichtbeschreibung:	Homogenbereich der bindigen pleistozänen Lockergesteinsschichten sowie anthropogenen Auffüllungen aus umgelagerten, örtlich anstehenden Bodenmaterialien, bodenmechanisch: hellbrauner bis gelbbrauner Ton, feinsandig, schluffig, lokal schwach kiesig
Schichten / Benennung:	Schicht 0.2 → Auffüllung, umgelagerter Boden Schicht 2.1 → Lößlehm Schicht 2.2 → Hanglehm
Organischer Anteil:	< 5 % (gutachterlicher Schätzwert)
Steine / Blöcke / große Blöcke:	- / - / -
Bodengruppe n. DIN 18196:	TL, TM, TA, [TM, GT*], A
Durchlässigkeit:	schwach durchlässig nach DIN 18130 (vgl. A 4.2)
Konsistenz:	weich, steif, halbfest
Wassergehalt:	vergleiche Anlage A 6.1
Plastizitätszahl:	$I_p = 15 - 35$ % oberhalb der A-Linie (vgl. A 6.2)
Kornverteilung T/U/S/G:	siehe Körnungsband bzw. vergleiche Anlage A 6.3
Schichtunterkante:	0,8 bis > 3,0 m, bis zur maximalen Aufschlusstiefe nicht durchteuft
Verbreitung:	gesamter Untersuchungsbereich

