

**Bebauungsplan „Hotel/Pension Am Bergwald“
in Kurort Gohrisch, OT Kleinhennersdorf**

Landkreis Sächsische Schweiz – Osterzgebirge

Baugrunduntersuchung zum Standsicherheitsnachweis
und der Versickerungsfähigkeit des Baugrunds

IFG-Projekt-Nr.: 017-02-15

Auftraggeber: Immobilien LG Verwaltungsgesellschaft
Pension „Am Bergwald“
Hauptstraße 2
01824 Gohrisch, OT Kleinhennersdorf
Telefon: 035028 / 80170

Planung: Architekturbüro Kunze Ulrike und Uwe
Neue Hauptstraße 123
01824 Kurort Gohrisch
Telefon: 035021 / 682-83
Fax: 035021 / 682-96

Verfasser: IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH
Purschwitzer Straße 13
02625 Bautzen
Telefon: 03591 / 6771-30
Fax: 03591 / 6771-40

Bautzen, 12.03.2015



.....
Dipl.-Ing. (FH) Sascha Hunold
Projektbearbeiter



.....
Dipl.-Ing. Arnd Böhmer
Geschäftsführer



Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Zusammenfassung	4
1. Veranlassung und Zielstellung	4
2. Unterlagen	5
3. Erkundungsumfang	6
4. Baugrundbeschreibung	7
4.1. Allgemeine geologische und hydrogeologische Verhältnisse	7
4.2. Erkundungsergebnisse Baugrund.....	7
5. Felduntersuchung Versickerungsfähigkeit	8
6. Baugrundmodell	9
6.1. Baugrundsichtung	9
6.2. Bodenmechanische Kennwerte	10
6.3. Bodenklassen und Frostempfindlichkeit	11
7. Gründungsempfehlung	11
8. Standsicherheit Haldenböschung	12
8.1. Bemessungssituationen und Teilsicherheiten	12
8.2. Beschreibung der Böschungsverhältnisse	13
8.3. Standsicherheitsnachweise: Lastannahmen und Einwirkungen	13
8.4. Ergebnisse der Böschungsstandsicherheitsberechnung	14
8.5. Bewertung der Ergebnisse zur Böschungsstandsicherheit.....	15
9. Sonstige Hinweise	15

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1	Übersicht Erkundungsprogramm Baugrund 6
Tabelle 2	Baugrundsichten 9
Tabelle 3	Bodenmechanische Kennwerte 10
Tabelle 4	Bodenklassen 11
Tabelle 5	Lastfälle Teilsicherheitsbeiwerte (EC 7 bzw. DIN 1054:2010) 12
Tabelle 6	Bodenmechanische Kennwerte Sickerschicht..... 13
Tabelle 7	Lastfälle Böschungsbruchberechnung 14
Tabelle 8	Ergebnisse Standsicherheit Haldenböschung 14

Anlagenverzeichnis

	Blattzahl
Anlage 1	Übersichtskarte, M 1 : 10.000 1
Anlage 2	Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1 : 1.000 1
Anlage 3	Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile..... 8
Anlage 4	Baugrundprofilschnitte
Anlage 4.1	Deponieböschung RKS 1 – RKS 2..... 1
Anlage 4.2	Bungalow Neubau RKS 3 – RKS 4 1
Anlage 5	Feldprotokoll zur Bestimmung der Versickerungsrate nach DIN 19682-7..... 2
Anlage 6	Standsicherheitsberechnung Haldenböschung 6

0. Zusammenfassung

- (1) Der Baugrund ist für Gründungszwecke sehr gut geeignet.
- (2) Eine Versickerung von Oberflächenwasser ist problemlos möglich.
- (3) Zur Gewährleistung einer hinreichenden Standsicherheit der Haldenböschung ist eine Abflachung auf mindestens 1 : 1,5 mit Einbau einer Auflastsickerschicht nötig.
- (4) Hausmüllähnliche Abfälle, Bauschutt oder Hohlräume wurden in der Haldenböschung nicht angetroffen.

