

Wolfgang Köbsch
Markus Köbsch

Diplom-Ingenieure
Beratende Ingenieure

Klagenfurter Straße 60
01279 Dresden

Tel 0351 / 251 44 66
kontakt@baugrund-koebsch.de
www.baugrund-koebsch.de

Baugrunduntersuchung
Gründungsberatung
Schadensbegutachtung

Amtsgericht Dresden, PR 375



Ingenieurbüro
Köbsch PartGmbB

Datum: 14.09.2022

AZ: 22 / 096 / P

Y:\Gutachten\Straßen, Erschließung\Fels\22-096-P_Hohnstein, Sanierung Burg Hohnstein.odt

Baugrundgutachten

(Geotechnisches Gutachten)

Bauvorhaben:

Sanierung Burg Hohnstein
Markt 1
in Hohnstein

Bauherr:

Stadtverwaltung Hohnstein
Rathausstraße 10
01848 Hohnstein

**Auftraggeber/
Planungsbüro:**

EVERGREEN Landschaftsarchitekten
Schweriner Straße 50a
01067 Dresden

Inhalt:

17 Blatt Text und 6 Anlagen

Inhaltsverzeichnis

1	Unterlagenverzeichnis.....	3
2	Anlagenverzeichnis.....	4
3	Feststellungen.....	4
3.1	Veranlassung.....	4
3.2	Standort und geplante Baumaßnahme.....	4
3.3	Baugelände und vorhandene Bauwerke.....	5
3.4	Baugrundverhältnisse.....	5
3.4.1	Allgemeines.....	5
3.4.2	Geologische Verhältnisse.....	6
3.4.3	Schichtenverhältnisse.....	6
3.4.4	Lagerungsverhältnisse.....	6
3.5	Boden- und Felseigenschaften.....	7
3.6	Grund- und Schichtenwasserverhältnisse.....	7
3.7	Abfallfachliche Eigenschaften der Böden und Materialien.....	8
4	Bodenklassifikation, Homogenbereiche und Bodenkennwerte.....	8
5	Gründungstechnische Schlussfolgerungen.....	11
5.1	Allgemeines.....	11
5.2	Gründungsschichten.....	11
5.3	Gründungsmaßnahmen.....	12
5.3.1	Allgemeines.....	12
5.3.2	Gründungsmaßnahmen unterirdische Leitungen/Medien.....	12
5.3.3	Gründungsmaßnahmen Turmdrehkran und Mobilkran.....	13
5.3.4	Gründungsmaßnahmen Pavillon.....	13
5.4	Versickerungstechnische Schlussfolgerungen.....	13
5.5	Angaben zur Bemessung.....	14
6	Hinweise für die Bauausführung.....	15
6.1	Wasserhaltung.....	15
6.2	Wiederverwendung der Aushubmassen.....	15
6.3	Baugrubenherstellung und -sicherung.....	15
6.4	Sonstiges.....	16
6.5	Baugrubenabnahme.....	16
7	Hinweise für weitere Untersuchungen.....	16
8	Schlussbemerkungen.....	17

1 Unterlagenverzeichnis

- U 1 Auftrag vom 20.06.2022, Erweiterung vom 28.06., 01.07. und 02.08.2022
- U 2 Top. Karte M 1: 10.000, Geol. Karte M 1: 25.000, Lithofazieskarte M 1: 50.000
- U 3 Bautechnische Unterlagen/Angaben vom AG, Herrn Seidler, sowie den Fachplanern Herrn Vetter (Bauentwurf Pirna) und Herrn Terno (DWG P+B):
 - Lageplan mit Aufschlusspunkten
 - Aufgabenstellung
 - Erläuterungen und Angaben zur Baumaßnahme
- U 4 Ortsbegehungen, Beratungen, Einweisung durch Hausmeister Herrn Habermann, Ausführung von Rammkern- und Rammsondierungen, Probenahme sowie lagemäßige Einmessung der Aufschlussansatzpunkte durch das Ingenieurbüro Köbsch im Juni und Juli 2022
- U 5 Laboruntersuchungen durch
 - GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
 - Geotechnisches Labor Ingenieurbüro Köbsch
- U 6 Interaktive Karten des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie unter www.umwelt.sachsen.de
- U 7 LAGA M 20 Richtlinie - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Stand 11/1997 und 2004
- U 8 Erlass des SMEKUL vom 09.01.2020 zur Gültigkeit der „Vorläufigen Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ in Sachsen (Recyclinglerlass)
- U 9 Geotechnische Unterlagen des Ingenieurbüros Köbsch:
 - Baugrundgutachten AZ 14/105 vom 22.01.2015
 - 1. Nachtrag AZ 15/041 vom 25.06.2015 zum Baugrundgutachten
 - 2. Nachtrag AZ 15/110 zum Baugrundgutachten (nur Anlagen)
 - Baugrundgutachten zur Voruntersuchung AZ 16/161 vom 08.12.2016
 - Baugrundgutachten AZ 21/096 vom 29.09.2021
- U 10 Eigene Archivunterlagen zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen der Ortslage 1977 bis 2022
- U 11 Literatur u. a.: Normenhandbuch EC 7, Band 1 und 2; Grundbautaschenbuch, Verlag Ernst & Sohn; DIN-Vorschriftenwerk; TGL-Vorschriftenwerk DDR; TEV-Vorschriften VEB Baugrund Berlin; DWA A-138; HENNER/TÜRKE: Statik im Erdbau, Verlag Ernst & Sohn; FLOSS: ZTVE-StB Kommentar, Kirschbaum Verlag Bonn; EA-Pfähle, 2. Auflage 2012; EA-Baugruben, 5. Auflage 2012, RStO 12, Ausgabe 2012, VOB/C 2016, LANGGUTH/VOIGT: Hydrogeologische Methoden, Springer Verlag; Abrasivitätsuntersuchungen an Lockergesteinen, DGGT, 2006, Bundesanstalt Straßenwesen (BAST) mit Was 7, Radonkarte Sachsen u. a.