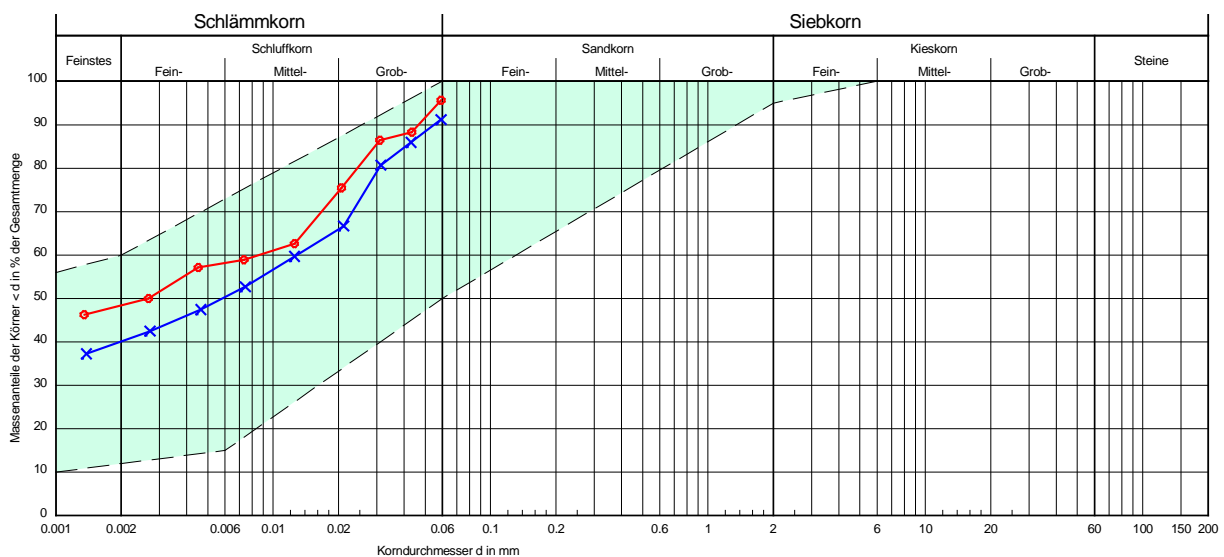


Abbildung 1: Kornverteilung Homogenbereich LG 1

Homogenbereich: LG 2 ... Lockergestein 2

Schichtbeschreibung:	Homogenbereich der bindigen bis gemischtkörnigen pleistozänen Lockergesteinsschichten, bodenmechanisch: graugrüner, grauer Ton, stark kiesig, steinig bis Kies, stark tonig, steinig
Schichten / Benennung:	Schicht 2.3 → Hangschutt
Organischer Anteil:	< 3 % (gutachterlicher Schätzwert)
Steine / Blöcke / große Blöcke:	< 30 % / < 20% / < 10 % (Erfahrungswert mit Rammkernbohrverfahren nicht exakt bestimmbar)
Bodengruppe n. DIN 18196:	TM, TA, GT, GT*, X
Durchlässigkeit:	schwach durchlässig nach DIN 18130 (vgl. A 4.2)
Konsistenz:	steif, halbfest
Wassergehalt:	vergleiche Anlage A 6.1
Plastizitätszahl:	$I_p = 25 - 40$ % oberhalb der A-Linie (vgl. A 6.2)
Kornverteilung T/U/S/G:	siehe Körnungsband bzw. vergleiche Anlage A 6.3
Schichtunterkante:	1,6 bis > 3,0 m, überwiegend bis zur maximalen Aufschlusstiefe nicht durchteuft
Verbreitung:	gesamter Untersuchungsbereich

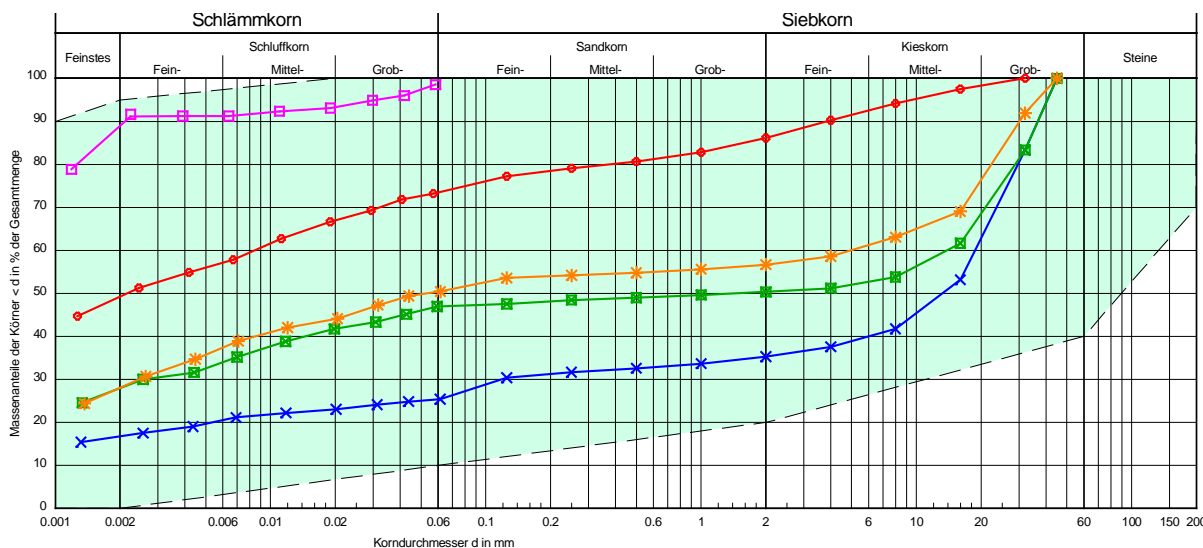


Abbildung 1: Kornverteilung Homogenbereich LG 2

Homogenbereich: FG 1 ... Festgestein 1

Verfahrensbedingt konnten nicht alle Bohrungen bis auf planmäßige Endtiefe abgeteuft werden. Der Festgesteinshorizont FG 1 konnte daher mittels der Rammkernsondierungen hinsichtlich der Aufschlusstiefe nicht aufgeschlossen werden. Es ist zu vermuten, dass der Verwitterungshorizont lokal bereits oberflächennah ab ca. 1,5 m unter Gelände ansteht. Eine bodenphysikalische Untersuchung und Beschreibung des Homogenbereiches ist nicht abschließend möglich. Im Bedarfsfall sind ergänzende Aufschlüsse und bodenphysikalische Untersuchungen vorzunehmen. Die nachfolgenden Angaben beruhen auf eigenen Erfahrungswerten aus verschiedenen Baumaßnahmen.