1. Veranlassung und Zielstellung

Im Rahmen der Aufstellung des Bebauungsplanes „Hotel/Pension Am Bergwald“ /3/ wurde durch das LfULG Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie eine Stellungnahme abgegeben, in der eine Auseinandersetzung mit der Versickerungsfähigkeit des Baugrundes und der Standsicherheit einer Böschung (Bereich Halde) gefordert wird /1/.

Anhand der Stellungnahme durch das LfULG wurde die IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH aus Bautzen von der Immobilien LG Verwaltungsgesellschaft Pension „Am Bergwald“ mit der dafür erforderlichen Baugrunderkundung beauftragt. Aus den Erkundungsergebnissen sollen Aussagen und Beurteilungen zu folgenden Schwerpunkten getroffen werden (/1/, /2/):

- Beurteilung der geologischen und hydrogeologische Verhältnisse,
- Angabe der erkundeten Grundwasserstände,
- Bodengruppen nach DIN 18196,
- Bodenklassen nach DIN 18300,
- Angabe der bodenmechanischen Kennwerte der angetroffenen Bodenschichten,
- Angaben zur Wasserdurchlässigkeit des Untergrunds für die Bemessung der Regenwasserversickerung,
- Standsicherheitsuntersuchung der nordwestlich gelegenen Halde,
- Bewertung der Erosionsempfindlichkeit der Halde, ggf. Vorschläge für Sicherungsmaßnahmen,
- Ausarbeitung von Empfehlungen für die Planung.

2. Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden neben den einschlägig bekannten Normen und Regelwerken für die Planung der Feldarbeiten sowie für die Erarbeitung des Gutachtens verwendet:

- /1/ Angebotsabfrage mit Aufgabenstellung: Bebauungsplan „Hotel/Pension Am Bergwald“ in Kurort Gohrisch, OT Kleinhennersdorf, Architekturbüro Kunze, am 17.01.2015 gesendet per E-Mail (incl. Auszug aus der Stellungnahme LfULG).
- /2/ Angebot: Angebot-Nr AN/2015/029-0, Bebauungsplan „Hotel/Pension Am Bergwald“ in Kurort Gohrisch, OT Kleinhennersdorf – Baugrunduntersuchung und Versickerungsnachweis, IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH, Bautzen den 02.02.2015.
- /3/ Bebauungsplan mit integriertem Grünordnungsplan „Hotel/Pension Am Bergwald“, Gemeinde Gohrisch OT Kleinhennersdorf, 3. Entwurf – Architekturbüro Kunze, Kurort Gohrisch den 27.11.2014.
- /4/ Lithofazieskarte Quartär, M 1:50.000, Blatt 2769 Pirna, Zentrales Geologisches Institut Berlin, 1983.
- /5/ Geologische Karte der Nationalparkregion Sächsische Schweiz, M 1:50.000, Geologische Regionalkarte 1, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg 1993.
- /6/ Hydrogeologische Karte der DDR, Blatt 1310-1/2 Bad Schandau / Sebnitz, 1310-3 Zeisigstein VEB Kombinat Geologische Forschung & Erkundung Halle, 1984.
- /7/ Topografische Karte, M 1:10.000, Blatt 5550-SO „Bad Schandau“, Landesvermessungsamt Sachsen, 1. Auflage 1993.
- /8/ Leitungsauskünfte der Medienträger.

3. Erkundungsumfang

Die Erkundung der Baugrundverhältnisse erfolgte am 25.02.2015. Entsprechend der Aufgabenstellung wurden an der Böschung der nordwestlich gelegenen Halde zwei Rammkernsondierungen (RKS 1 und 2) zur Ermittlung des Böschungsverhältnisse ausgeführt. Dabei wurde die RKS 1 oberhalb der Böschung angesetzt und bis auf 6,0 m abgeteuft. Die RKS 2 wurde am Böschungsfuß angesetzt und bis zur Grenze der Rammbarkeit (bis OK Festgestein) gebohrt.