2 Anlagenverzeichnis

- A 1 Übersichtsplan M 1: 10.000
- A 2 Aufschlussplan M 1: 250
- A 3 Aufschlussprofile
 - A 3.1 Aufschlussprofile RKS 1 – 4, DPH 1 – 4
 - A 3.2 Aufschlussprofile RKS 5, RKS 6b, DPH 5 – 7
 - A 3.3 Aufschlussprofile RKS 7a – 11
 - A 3.4 Aufschlussprofile RKS 12 – 16a
 - A 3.5 Aufschlussprofile RKS 1 08/21 – 5 08/21
- A 4 Legende der Kurzzeichen
- A 5 Laborprüfergebnis Bodenphysik (3 Blatt)
- A 6 Prüfbericht LAGA (15 Blatt)

3 Feststellungen

3.1 Veranlassung

Das Ingenieurbüro Köbsch erhielt den Auftrag, für die geplante Sanierung der Burg Hohnstein in Hohnstein eine Untersuchung der geologischen, hydrogeologischen und abfallfachlichen Verhältnisse durchzuführen und ein Baugrundgutachten (Geotechnisches Gutachten) zu erarbeiten.

3.2 Standort und geplante Baumaßnahme

Das Untersuchungsgebiet liegt in Hohnstein innerhalb und außerhalb des Burggeländes. Es ist die Sanierung der gesamten Burg Hohnstein geplant. Von den Fachplanern wurden Aufschlusspunkte vorgegeben und die folgenden Untersuchungsziele formuliert:

1. Fachplaner Tiefbau (DWG Planung und Beratung GmbH):

- Möglichkeit einer Regenrückhaltung bzw. Versickerung im Parkplatzbereich
- Verlegetechnologie für frostfreie Verlegung von Medien im Fels
- abfallfachliche Untersuchung

2. Fachplaner ARGE (BauEntwurf Pirna GmbH):

- Gründungsempfehlung für Turmdrehkran
- Tragfähigkeitsprüfung für Mobilkran

2. Fachplaner Außenanlagen (Evergreen Landschaftsarchitekten):

- Gründungsempfehlungen für Pavillon
- abfallfachliche Untersuchung

3.3 Baugelände und vorhandene Bauwerke

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb sowie unmittelbar nördlich der Burganlage der Burg Hohnstein. Höhenlage ca. 295 m üNN (Burggarten), ca. 299 m üNN (Parkplatz) und ca. 315 m üNN (Burghof).

Die sog. Felsenburg Hohnstein wurde auf einer markanten schroffen Felsklippe des Elbsandsteingebirges vermutlich um 1200 errichtet. Die Burganlage liegt unmittelbar nordöstlich des tief eingeschnittenen Polenztales.

Das Burggelände ist geprägt von diversen historischen Gebäuden, Wegen, Mauern, Treppen und Grünflächen. Die Untersuchungsflächen sind aufgrund der jahrhundertelangen Nutzung stark anthropogen beeinflusst.

Die Untersuchungsflächen sind unbefestigt (Schlossgarten, Parkplatz) sowie mit Pflaster oder Betonplatten befestigt (Zufahrt, Unterer und Oberer Burghof, Parkplatz lokal).



Abb. 1: Baugrunderkundung in der Durchfahrt

3.4 Baugrundverhältnisse

3.4.1 Allgemeines

Zur näheren Beurteilung der Baugrundverhältnisse und zur Probenahme wurden insgesamt 16 Rammkernsondierungen RKS und 7 Schwere Rammsondierungen DPH niedergebracht. Aufgrund von hohem Widerstand (Fels) mussten einzelne Aufschlüsse vor dem Erreichen der geplanten Endtiefe abgebrochen werden.