Schichtbeschreibung:	Homogenbereich der biogenen bzw. karbonatischen Sedimentgesteine, Wechsellagerung von blättrigen bis dünnplattigen bis dickplattigen festen bis mürben Kalkstein und steifen bis halbfesten Tonsteinersatz-Zwischenlagen, söhlige Lagerung
Verwitterungsgrad n. FGSV:	VA bis VE (angewittert bis entfestigt)
Schichten / Benennung:	Schicht 3.1 → Kalkstein – Ton Wechsellagerung
Bodengruppe n. DIN 18196:	untergeordnet TA für Tonzwischenlagen
Konsistenz:	steif bis halbfest für Tonzwischenlagen
Organischer Anteil:	< 1 %
Steine / Blöcke / große Blöcke:	< 50 % / < 40 % / < 10 % (gutachterlicher Schätzwert)
Einaxiale Druckfestigkeit:	1,0 – 20 MN/m ² (im ungestörten Gebirgsverband)
Schichtanschnitt:	ab ca. 1,5 bis > 3 m (gutachterlicher Schätzwert, nach Ergebnissen der schweren Rammsondierungen)
Verbreitung:	gesamter Standort, bis zur maximalen Aufschlusstiefe nicht nachgewiesen

Eine genaue Abgrenzung zwischen den Homogenbereichen LG 1 und FG 2 ist generell anhand der Bohrergebnisse der Rammkernsondierungen nicht möglich. Es wird daher empfohlen, Homogenbereich FG zum Nachweis auszuschreiben und wenn erforderlich baubegleitend durch ein gemeinsames Aufmaß mengenmäßig zu erfassen.

4.4 Erdstatische Kennwerte

Für bodenmechanische Berechnungen ist auf der Basis der festgestellten und eingeschätzten Schichteigenschaften von folgenden korrelativ ermittelten charakteristischen Rechenwerten auszugehen. Die angegebenen charakteristischen Kennwerte gelten für ungestörte Bodenverhältnisse.

Tabelle 2: Angabe der charakteristischen Bodenkenngößen

Schicht- nummer	Kurz- zeichen	natürliche Wichte		Reibungs- winkel ϕ'_k [°]	drän. Kohäsion c'_k [kN/m ²]	undrän. Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
		γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]				
0.2	A ^{1.)}	19,0	9,0	25,0	5,0	-	2 - 6
2.1	Löl	19,0	9,0	27,5	5,0	40 – 60	4 - 7
2.2	L	20,0	10,0	25,0	10,0	50 – 70	6 - 10
2.3	Lx	21,0	11,0	30,0	10,0	60 - 100	8 - 12
3.1	Kst-T	22,0	12,0	35,0	15,0	-	20 - 25

^{1.)} nur für Erddruckberechnungen

4.5 Grundwasserstände, Grundwassereigenschaften

Bohraktuell (Februar 2023) wurde in keiner der Bohrung Grund- bzw. Schichtwasser festgestellt. Ein oberflächennaher geschlossener Grundwasserleiter ist am Standort generell nicht vorhanden. Jahreszeitlich und niederschlagsbedingt können lokale Schicht- und Sickerwasserstauungen in allen Tiefenlagen in den pleistozänen Schichtkomplex sowie im Kluftgefüge des Festgesteinshorizontes auftreten. Innerhalb des Oberen Muschelkalkes können einzelne, lokal begrenzte Kluft- sowie Karstgrundwasserleiter ausgebildet sein. Die Grundwasserführung bewegt sich entlang von natürlichen Klüften sowie durch tektonische Beanspruchungen hervorgerufenen Zerrspalten. Morphologisch bedingt erfolgt die Entwässerung hangabwärts in Richtung Süden.