Für die Bestimmung der Versickerungsfähigkeit des Baugrunds wurden im Bereich der neugeplanten Bungalows zuerst zwei Rammkernsondierungen (RKS 3 und RKS 4) zur Erkundung des Untergrundaufbaus und Ermittlung einer versickerungsfähigen Schicht bis jeweils 3,0 m u. GOK abgesetzt. Danach wurde am Bohransatzpunkt der RKS 3 ein Versickerungstest zur Bestimmung der Versickerungsrate mittels Doppelring-Infiltrometer nach DIN 19682-7 ausgeführt.

Eine Übersicht über die Lage der Aufschlüsse geben die Anlage 2 und die nachfolgende Tabelle 1.

Tabelle 1 Übersicht Erkundungsprogramm Baugrund

Bohrungsnummer	Lage	Ansatzhöhe (lokaler Höhenbezug)	geplante Endteufe [m u. GOK]	erreichte Endteufe [m u. GOK]
RKS 1	Böschungskrone der Halde	108,71	6,00	4,00
RKS 2	Böschungsfuß Halde	100,57	4,00	0,50
RKS 3	westlicher Bereich der Bungalowbebauung	98,87	3,00	3,00
RKS 4	östlicher Bereich der Bungalowbebauung	98,87	3,00	3,00

Die Erkundungsbohrung RKS 2 musste bei Erreichen der Grenze der Rammbarkeit vorzeitig bei 0,5 m u. GOK abgebrochen werden. Nach Begutachtung des Bohrguts (Sandsteinzersatz) ist davon auszugehen, dass hier die OK Festgestein erreicht wurde.

Nach Beendigung der Bohrarbeiten wurden die Bohrlöcher mit Bohrgut verfüllt.

Die Bohrungen wurden mittels Nivelliergerät auf der Grundlage des Bebauungsplanes /3/ abgesteckt und in Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenbezug diente ein südlich der Haldenböschung vorhandener Schachtdeckel, dessen Höhe mit +100,0 m festgelegt wurde. Ein Bezug auf ein geodätisches Höhensystem (Lageplan) war leider nicht möglich.

4. Baugrundbeschreibung

4.1. Allgemeine geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Das geologische Kartenmaterial /4/ und /5/ weist für den Untersuchungsstandort als oberste anstehende Bodenschicht eine geringmächtige (< 2,0 m) weichselkaltzeitliche Lösslehmschicht aus, welche überwiegend umgelagert (Gehängelehm) wurde. Darunter folgt bereits die Quartärbasis aus Quarzsandstein, welcher in den oberen Lagen verwittert bis zersetzt ansteht.

Nach Angaben der hydrogeologischen Karte /6/ bildet der anstehende Quarzsandstein einen Sandsteinaquifer mit einer Mächtigkeit von 20...50 m. Der ausgewiesene Grundwasserflurabstand beträgt 20...30 m und die Grundwasserfließrichtung ist nach Norden zum Elbtal gerichtet.

Nördlich des Untersuchungsgebiets befindet sich ein Altsteinbruch, welcher als Deponie genutzt wurde. Die Altdeponie / Altsteinbruch ist im sächsischen Altlastenkataster mit der SALKA-Nr. 87112301 und den Flurstücken 62/1 und 62/2 erfasst. 1999 wurde die Altdeponie saniert und abgedeckt.

4.2. Erkundungsergebnisse Baugrund

Haldenböschung:

In der Böschung der Halde steht im oberen Bereich eine geringmächtige (ca. 15 cm) Oberbodenschicht (**Schicht 0 - OH**) auf einer Auffüllung an. Die Auffüllung wurde von Böschungsoberkante bis in eine Tiefe von 5,2 m u. GOK aufgeschlossen. Die oberen Lagen der Auffüllung (**Schicht 1a**) bestehen aus einem kiesigen Sand-Schluff-Gemisch (**UL, SU***) und sind als überwiegend bindig zu beschreiben. Die Konsistenz der bindigen Auffüllung ist halbfest.