Die Aufschlüsse der Baugrunderkundung aus dem Jahr 2021 /U 9/ sind im Aufschlussplan (A 2) dargestellt und die Profile in Anlage A 3.5 noch einmal enthalten.

3.4.2 Geologische Verhältnisse

Regionalgeologisch liegt der Standort im Bereich einer Felshochlage. Folgendes Regelprofil / Baugrundmodell ist vorhanden:

- holozäne anthropogene Auffüllungen
- lokal pleistozäner Gehängelehm und Gehängeschutt
- kreidezeitlicher Sandstein

3.4.3 Schichtenverhältnisse

Am Standort liegen stark unterschiedliche Schichtenverhältnisse vor. Lokal konnte die Zuordnung (Auffüllung oder Fels) nicht eindeutig festgestellt werden.

In der überwiegenden Anzahl der Aufschlüsse lagert unter **anthropogenen Auffüllungen** von 0,5 m bis max. 4,0 m Tiefe der **kreidezeitliche Fels** (mäßig verwitterter bis frischer Sandstein). Erfahrungsgemäß ist die Felsoberfläche nicht stetig; lokal können Felssenken sowie Felsaufragungen auftreten.

Lokal steht unterhalb der Auffüllungen **pleistozäner Gehängelehm und -schutt** (Schluff, sandig, kiesig und Kies/Steine, sandig, schluffig) an. Einzelheiten vgl. Anlage A 3.

3.4.4 Lagerungsverhältnisse

Die Schweren Rammsondierungen DPH dienen der Feststellung der Lagerungsdichte des künstlich aufgefüllten und natürlich anstehenden Bodens. Sondiert wurde mit einem Spitzenquerschnitt von 15 cm². Die in den Anlagen 3 dargestellten Ramm diagrams zeigen auf der Abszisse die Schlagzahl n für jeweils 10 cm Eindringtiefe und auf der Ordinate die Tiefe in m. Eine Einordnung/Bewertung der Ergebnisse wurde in Tabelle 1 vorgenommen.

Tabelle 1: Einordnung/Bewertung der Rammsondierungen

Lagerung/Konsistenz des Bodens (I_D = bezogene Lagerungsdichte, I_c = Konsistenzzahl)	Tiefenbereich in m						
	DPH 1	DPH 2	DPH 3	DPH 4	DPH 5	DPH 6	DPH 7
überwiegend lockere bis mitteldichte Lagerung ($I_D < 0,4$) bzw. weich- bis steifplastische Konsistenz	0,0 – 2,2	0,0 – 0,9	0,0 – 2,9	0,0 – 2,5	0,0 – 1,3	0,0 – 1,5	0,0 – 1,0
mitteldichte bis dichte Lagerung ($I_D > 0,4$)	ab 2,2	ab 0,9	ab 2,9	ab 2,5	ab 1,3	ab 1,5	ab 1,0

3.5 Boden- und Felseigenschaften

Den angetroffenen Bodenschichten können die Eigenschaften nach Tabelle 2 zugeordnet werden. Organoleptisch wurden keine Bodenkontaminationen festgestellt.

Tabelle 2: Boden- und Felseigenschaften

Boden- und Felsart (geologische Bezeichnung)	Boden- und Felseigenschaften
[Sand, Kies, Steine] mit Fremdbestandteilen (Auffüllung, anthropogen, holozän)	<ul style="list-style-type: none">– heterogen zusammengesetzt, besteht aus mineralischen Böden (Sand, Kies, Steine), daneben aus Ziegel- und Betonstücken, Wurzeln u. a.– lockere bis vereinzelt mitteldichte Lagerung (Erfahrungswert)– überwiegend frostempfindlich (F 2 – F 3)– Laborprüfergebnisse vgl. Anlage A 5.3
Schluff, sandig, kiesig (Gehängelehm, pleistozän)	<ul style="list-style-type: none">– Breiige bis steifplastische Konsistenz (Schätzwert)– frostempfindlich (F 3)– Laborprüfergebnisse vgl. Anlage A 5.1
Kies, sandig, schluffig, steinig (Gehängeschutt, pleistozän)	<ul style="list-style-type: none">– mitteldichte Lagerung (Erfahrungswert)– gering frostempfindlich (F 2)– Laborprüfergebnisse vgl. Anlage A 5.2– kf-Wert (aus A 5.2): $8,8 \cdot 10^{-5}$ m/s
Sandstein (kreidezeitlicher Fels, mäßig verwittert bis frisch)	<ul style="list-style-type: none">– plattig-bankige Verwitterung bis kompakter Fels– sehr dicht gelagert (Erfahrungswert)– nicht frostempfindlich

3.6 Grund- und Schichtenwasserverhältnisse

Während der Erkundungsarbeiten im Juni und Juli 2022 wurde kein Grund- bzw. Schichtenwasser angetroffen.

Am Standort ist im baugrundrelevanten Tiefenbereich kein zusammenhängender Grundwasserspiegel vorhanden.