Eine bauchemische Analyse des Grundwassers nach DIN 4030 konnte nicht durchgeführt werden. Aufgrund vorangegangener Untersuchungen in der unmittelbaren Nähe des Baufeldes kann die Betonaggressivität mit „**nicht angreifend**“ abgeschätzt werden.

4.6 Geophysikalische Messergebnisse

Im Zuge der Untersuchungsmaßnahmen wurden durch die ex-act erkunden und vermessen GmbH geophysikalische Versuche im Bereich der Bohrungen KRB 11/23, KRB 24/23 und KRB 25/23 vorgenommen. Bestimmt wurde der spezifische elektrische Widerstand im Boden auf einer Länge von ca. 40 m bis in eine Tiefe von ca. 10 m. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind als Profilschnitte in der Anlage A 4.3 beigefügt.

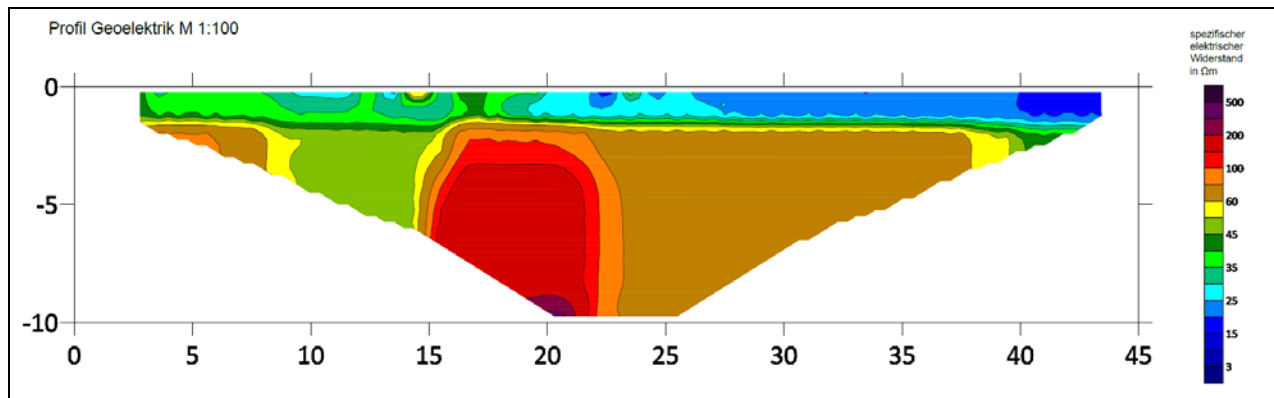


Abbildung 1 spezifischer elektrischer Widerstand bei KRB 11/23 (Maßangaben in [m])

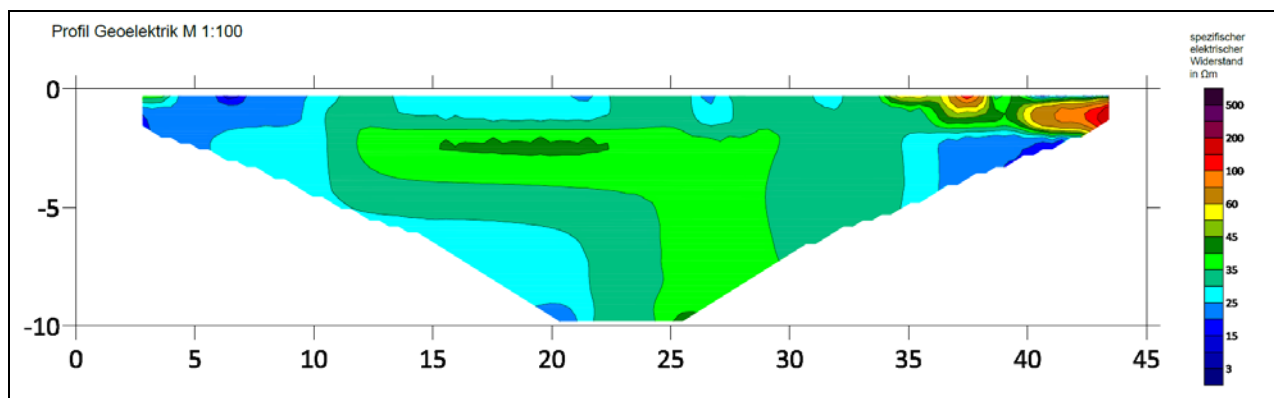


Abbildung 2 spezifischer elektrischer Widerstand bei KRB 24/23 (Maßangaben in [m])