Von 2,90 m u. GOK bis 5,2 m u. GOK steht eine nicht bindige Auffüllung (**Schicht 1b**) in der Böschung an. Die nicht bindige Auffüllung besteht aus überwiegend schluffig, tonigem Sand mit wechselnden Kiesanteilen von schwach bis stark kiesig (**[SU], [GU]**). Die Auffüllung besteht aus standorttypischen Abtragsböden (Gehängelehm, Verwitterungslehm und Sandsteinersatz). Nennenswerte Mengen an Abfällen oder Bauschutt sowie Hohlräume wurden in der Auffüllung nicht angetroffen.

Unter der Auffüllung steht ab 5,2 m u. GOK gewachsener Boden in Form von Gehängelehm (**Schicht 2**) an. Der Gehängelehm besteht aus einem feinsandigen Schluff (UL) in steifer Konsistenz.

Am Böschungsfuß wurde der Gehängelehm abgetragen, so dass hier bereits unter einer geringmächtigen Wegbefestigung (ca. 5 cm Schotter) der Sandsteinersatz (**Schicht 3a**) in Form eines stark tonigen und kiesigen Sandes (**ST***, **Zv**) in steifer bis halbfester Konsistenz ansteht. Ab 0,5 m u. GOK am Böschungsfuß war der Sandsteinersatz nicht mehr rammbar. Hier wurde die OK Festgestein aus Quarzsandstein (**Schicht 3b - Zv, Z**) erkundet.

In der Böschung wurde Schichtwasser, welches sich oberhalb der gering wasserdurchlässigen Gehängelehmschicht in der nicht bindigen Auffüllungsschicht anstaut, bei 4,00 m u. GOK (unter Böschungskrone) erkundet. Nach Beendigung der Bohrarbeiten stieg das Wasser geringfügig auf 3,60 m u. GOK an.

Bereich der geplanten Bungalows:

Im Bereich der geplanten Bungalows wurde unter einer geringmächtigen (ca. 20 cm) Oberbodenschicht (**Schicht 0 - OH**) umgelagerter nicht bindiger Sandsteinersatz (Auffüllmaterial) bis zur geplanten Erkundungstiefe von 3,0 m u. GOK aufgeschlossen. Diese nicht bindige Auffüllung (**Schicht 1b**) steht in Form eines kiesigen, schluffigen bis tonigen Sandes (**[ST]**, **[SU]**) in lockerer Lagerung an.

Grund- oder Schichtwasser wurde im Bereich der geplanten Bungalows bis 3,0 m u. GOK nicht aufgeschlossen.

5. Felduntersuchung Versickerungsfähigkeit

Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Baugrunds im Bereich der geplanten Bungalows erfolgte mittels Doppelzylinder-Infiltrometer (gem. DIN 19682-7) in einem angelegten Handschurf bei RKS 3. Dabei wurde der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) der Schicht 1b (nicht bindige Auffüllung) ermittelt.

In Anlage 5 sind die gemessenen Infiltrationsraten für zwei Infiltrometerversuche tabellarisch und grafisch dargestellt. Nach ca. 3 bis 4 Minuten je Versuchsdurchführung stellte sich eine konstante Infiltrationsrate von $k_f = 2,33 \times 10^{-4}$ m/s im 1. Versuch und $k_f = 2,00 \times 10^{-4}$ m/s im 2. Versuch ein. Für den umgelagerten Sandsteinersatz (Schicht 1b) im Bereich der geplanten Bungalows wird eine Infiltrationsrate von **$k_f = 2,00 \times 10^{-4}$ m/s** angesetzt (sichere Seite). Nach DWA-A 138 entspricht der bei Feldmethoden ermittelte k_f -Wert dem vertikalen Durchlässigkeitsbeiwert in der ungesättigten Zone $k_{f,u}$, mit dem die geplante Versickerungsanlage zu bemessen ist. Die ausreichend versickerungsfähige Schicht 1b steht am Untersuchungsgebiet bereits unter dem Oberboden ab 0,2 m u. GOK an (vgl. Baugrundprofilschnitt Anlage 4.2). Es kann somit am Standort eine Muldenversickerung umgesetzt werden.