In Abhängigkeit von der Jahreszeit und intensiven Niederschlägen kann in den anthropogenen Auffüllungen und auf der Felsoberfläche Schichten- und Stauwasser auftreten.

3.7 Abfallfachliche Eigenschaften der Böden und Materialien

Aus den Aufschlüssen wurden auftragsgemäß Einzelproben entnommen, teilweise zu Mischproben vereinigt und nach LAGA-TR Boden (2004) und LAGA-TR Recyclingbaustoffe (1997) sowie den „Vorläufigen Hinweisen zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ in Sachsen (im Folgenden Recyclerlass genannt) analysiert.

Die Ergebnisse und die Bewertung der laborativen Analysen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Einzelheiten zu den Untersuchungsergebnissen vgl. Anlage A 6.

Die Proben besitzen demnach die folgenden Zuordnungswerte:

- MP 1 (Parkplatz RKS 4, 5 und 6) => Z 2 bzw. W 1.2
- P 1 (RKS 11) => Z 0
- P 2 (RKS 13) => Z 2
- P 3 (RKS 15) => Z 2
- P 4 (RKS 16) => Z 2 bzw. > W 2

Tabelle 3: Einordnung der Proben nach LAGA-TR und Recyclerlass

(Labor)Probennummer	Aufschluss (Entnahmetiefe in m)	Zuordnungswert nach LAGA		Zuordnungswert nach Recyclerlass
		im Feststoff	im Eluat	
Probe MP 1 2241520-004	RKS 4 (0,1 – 0,8) RKS 5 (0,3 – 1,0) RKS 6 (0,2 – 0,8)	Z 2 (Hg, Zn) Z 1.1 (PAK, Pb, Cu)	Z 1.2 (As, Pb)	W 1.2 (As, Pb)
Probe P 1 2241520-001	RKS 11 (0,1 – 1,8)	Z 0	Z 0	-
Probe P 2 2241520-002	RKS 13 (0,0 – 0,6)	Z 2 (PAK, Benzo(a)pyren) Z 1 (TOC, Pb, Hg, Zn)	Z 1.2 (Sulfat)	-
Probe P 3 2241520-003	RKS 15 (0,0 – 1,5)	Z 2 (PAK) Z 1 (TOC, Hg, Zn, Benzo(a)pyren)	Z 0	-
Probe P 4 2241580-001	RKS 16 (0,2 – 2,0)	Z 2 (PAK)	Z 0	> W 2 (PAK)

4 Bodenklassifikation, Homogenbereiche und Bodenkennwerte

Die bisher übliche Einteilung in Boden- und Felsklassen (DIN 18300) und Bohrbarkeitsgruppen (DIN 18301) sowie weitere ATV- Normen der VOB/C 2012 wurde in der VOB/C 2019 durch die sogenannten **Homogenbereiche** ersetzt.

In Tabelle 4 sind die Bodenklassen und Bohrbarkeitsgruppen der VOB/C 2012 (informativ) und in Tabelle 5 die Homogenbereiche für DIN 18300 und DIN 18301 nach VOB/C 2019 dargestellt. Die Abrasivität des Sandsteins wurde gemäß Absprache mit Herrn Terno nicht untersucht, kann jedoch bei Bedarf und dem Vorliegen eines geeigneten Probekörpers nachgeholt werden.

Tabelle 4: Bodenklassifikation VOB/C 2012 und DIN 18196

Boden- und Felsart (geolog. Bezeichnung)	Bodenklasse nach DIN 18300	Bohrbarkeitsgruppe nach DIN 18301	Gruppensymbol nach DIN 18196
[Sand, Kies, Steine] mit Fremdbestandteilen (Auffüllung, anthropogen, holozän)	3 – 5 ¹⁾	BN 2, BS 1, BS 3	A [GU, SU]
Schluff, sandig, kiesig (Gehängelehm, pleistozän)	3 – 5	BN 2, BB 1, BB 2	TL, SU*
Kies, sandig, schluffig, steinig (Gehängeschutt, pleistozän)	3 – 5	BN 2, BS 1	GU, GU*, SU*
Sandstein (kreidezeitlicher Fels, mäßig verwittert bis frisch)	6, überwiegend 7	FV 3 – FV 6, FD 2	-

* ... Feinkorngehalt > 15 % - 40 %

¹⁾ Der Abbruch von unterirdischen Bauwerken (Fundamente u. a.) ist ggf. gesondert zu vereinbaren.