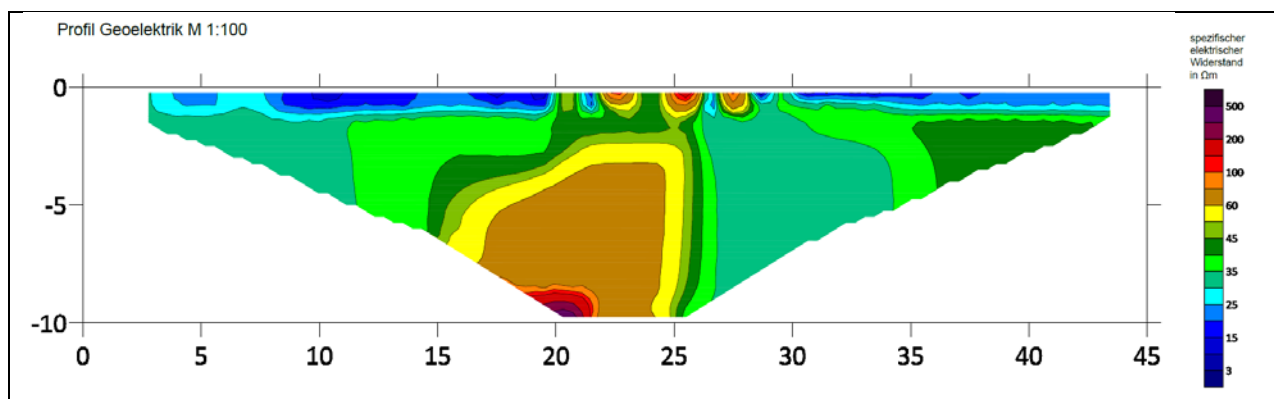


Abbildung 3 spezifischer elektrischer Widerstand bei KRB 25/23 (Maßangaben in [m])

Nach Auswertung der vorgenommenen geophysikalischen Untersuchungen können folgende tiefenabhängige Widerstandsverteilungen angenommen werden.

- 0,0 – 2,0 m unter GOK: ~ 20 Ω m
- 2,0 – 5,0 m unter GOK: ~ 45 Ω m

5 Geotechnische Empfehlungen

5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung

Im Ergebnis der Baugrunderkundung ist von übersichtlichen Baugrundverhältnissen auszugehen. Abgesehen von vereinzelt anthropogenen Auffüllungsböden stehen unterhalb des Oberbodens zunächst lokal pleistozäne Löß- und Hanglehme des Homogenbereiches LG 1 an. Diese Schichten sind bereichsweise bereits ausgeräumt. Im liegenden schließen Hangschuttmaterialien (LG 2) an, welche überwiegend bis zur maximalen Aufschlusstiefe von 1,2 bis 3,0 m unter GOK verfahrensbedingt nicht durchteuft werden konnten. Der unterlagernde Festgesteinshorizont des Oberen Muschelkalks (FG 1) wurde nur punktuell im Bereich der KRB 17/23 aufgeschlossen. Der Übergang zwischen Festgestein und überlagerndem Lockergesteinshorizont kann anhand der Ergebnisse der Schweren Rammsondierung näherungsweise zwischen ca. 1,5 und größer 3,0 m unter GOK angegeben werden.

Bohraktuell wurde in keiner der Bohrung Grundwasser festgestellt werden. Lokal können Sickerwasseraufstauungen zu Vernässungsbereichen führen, diese sind dann im Bedarfsfall auszusetzen. Die nachfolgenden Angaben gelten für den ungestörten Baugrund.