Auch eignen sich Rohr- oder Kastenrigolen bzw. die Kombination aus Mulden und Rigolenelementen als Versickerungsanlagen. Ein ausreichender Abstand zum Grundwasserleiter ist bei Einbau der Versickerungsanlagen oberhalb von 2,0 m u. GOK gewahrt.

6. Baugrundmodell

6.1. Baugrundsichtung

In Auswertung der vorliegenden Aufschlussergebnisse sind folgende Horizonte vorhanden (vgl. Anlage 3 und Anlage 4):

Tabelle 2 Baugrundsichten

Schicht-Nr.	Bezeichnung	Kurzzeichen	Zustandsform
0	Mutterboden	[OH]	steif bis halbfest
1a	Auffüllung, bindig Schluff bis Sand, kiesig, teilweise Ziegelspuren und Sandsteinbruchstücke	[UL], [SU*]	halbfest
1b	Auffüllung, nicht bindig Sand, schwach bis stark kiesig, schluffig bis tonig, teilweise Sandsteinbruchstücke	[SU], [ST], [GU]	mitteldicht (Böschung), locker (Bereich Bungalows)
2	Gehängelehm Schluff, feinsandig	UL	steif
3a	Sandsteinersatz Sand, stark tonig, kiesig	ST*, Zv	steif bis halbfest
3b	Quarzsandstein (Festgestein)*) verwittert bis angewittert	Zv, Z*)	mürbe, stark klüftig*)

*) Annahme, Schicht nicht direkt aufgeschlossen

Die vorhandene Auffüllung besteht aus ortstypischen Abtragsböden. Innerhalb der Auffüllung ist mit Steinen und Blöcken aus Sandstein zu rechnen. Gleiches gilt auch für die Zersatzböden der Schicht 3a. Die bindige Schicht 2 (Gehängelehm) bildet die Oberfläche des natürlich anstehenden Baugrunds in der Haldenböschung. Die oberhalb der Schicht 2 anstehenden nicht bindigen Auffüllungen (Schicht 1b) sind schichtwasserführend. Das Festgestein aus Quarzsandstein (Schicht 3b) steht im Bereich der Haldenböschung ab 0,5 m u. GOK am Böschungsfuß an. Im Bereich der geplanten Bungalows wurde die OK Festgestein nicht erkundet.

6.2. Bodenmechanische Kennwerte

Zur Durchführung von erdstatischen Berechnungen sowie für Tiefbauplanungen werden folgende bodenmechanischen Kennwerte für die anstehenden Böden in Tabelle 3 angegeben, welche in Auswertung der ingenieurgeologischen Feldansprache sowie mit Hilfe tabellierter und regionaler Erfahrungswerte nach EAU und DIN 1055 festgelegt wurden.

Tabelle 3 Bodenmechanische Kennwerte

Nr.	Bodenart	Kurzzeichen	cal. g	cal. g'	cal. f'	cal. c'	cal. E _s	cal. k _f
0	Mutterboden	[OH]	17	7	-	-	-	-
1a	Auffüllung, bindig Schluff bis Sand, kiesig, halbfest, teilweise Ziegelspuren und Sandsteinbruchstücke	[UL], [SU*]	20	10	29	10	15	1,0 x 10 ⁻⁸
1b	Auffüllung, nicht bindig Sand, schwach bis stark kiesig, schluffig bis tonig, mitteldicht teilweise Sandsteinbruchstücke	[SU], [ST], [GU]	20	11	32	5	30	2,0 x 10 ⁻⁴
2	Gehängelehm Schluff, feinsandig, steif	UL	19	9	29	10	5	1,0 x 10 ⁻⁸
3a	Sandsteinersatz, bindig Sand, stark tonig, kiesig, steif bis halbfest	ST*, Z _v	20	10	28	10	20	1,0 x 10 ⁻⁹
3b	Quarzsandstein (Festgestein)*) verwittert bis angewittert	Z _v , Z [*])	22 ^{*)}	12 ^{*)}	40 ^{*)}	50 ^{*)}	200 ^{*)}	-