Tabelle 5: Homogenbereiche/Bodenklassifikation VOB/C 2019
(nur DIN 18300 und DIN 18301)

Boden- und Felsart (geolog. Bezeichnung)	Homogen- bereich HB	KV siehe Anlage	Massen- anteil > 63 mm	Eigenschaften bindige Böden (I _c , w)	Eigenschaften nichtbindige Böden (I _D)
[Sand, Kies, Steine] mit Fremdbestandteilen (Auffüllung, anthropogen, holozän)	HB 1	A 5.3	bis 30 % ²⁾	-	locker (I _D < 0,4) ²⁾
Schluff, sandig, kiesig (Gehängelehm, pleistozän)	HB 2	A 5.1	bis 20 % ²⁾	w = 15 – 25 % ²⁾ I _c = 0,5 – 1,0 ²⁾	-
Kies, sandig, schluffig, steinig (Gehängeschutt, pleistozän)	HB 3	A 5.2	bis 30 % ²⁾	-	locker bis mitteldicht (0,3 < I _D < 0,7) ²⁾
Sandstein (kreidezeitlicher Fels, mäßig verwittert bis frisch)	HB 4	<u>Eigenschaften Fels:</u> verfärbt, veränderlich Druckfestigkeit, einaxial: 25 – 50 MPa Trennflächen: k.A. wg. zu geringer Eindringtiefe Abrasiveität: k.A., kein Prüfkörper gewonnen			

KV ... Korngrößenverteilung

w ... Wassergehalt

I_D ... bezogene Lagerungsdichte

A ... Abrasivität (LAK-Wert)

I_c ... Konsistenzzahl

n.b... nicht bestimmt

¹⁾ Der Abbruch von unterirdischen Bauwerken (Fundamente u.a.) ist ggf. gesondert zu vereinbaren.

²⁾ Schätzwert

Den anstehenden Baugrundsichten können die bodenmechanischen Kennwerte (charakteristische Werte) nach Tabelle 6 zugeordnet werden.

Tabelle 6: Bodenkennwerte

Boden- und Felsart (geolog. Bezeichnung)	wirksamer Reibungs- winkel φ'_k [°]	wirksame Kohäsion c'_k [kN/m²]	natürliche Rohwichte $\gamma_{n,k}$ [kN/m³]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m²]
[Sand, Kies, Steine] mit Fremdbestandteilen (Auffüllung, anthropogen, holozän)	30 – 33	-	20	(15 – 30)
Schluff, sandig, kiesig (Gehängelehm, pleistozän)	30	10	19	15 – 20
Kies, sandig, schluffig, steinig (Gehängeschutt, pleistozän)	34	0	19	30 – 50
Sandstein (kreidezeitlicher Fels, mäßig verwittert bis frisch)	-	-	21 – 22	150 – 300

Klammerwerte () gelten nur zur Abschätzung; für die Bemessung sind die Klammerwerte nicht zu verwenden.

5 Gründungstechnische Schlussfolgerungen

5.1 Allgemeines

Es ist mit erhöhtem Bau- und Gründungsaufwand zu rechnen:

- Felsabbrucharbeiten für Leitungsverlegung
- im Bereich Parkplatz voraussichtlich keine Versickerung von Regenwasser möglich
- Bodenaustauschmaßnahmen bzw. Tiefergründung für das Kranfundament bis zur Felsoberfläche
- Bodenverbesserungs- bzw. Bodenaustauschmaßnahmen für den Mobilkran
- Gründung des Pavillons auf Fels
- Entsorgung von Böden und Materialien

5.2 Gründungsschichten

In Tabelle 7 werden die angetroffenen Bodenschichten hinsichtlich ihrer Eignung für die geplanten Baumaßnahmen beurteilt.

Tabelle 7: Eignung der Baugrundsichten für den Straßen- und Wegebau

Bodenart (geologische Bezeichnung)	Eignung für Gründungen, Verkehrsflächen und die Leitungsverlegung
[Sand, Kies, Steine] mit Fremdbestandteilen (Auffüllung, anthropogen, holozän)	<ul style="list-style-type: none">– ungeeignet für die Krangründung– nach Vorbehandlung als Planum für den Mobilkran möglich– für Leitungsverlegung und als Planum für Verkehrsflächen zum Teil geeignet, lokal sind Planumsverbesserungen notwendig
Schluff, sandig, kiesig (Gehängelehm, pleistozän)	<ul style="list-style-type: none">– <u>breiige und weiche Konsistenz</u>: ungeeignet für jegliche Verwendung– <u>steifplastische und halbfeste Konsistenz</u>: geeignet als Leitungssohle, geeignet für untergeordnete Gründungen– nicht versickerungsfähig
Kies, sandig, schluffig, steinig (Gehängeschutt, pleistozän)	<ul style="list-style-type: none">– als Planum für Verkehrsfläche geeignet– bei mindestens mitteldichter Lagerung für Gründungen geeignet– mäßig versickerungsfähig (nur empirischer Wert vorhanden!)
Sandstein (kreidezeitlicher Fels, mäßig verwittert bis frisch)	<ul style="list-style-type: none">– als Planum für Verkehrsfläche und als Leitungsgrabensohle geeignet– geeignet für Gründungen aller Art– überwiegend nicht versickerungsfähig; nur im Bereich von Felsklüften versickerungsfähig