Das Bauvorhaben ist aufgrund der geplanten bautechnischen Maßnahmen sowie der örtlichen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse gemäß Eurocode 7 in die **geotechnische Kategorie GK 2** einzustufen.

5.2 Gründungsempfehlungen für Rammfundamente

Planungsseitig wird eine geschätzte Einbindetiefe der Rammfundamente von ca. 1,2 bis 1,4 m unter GOK angenommen. Für die Rammarbeiten kann aufgrund von Erfahrungswerten sowie den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen von folgenden Einschätzungen ausgegangen werden.

- Leichte Rammung: Auffüllung, Lößlehm, Hanglehm (LG 1)
- Mittelschwere Rammung: Hangschutt in lockerer Lagerung (LG 2)
- Schwere bis schwerste Rammung: Hangschutt in mitteldichter Lagerung (LG 2)
Kalkstein-Ton-Wechsellagen (FG 1)

Grundsätzlich ist das Einrammen der Gründungkörper in Bereichen der Lockergesteinsschichten des Homogenbereichs LG 1 sowie der locker gelagerten Hangschuttmaterialien (LG 2) bis in Tiefen von ca. 2,0 m unter GOK möglich und sinnvoll.

In Bereichen mit weichplastischen Sedimenten (vorwiegend Lößlehm des LG 1) sind die Gründungkörper tiefer, bis auf ca. 2,0 m unter GOK bzw. bis zu einem anhaltenden Anstieg des Einrammwiderstandes abzusetzen.

Je nach Lage im Baufeld kann lokal aufgrund der Lagerungsdichte des Hangschuttes (LG 2) und dessen hohen Steinanteil sowie der plattigen Kalksteinbänke des Festgesteinshorizontes (FG 1) die geforderte Absetztiefe nicht erreicht werden - Rammhindernisse. In diesen Fällen sind ggf. ergänzende Rammfundamente einzubringen und die anfallenden Lasten gleichmäßig auf diese zu verteilen.

5.3 Versickerung von Niederschlagswasser

Voraussetzung für eine funktionstüchtige Versickerungsanlage ist das Vorhandensein einer wasseraufnehmenden Schicht mit genügender Mächtigkeit und ausreichendem Wasserschluckvermögen. Darüber hinaus muss ein Grundwasserflurabstand von mindestens einem Meter vorhanden sein.

Für Versickerungsanlagen gem. DWA Arbeitsblatt DWA-A 138 kommen Lockergesteine infrage, deren Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte im Bereich von $k = 5 \times 10^{-3}$ bis 1×10^{-6} m/s liegen. Außerdem soll die Mächtigkeit des Sickerraumes mindestens 1,0 m, bezogen auf den „Mittleren höchsten Grundwasserstand“, betragen.

Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit des Bodens wurden im Standortbereich acht Kleinrammbohrung abgeteuft und als temporäre Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Einstautiefe der Bohrungen erfolgt bis 1,0 m unter Gelände. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche können der nachfolgenden Tabelle sowie der Anlage A 4.2 entnommen werden.

Tabelle 3: Ergebnisse der Versickerungsversuche im Baufeld

Versuchs- stelle	Schicht- nummer	Schicht- bezeichnung	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]	Anforderung gem. DWA-A 138 erfüllt
KRB 1/23	2.1	Löl / T,fs,u	$5,7 \times 10^{-7}$	nein
KRB 7/23	2.3	Lx / T,x,g*,fs',u	$1,2 \times 10^{-6}$	ja
KRB 9/23	2.3	Lx / T,x',g'	$9,0 \times 10^{-8}$	nein
KRB 10/23	2.3	Lx / T,x',g-g*,fs'	$7,6 \times 10^{-5}$	ja
KRB 18/23	2.3	Lx / T,g',fs	$1,4 \times 10^{-7}$	nein
KRB 22/23	2.3	Lx / T,g',fs'	$4,5 \times 10^{-7}$	nein
KRB 24/23	2.3	Lx / T,x',g,fs'	$6,9 \times 10^{-7}$	nein
KRB 25/23	2.3	Lx / T,x',g,fs'	$9,3 \times 10^{-6}$	ja

Die Ergebnisse zeigen nur bereichsweise die Einhaltung der vorgegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte für wasseraufnehmende Schichten. Überwiegend wird der Grenzwert unterschritten. Aufgrund der vorherrschenden Subrosionsproblematik im auslaugungsfähigen

Festgesteinshorizont ist eine punktueller Einleitung von Oberflächenwasser in keinem Fall vorzunehmen.