Legende:

cal. g cal. Bodendichte, erdfeucht [kN/m³]

cal. f' cal. Reibungswinkel [°]

cal. E_s cal. Steifemodul [MN/m²]

*) Annahme, Schicht nicht direkt aufgeschlossen

cal. g' cal. Bodendichte unter Auftrieb [kN/m³]

cal. c' cal. Kohäsion [kN/m²]

cal. k_f cal. Durchlässigkeitskoeffizient [m/s]

6.3. Bodenklassen und Frostempfindlichkeit

Zur Ausschreibung von Tiefbauleistungen sind dem Baugrund im Untersuchungsbereich folgende Bodenklassen zuzuordnen:

Tabelle 4 Bodenklassen

Nr.	Bodenart	BK DIN 18300	BK DIN 18301	BK DIN 18319	Frostempf.
0	Mutterboden	1	BO 2	LBO 2	F 3
1a	Auffüllung, bindig Schluff bis Sand, kiesig, halbfest, teilweise Ziegelspuren und Sandsteinbruchstücke	4	BB 3, BS 1	LBM 2, S 1, P 1	F 3
1b	Auffüllung, nicht bindig Sand, schwach bis stark kiesig, schluffig bis tonig, mitteldicht teilweise Sandsteinbruchstücke	3	BN 1, BS 1	LNW 1...2, S 1	F 2
2	Gehängelehm Schluff, feinsandig, steif	4	BB 2	LBM 1, P 1	F 3
3a	Sandsteinersatz, bindig Sand, stark tonig, kiesig, steif bis halbfest	4	BB 2...3, BS 1	LBM 2, S 1, P 1	F 3
3b	Quarzsandstein (Festgestein)*) verwittert bis angewittert	6...7*)	FV 1...FV 3, FD 1...2*)	FZ 1...FZ 2 FD 1...FD 2*)	-

Legende:

BK DIN 18300	Bodenklasse gemäß DIN 18300-2012 (Erdarbeiten)
BK DIN 18301	Bodenklasse gemäß DIN 18301-2012 (Bohrarbeiten)
BK DIN 18319	Bodenklasse gemäß DIN 18319-2012 (Rohrvortriebsarbeiten)
Frostempf.	Frostempfindlichkeitsklasse gemäß ZTVE-StB 09
*)	Annahme, Schicht nicht direkt aufgeschlossen

7. Gründungsempfehlung

Nach Auswertung der Erkundungsergebnisse steht im Bereich der geplanten Bungalows (bei RKS 3 und RKS 4) bereits unterhalb des Mutterbodens ausreichend tragfähiger Baugrund für die Errichtung der Bungalows an.

Am Böschungsfuß der Halde (bei RKS 2) steht ab OK Gelände ausreichend tragfähiger Baugrund für die Errichtung von Gebäuden an. Es kann an beiden Standorten flach auf Bodenplatte gegründet werden.

8. Standsicherheit Haldenböschung

8.1. Bemessungssituationen und Teilsicherheiten

Die Berechnungen erfolgen nach dem Regelwerk EC 7 bzw. DIN 1054:2010. Für das zu betrachtende Berechnungsprofil sind in der Regel folgende Bemessungssituationen zu untersuchen:

Tabelle 5 Lastfälle Teilsicherheitsbeiwerte (EC 7 bzw. DIN 1054:2010)

Bemes- sungs-situa- tion	Beschrei- bung (DIN 1054)	Lasten und Einwirkungen	Teilsicherheitsbeiwerte				
			f	c	g	ständige Einwirk.	veränderl. Einwirk.
BS-P	Persistent Situation (früher: LF 1)	Eigenlast	1,25	1,25	1,0	1,0	1,3
BS-T	Transient Situation (früher: LF 2)	Eigenlast Verkehrslast an Böschungs- oberkante	1,15	1,15	1,0	1,0	1,2
BS-A	Accidental Situation (früher: LF 3)	Eigenlast Verkehrslast an Böschungs- oberkante außergewöhnliche Wasser- stände Bauzustände	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0

f - Reibungswinkel

c - Kohäsion

g - Wichte

Die Festlegung der einzelnen Berechnungsfälle erfolgt im jeweiligen Kapitel der Standsicherheitsberechnung.