5.3 Gründungsmaßnahmen

5.3.1 Allgemeines

Für Bodenaustauschmaßnahmen bzw. ein Gründungspolster gelten folgende Anforderungen:

Als Material sind ausschließlich mineralische Brechkorngemische mit Zertifikat z. B. Frostschutz- oder Schottertragschicht 0/32 oder 0/45 einzusetzen. Vor dem Einbau ist die Sohle mit geeigneten Geräten nachzuverdichten. Ungeeignete Böden bzw. Materialien sowie entfestigte und aufgelockerte oder aufgeweichte Böden sind zu entfernen und durch geeignetes Bodenaustauschmaterial zu ersetzen. Hierzu zählen auch nicht vorhersehbare Störungen im Untergrund wie alte Gruben, Schächte etc. die durch die punktförmige Erkundung verfehlt bzw. nicht erkannt und erst im Zusammenhang mit der Baugrubenabnahme sicher festgestellt werden können. Vgl. Abschnitt 6.

5.3.2 Gründungsmaßnahmen unterirdische Leitungen/Medien

Bei Einhaltung der Verlegetiefe für die unterirdischen Leitungen ist in der Leitungsgrabensohle mit folgenden Böden zu rechnen:

- anthropogene Auffüllungen
- schwach verwitterter bis frischer Fels

Es wird eingeschätzt, dass die o. g. Böden als Gründungsschicht für Leitungen überwiegend geeignet sind. Leitungsverlegungen auf anthropogenen Auffüllungen erfordern voraussichtlich eine Bodenverbesserung bzw. Bodenaustauschmaßnahmen.

Für den Felsabbruch kann grundsätzlich Meißel- oder Frästechnik eingesetzt werden. Bei der Meißeltechnik sind folgende Nachteile zu beachten bzw. zu berücksichtigen:

- voraussichtlich kein definierter Leitungsgraben aufgrund der plattig-bankigen Sandsteinklüftung herstellbar (Graben wird durch Ausbrüche breiter)
- geringe Erschütterungen möglich

In der Verlegesohle ggf. anstehende organische Böden, ungeeignete Auffüllungen wie z. B. sperrige und nicht verdichtbare Materialien oder weichplastisch-breiige bindige Böden sind grundsätzlich durch Bodenaustausch zu ersetzen.

Für die Verfüllung der **Leitungszone** (= Einbettung) sind verdichtungsfähige Böden mit Größtkorn < 11 bzw. 20 mm einzubringen und auf $D_{Pr} > 97 \%$ zu verdichten. Die anfallenden Aushubmassen können dafür voraussichtlich nicht bzw. nur lokal wiederverwendet werden. Vgl. Abschnitt 6.

Für die im Straßenbereich liegenden **Überschüttungen** der Leitungszone gelten die Forderungen nach ZTV E-StB 17, Abschnitt 9.

Für die Überschüttungszone können die **beim Grabenaushub anfallenden gemischt-körnigen Aushubmassen nur vereinzelt wiederverwendet** werden. Wird Fels abgebrochen, können die überwiegend steinigen bis blockigen Abbruchmaterialien ohne besondere Behandlung (Brecheranlage) nicht wiederverwendet werden.

Ggf. notwendige Verbaumaßnahmen sind unter Beachtung der DIN 4124 zu planen.

5.3.3 Gründungsmaßnahmen Turmdrehkran und Mobilkran

Es wird empfohlen, den Turmdrehkran auf dem schwach verwitterten bis frischen Fels zu gründen, der in folgenden Tiefen ansteht:

- RKS 1/DPH 1: 2,2 m unter GOK
- RKS 2/DPH 2: 0,9 m unter GOK
- RKS 3/DPH 3: 2,9 m unter GOK
- RKS 4/DPH 4: 2,9 m unter GOK

Die Gründung kann mit tiefgeführten Einzelfundamenten bzw. mit Brunnen erfolgen. Wird eine Boden- bzw. Fundamentplatte angeordnet, ist von UK Bodenplatte bis OK Fels (Tiefenangaben siehe oben) ein Gründungspolster (Bodenaustausch) gemäß Abschnitt 5.3.1 anzuordnen.

Unterhalb der Lastverteilungsplatten des Mobilkrans werden Bodenaustauschmaßnahmen mit geeignetem Material (vgl. Abschnitt 5.3.1) bis mindestens 0,5 m Tiefe empfohlen. Hinweis: Derzeit liegen noch keine Lastangaben für den Mobilkran vor! Sobald diese vorliegen, sind die o. g. Maßnahmen zu prüfen und ggf. neu zu bewerten!

5.3.4 Gründungsmaßnahmen Pavillon

Der Pavillon kann mittels Einzel- oder Streifenfundamenten auf dem schwach verwitterten bis frischen Fels, der bei ca. 0,6 m Tiefe ansteht, gegründet werden. Hinweis: Aufgrund der unebenen Felloberfläche können die Tiefen lokal abweichen.