Eine oberflächennahe Versickerung des anfallenden Oberflächenwassers ist nur verteilt auf die gesamte Fläche vorzunehmen.

5.4 Betonschutzmaßnahmen

Für alle Betonteile, die im möglichen Schicht- und Sickerwasserbereich hergestellt werden, ist aus geotechnischer Sicht nach DIN 206-1 keine erhöhte Expositionsklasse erforderlich (vgl. Abschnitt 4.6).

Planungsseitig ist zu prüfen, inwieweit andere Expositionsklassen erforderlich werden.

5.5 Korrosionsschutzmaßnahmen

Aus geogener Sicht ergeben sich gegenüber dem Standardkorrosionsschutz keine erhöhten Anforderungen. Planungsseitig ist zu prüfen, inwieweit ggf. erhöhte Korrosionsanforderungen zu berücksichtigen sind.

5.6 Baustraßen

Die Befahrbarkeit der anstehenden Böden nach Abtrag des Oberbodens (Homogenbereich Ob) ist dauerhaft unter Berücksichtigung der Belastung durch Baufahrzeuge nicht gegeben. Bauzeitlich kann daher der Bau, die Unterhaltung und anschließende Rückbau von Baustraßen erforderlich werden. Die Herstellung der Baustraßen kann klassisch mittels Liefermaterial (gebrochenes Schottermaterial, Einbaudicke 0,3 bis 0,5 m) auf Trennvlies der Robustheitsklasse GRK 3 oder aber auch mittels mobiler Baustraßen / Fahrbahnplatten erfolgen.

6 Altlastenbewertung

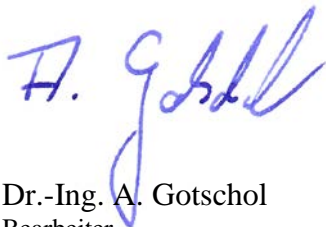
Eine umfassende Altlastenbewertung war nicht Gegenstand der beauftragten Untersuchungsarbeiten. Im Zuge der Bauausführung bzw. bei bestehendem Anfangsverdacht sind ggf. ergänzende Beprobungen und Deklarationsuntersuchungen an den anfallenden Ausbaustoffen durchzuführen.

7 Hinweise für Abnahmen und Prüfungen

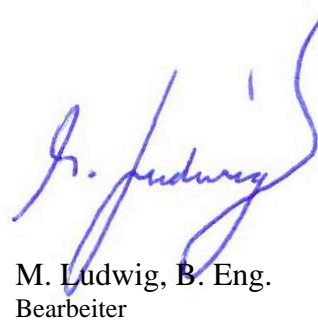
Aus geotechnischer Sicht werden folgende Abnahmen und Prüfungen empfohlen:

- Baubegleitende Beratung für geotechnische Fragen
- im Bedarfsfall Ergänzende Baugrundaufschlüsse zur eindeutigen Erkundung des Felshorizontes
- Erstellung eines Bodenschutzkonzeptes sowie bodenkundliche Baubegleitung
- Ergänzende Haufwerksbeprobungen nach LAGA PN 98 und Deklaration der anfallenden Ausbaustoffe nach LAGA bzw. EBV
- Verdichtungs- und Tragfähigkeitskontrollprüfungen

Mühlhausen, den 27.04.2023



Dr.-Ing. A. Gotschol
Bearbeiter



M. Ludwig, B. Eng.
Bearbeiter