Im Rahmen der nachfolgenden Berechnungen wird eine Böschungsbruchberechnung für den Ist-Zustand nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 4084-100 mit Hilfe des Programms GGU-Stability (Kreisgleitflächen nach BISHOP) erarbeitet. Diese wird für das zu untersuchende Querprofil für die o. g. Bemessungssituationen ausgeführt. Im Ergebnis wird der Ausnutzungsgrad (μ) der Böschung ermittelt. Beträgt der Ausnutzungsgrad $\mu < 1,0$ ist die Böschung als standsicher zu bewerten. Bei Ausnutzungsgrade $\mu > 1,0$ besteht die Gefahr eines Böschungsbruches.

8.2. Beschreibung der Böschungsverhältnisse

Im Bereich des zu untersuchenden Querprofils beträgt die Böschungshöhe ~ 8,1 m. Die Böschungsneigung wird für die Standsicherheitsberechnungen bei einer Neigung von 1 : 1 begonnen und so lange abgeflacht bis der ermittelte Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1,0$ beträgt.

Der für die Berechnung zugrunde gelegte Schichtenverlauf entspricht dem Baugrundprofil-schnitt RKS 1 – RKS 2 (siehe Anlage 4.1).

Da in der Haldenböschung Schichtwasser angetroffen wurde, wird zusätzlich zu den Berechnungsprofilen der Auftrag einer Sickerschicht aus grobkörnigem Material (z.B. Mineralgemisch 0/56) betrachtet.

8.3. Standsicherheitsnachweise: Lastannahmen und Einwirkungen

Aus dem Baugrundprofilschnitt wurden zunächst Berechnungsschnitte erarbeitet, in denen Böschungskontur und Schichtverlauf nachgebildet werden. Den maßgebenden Böden wurden die in der Baugrunduntersuchung angegebenen Kennwerte (vgl. Kap. 6.2, Tabelle 3) zugeordnet. Für die Sickerschicht wurden folgende charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte angesetzt:

Tabelle 6 Bodenmechanische Kennwerte Sickerschicht

Bodenart	Kurz- zeichen	cal. g [kN/m ³]	cal. g' [kN/m ³]	cal. f' [Grad]	cal. c' [kN/m ²]	k _f [m/s]
Anschüttung / Sickerschicht z.B. Mineralgemisch (0/56)	[GW]	22	12	40	1	> 1*10 ⁻⁴

Legende:

cal. g cal. Bodendichte, erdfeucht [kN/m³]

cal. g' cal. Bodendichte unter Auftrieb [kN/m³]

cal. f' cal. Reibungswinkel [°]

cal. c' cal. Kohäsion [kN/m²]

cal. k_f cal. Durchlässigkeitskoeffizient [m/s]

Am Böschungskopf befinden sich keine Verkehrswege, so dass eine Betrachtung der Verkehrslasten entfallen kann. Auch ist nicht mit einem Hochwassereinfluss vor der Böschung zu rechnen. Aufgrund dieser Randbedingungen entfallen die Berechnungen für die Bemessungssituationen BS-T und BS-A. Es wird lediglich eine Betrachtung der Bemessungssituation BS-P mit Eigenlast und Erddruck durchgeführt.