Unterhalb des Fußbodens wird ein Bodenaustausch von 0,5 m empfohlen, da die vorhandenen Auffüllungen (Sand) voraussichtlich nur schlecht verdichtbar sind.

5.4 Versickerungstechnische Schlussfolgerungen

Der für die Versickerung von Niederschlagswasser geplante Standort auf dem Parkplatz zwischen Garage und Zufahrt zur Burg ist für eine konzentrierte Versickerung von Niederschlagswasser nicht geeignet. Im Bereich der RKS 6b steht der Fels ab ca. 1,0 m Tiefe an. Der in RKS 5 unterhalb der anthropogenen Auffüllungen erkundete gemischtkörnige Gehängelehm und Gehängeschutt ist für eine Versickerung gleichfalls nicht geeignet. Vgl. hierzu Abschnitt 7.

5.5 Angaben zur Bemessung

Der in der Gründungssohle anstehende verwitterte bis frische Fels ist nicht frostempfindlich. Bei oberflächennahen Gründungen in den Lockergesteinen ist eine Mindesteinbindetiefe von 1,0 m zu gewährleisten.

Fundamente können über den Nachweis der Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 und des Setzungsverhaltens nach DIN 4019 bemessen werden. Maßgebend hierfür sind die bodenmechanischen Kennwerte entsprechend Abschnitt 4.

Flächengründung (Fundament- bzw. Bodenplatte)

Für Flächengründungen kann die Bemessung der Platte nach dem Bettungsmodulverfahren vorgenommen werden. Bei diesem Verfahren ist vorerst eine Setzungsberechnung im kennzeichnenden Punkt für eine mittlere Gebäudelast durchzuführen.

Der Bettungsmodul ist unter Verwendung der Beziehung $k_s = \sigma_{a0} / s$ zu ermitteln.

Bei der Bemessung der Fundamentplatte nach dem Steifemodulverfahren können die entsprechenden Kennwerte aus der Tabelle (vgl. Abschnitt 4.) entnommen werden.

Orientierend kann für die Bemessung der Fundamentplatte, die auf dem verwitterten bis frischen Fels gegründet wird, unter Berücksichtigung einer mittleren char. Bodenpressung von 50 kN/m² folgender Bettungsmodul k_s verwendet werden:

- unterer Grenzwert $k_s = 45 \text{ MN/m}^3$
- oberer Grenzwert $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$

Flachgründung mit Einzel- und Streifenfundamenten

Eine Fundamentbemessung kann über die Bemessungswerte der Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ nach EC 7-1 bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} (zulässige Bodenpressung) nach DIN 1054:2005 durchgeführt werden. In Anlehnung an die o. g. Normen gelten für lotrecht und mittig belastete Einzel- und Streifenfundamente folgende Werte; hierbei beträgt die Einbindetiefe mindestens 1,0 m:

schwach verwitterter bis frischer Fels (Sandstein):

Streifenfundamente $b = 0,5 - 1,5 \text{ m}$: $\sigma_{R,d} = 1120 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\sigma_{zul} = 800 \text{ kN/m}^2$

Einzelfundamente $a/b < 2$; $b < 2,0 \text{ m}$: $\sigma_{R,d} = 1340 \text{ kN/m}^2$ bzw. $\sigma_{zul} = 960 \text{ kN/m}^2$

Erläuterung: Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ nach Normenhandbuch EC 7-1 entspricht nicht den aufnehmbaren Sohldrücken σ_{zul} nach der nicht mehr gültigen DIN 1054:2005-01. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ ergibt sich aus der Formel:

$$\sigma_{R,d} = \sigma_{zul} * 1,4$$

Für den Nachweis ist der Bemessungswert des Sohlwiderstandes dem Bemessungswert der Einwirkung gegenüberzustellen.

6 Hinweise für die Bauausführung

6.1 Wasserhaltung

Eine Wasserhaltung ist voraussichtlich nicht notwendig.

6.2 Wiederverwendung der Aushubmassen

Für die beim Baugrubenaushub anfallenden Böden/Fels gilt:

- **Anthropogene Auffüllungen** sind fachgerecht zu entsorgen bzw. am Standort für untergeordnete Auffüllungen ohne Verdichtungsanforderungen wiederzuverwenden. Inwieweit ein Einbau in der Verfüllzone in Frage kommt, ist von der Kornverteilungskurve abhängig und im Einzelfall zu prüfen.
- **Gehängelehm/-schutt** kann am Standort für untergeordnete Auffüllungen ohne Verdichtungsanforderungen wiederverwendet werden.
- **verwitterter bis frischer Fels** ist ohne eine fachgerechte Zerkleinerung und Fraktionierung (Brecheranlage) nicht wiederverwendbar.

6.3 Baugrubenherstellung und -sicherung

In der Fundament- bzw. Baugrubensohle lagernde anthropogen aufgefüllte bzw. aufgelockerte / entfestigte Böden sind zu entfernen und durch Beton (Vorzugsvariante) bzw. geeignete verdichtungsfähige Böden aufzufüllen.