Tabelle 7 Lastfälle Böschungsbruchberechnung

Bemessungssituation	Beschreibung	Wasserstände	Lasten
BS-P	Eigenlasten, Erddruck keine Verkehrslasten	Bemessungswasserstand	Keine
BS-T *entfällt*	wie BS-P mit Verkehrslasten	Bemessungswasserstand	Fahrzeug: oberhalb Böschung
BS-A *entfällt*	wie BS-T bei Hochwassersituation	durchsickerter Böschungsfuß bei Hochwasser	Fahrzeug: oberhalb Böschung

Für den Grundwasserstand der Bemessungssituationen BS-P wurde zum ermittelten Schichtwasserstand vom 25.02.2015 (3,60 m u. OK Böschung) ein Zuschlag von 0,7 m hinzugerechnet. Damit ergibt sich ein Bemessungswasserstand für die Bemessungssituation BS-P von 2,90 m u. OK Böschung (mit Wasser vollständig erfüllte Schicht 1b).

8.4. Ergebnisse der Böschungsstandsicherheitsberechnung

Am Berechnungsprofil wurde die Bemessungssituation BS-P für Böschungsneigungen von 1 : 1 bis 1 : 1,5 betrachtet. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle 8 zusammengefasst. Die jeweiligen Berechnungen zur allgemeinen Standsicherheit sind in Anlage 6 einzusehen.

Tabelle 8 Ergebnisse Standsicherheit Haldenböschung

Bemessungssituation	Böschungsneigung	Ergebnis für den Ausnutzungsgrad	Anlage	Bemerkungen
BS-P (nur Eigenlast)	1 : 1,0	$\mu = 1,28$	6.1	Nachweis nicht erfüllt
BS-P (nur Eigenlast)	1 : 1,1	$\mu = 1,20$	6.2	Nachweis nicht erfüllt
BS-P (nur Eigenlast)	1 : 1,2	$\mu = 1,15$	6.3	Nachweis nicht erfüllt
BS-P (nur Eigenlast)	1 : 1,3	$\mu = 1,08$	6.4	Nachweis nicht erfüllt
BS-P (nur Eigenlast)	1 : 1,4	$\mu = 1,03$	6.5	Nachweis nicht erfüllt
BS-P (nur Eigenlast)	1 : 1,5	$\mu = 0,98$	6.6	Nachweis erfüllt

Erst bei einer Böschungsneigung von 1 : 1,5 (mit Sickerschicht) konnte der Nachweis der allgemeinen Standsicherheit erbracht werden. Alle steileren Böschungen weisen keine ausreichende Standsicherheit auf.

8.5. Bewertung der Ergebnisse zur Böschungsstandsicherheit

Die Böschungsstandsicherheit konnte mit den beschriebenen Randbedingungen erst für eine Böschungsneigung von 1 : 1,5 nachgewiesen werden. Die vorhandene Haldenböschung weist somit im IST-Zustand keine ausreichende Standsicherheit auf, da die Böschungsneigung der Haldenböschung steiler als 1 : 1,5 und eine Sickerschicht nicht vorhanden ist. Aus den Ergebnissen der Böschungsbruchberechnung leitet sich ein Handlungsbedarf für Maßnahmen zur Böschungsstabilisierung ab.

Die Haldenböschung ist auf eine Neigung von mindestens 1 : 1,5 abzuflachen. Zusätzlich ist aufgrund des Auftretens von Schichtwasser innerhalb der Haldenböschung das Aufbringen einer Sickerschicht dringend erforderlich. Die Sickerschicht dient neben der Entwässerung der Böschung auch als Stabilisierungsschicht und verhindert oberflächige Bodenerosion. Die Sickerschicht ist auf der ganzen Böschung mit mindestens 0,5 m Dicke aufzubringen.

9. Sonstige Hinweise

Ergeben sich während der Planung bzw. Bauausführung Abweichungen, welche die Grundlagen für diese Baugrundaussage beeinflussen oder ändern, so ist das unterzeichnende Ingenieurbüro darüber zu informieren. In Auswertung dieser Information können die Aussagen dieses Gutachtens präzisiert und der neuen Situation angeglichen werden.