Die **Baugrubensohlen im Lockergestein** sind nachzuverdichten (nichtbindige Böden) bzw. glatt abzuziehen (bindige Böden).

Baugrubensohlen im Fels sind eben herzustellen und von lockeren Steinen, Felspartien, etc. zu beräumen. Aufgrund der zu erwartenden Felsstruktur ist voraussichtlich ein geringes Gründungspolster (Bodenaustausch aus geeigneten Böden oder Beton) von ca. 0,2 m zur Egalisierung der unebenen Felsoberfläche erforderlich.

Baugrubenböschungen bis 3,0 m Höhe können unter Beachtung der DIN 4124 – soweit dies örtliche Verhältnisse (Wege, Straßen, Grundstücksgrenzen, angrenzende Bauwerke, unterirdische Leitungen, Schächte, Einfriedungen u.a.) zulassen – wie folgt hergestellt werden:

- in der anthropogenen Auffüllung und im Gehängeschutt unter 45°
- in den anstehenden bindigen Böden (Gehängelehm) unter 60°, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
 - kein Schichtenwasseraustritt aus den Böschungen
 - mindestens steifplastische Konsistenz der bindigen Böden
 - Einhaltung eines lastfreien Streifens von $\geq 1,5$ m ab Böschungsoberkante
 - Abhängen der Böschungen mit wasserundurchlässigen Planen
- im vollständig bis stark verwitterten Fels unter 60°
- im mäßig verwitterten bis frischen Fels unter 80°

In unmittelbarer Nähe von Gebäuden bzw. bei deren Freilegung ist die DIN 4123 zu beachten.

6.4 Sonstiges

An den umliegenden bzw. angrenzenden Bauwerken, Gebäuden und Straßen, die durch die Baumaßnahme tangiert werden, sind **Beweissicherungen** vorzunehmen.

Zur Rammpbarkeit der Böden gelten zusammenfassend folgende Angaben:

- | | |
|--|----------------------------------|
| – Aufgefüllte Böden
(außer Fundamenten usw.): | leicht bis mittelschwer rammpbar |
| – Gehängelehm: | leicht bis mittelschwer rammpbar |
| – Gehängeschutt: | mittelschwer bis schwer rammpbar |
| – zersetzter Fels: | schwer bis sehr schwer rammpbar |
| – verwitterter Fels: | nur mit Vorbohrungen rammpbar |

6.5 Baugrubenabnahme

Es ist erforderlich, den unterzeichnenden geotechnischen Sachverständigen

- **für Gründungsberatungen**
- **für die Abnahme der Ausschachtungssohlen**
- **zur Festlegung von Bodenersatzdicken (Gründungspolster)**

hinzuzuziehen. Der Unterzeichnende ist hierfür gesondert zu beauftragen.

7 Hinweise für weitere Untersuchungen

Für die Verbringung des anfallenden Regenwassers im Abschnitt des Parkplatzes wird Folgendes vorgeschlagen:

- geotechnische Erkundung und Dokumentation der Felsoberfläche im Zusammenhang mit der Bauausführung
- Durchführung von in-situ-Versickerungsversuchen in ggf. vorhandenen Felsklüften

Führen die o.g. Versuche zu keinem Ergebnis, wird empfohlen, weitere Optionen zu prüfen (Versickerung im Bärengarten oder nördlich des Unteren Burggartens).

8 Schlussbemerkungen

Das vorliegende Baugrundgutachten wurde anhand der Untersuchungsergebnisse (Anlagen) und der unter Abschnitt 1. genannten Unterlagen erarbeitet und ist nur für die Planung und Bauausführung der o.g. Baumaßnahme zugelassen. Jegliche den Baugrund tangierende Planungsänderungen (Last- und/oder Lageänderungen, höhenmäßige Einordnung etc.) bedürfen der Neubetrachtung durch den Unterzeichnenden.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass mit der Anzahl der Aufschlüsse nur eine stichprobenhafte Erkundung des Standortes vorgenommen werden konnte. Dies ermöglicht für die umliegenden Bereiche Wahrscheinlichkeitsaussagen zu den geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen, schließt jedoch Abweichungen nicht aus. Aus diesem Grund sowie zur Minimierung des Baugrundrisikos wird eine geotechnische Fachbaubegleitung dringend empfohlen. Bei der Durchführung der Baumaßnahme sind alle gültigen Normen, Vorschriften und Richtlinien (DIN, ZTVE, DWA, etc.) zu beachten.

Für weitere Fragen stehe ich zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Wolfgang Köbsch

Dipl.-Ing. für Geotechnik
Sachverständiger für Geotechnik
Beratender Ingenieur



Dipl.-Ing. Markus Köbsch

Dipl.-Ing. für Geotechnik
Beratender Ingenieur