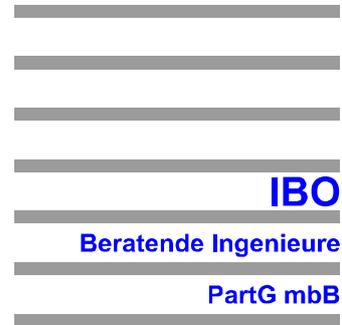


IBO PartG mbB · Ottostraße 3 · 76275 Ettlingen

BKI Gruppe
St.-Anna-Weg 7
47057 Duisburg



Ingenieurbüro für Bodenmechanik,
Grundbau, Geo- und Umwelttechnik

Partner:
Dr.-Ing. Jens Ulrich Döbbelin
Dipl.-Umweltwiss. Melanie Bansbach
Wirtschaftsmediatorin

Wissenschaftlicher Berater:
Dr.-Ing. Wolfgang Orth
Geführt im Verzeichnis der anerkannten
Sachverständigen für Erd- und Grundbau
nach Bauordnungsrecht

☎ 0721 40089 - 0 • 📠 0721 40089 - 22
www.ibo-ing.de
info@ibo-ing.de

Ettlingen, 25.03.2025
\\225007/G01 Hotel Forbach/
AL/Dö

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Projekt: **Hotel Schwarzenbachtalsperre**

Auftraggeber: **BKI Gruppe**

Auftrag erhalten: Auftrag erhalten per Mail am 16.01.2025

Unsere Auftragsnummer: **225007** Seiten: 43 Anlagen: 4 (16 Seiten)

Berichtstand: **25.03.2025**

Verteiler: BKI, Herr Wächter *m.waechter@bki-gruppe.de*
ISR, Herr Göhre *goehre@isr-planung.de*

INHALT

1	ANLASS	4
2	VERWENDETE UNTERLAGEN.....	5
3	UNTERGRUND.....	7
3.1	BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE UND UNTERGRUNDAUFBAU.....	7
3.2	MASSGEBENDE MITTLERE BODENKENNWERTE.....	12
3.3	HOMOGENBEREICHE.....	15
3.4	GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE.....	17
3.5	EXPOSITIONSKLASSEN.....	17
3.6	ERDBEBENGEFÄHRDUNG	17
3.7	UMWELTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN.....	18
4	GEOTECHNISCHE BERATUNG.....	18
4.1	ALLGEMEINES	18
4.2	GRÜNDUNG HOTELNEUBAU IM BEREICH DES FESTGESTEINS	19
4.3	BAUGRUBE	22
4.4	GEFASSTE QUELLE	28
4.5	ALT-KLÄRANLAGE	28
4.6	ÖLTANK	29
4.7	HINWEISE ZUR PLANUNG UND BAUAUSFÜHRUNG.....	29
4.8	VERKEHRSFLÄCHEN UND AUBENANLAGEN.....	33
4.9	LEITUNGSBAU	35
4.10	QUALITÄTSSICHERUNG	37
4.11	VERWERTUNG VON AUSHUBMATERIAL	38
5	GEOthermie	40

5.1	ALLGEMEINES	40
5.2	MÖGLICHE WÄRMEENTZUGSLEISTUNG.....	40
5.3	EMPFEHLUNGEN ZUR DIMENSIONIERUNG	41
6	SCHLUSSBEMERKUNG	42

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1.1: Übersichtslageplan
- Anlage 1.2: Lage der Baugrundaufschlüsse
- Anlage 1.3 Geologische Karte mit Lage der vorhandenen Baugrundaufschlüsse
- Anlage 2: Querprofile mit Bohr-, Schurf- und Sondierprofilen
- Anlage 3.1: Fundamentbemessungsdiagramme
- Anlage 3.2 Ergebnisse erdstatischer Berechnungen
- Anlage 4: Auswertung der Kluffvermessung

1 ANLASS

Die BKI Gruppe plant den Neubau eines Hotels an der Schwarzenbachtalsperre in Forbach. Am zukünftigen Standort des Hotels steht aktuell ein vorhandener Baukörper, welcher zunächst vollständig rückgebaut wird. Der Neubau wird auf einer Grundfläche von ca. 40 m x 100 m eingeschossig unterkellert und aus drei daraus aufgehenden, runden Neubauten mit sechs Obergeschossen bestehen. Das Gebäude liegt im Hangbereich und soll bei etwa 670 m NHN gegründet werden. Die Oberkante der drei Neubauten soll bei etwa 701 m NHN liegen. Daraus resultiert eine Gesamthöhe von ca. 31 m. Für die Errichtung wird mehrere Meter in den bestehenden Hang eingeschnitten. Das Projekt ist der geotechnischen Kategorie GK2 zuzuordnen.

Zur Beschleunigung des Planungsprozesses sind bereits in dieser frühen Projektphase einige Informationen zum Baugrund zu erheben. Die zur Verfügung stehenden Fristen sind jedoch für eine vollumfängliche Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung aus technischen Gründen nicht ausreichend. In diesem Zuge wurde die IBO Döbbelin · Bansbach Beratende Ingenieure für Geo- und Umwelttechnik PartG mbB (IBO PartG mbB) mit der Erarbeitung eines Vorgutachtens zur Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung, auf der Grundlage vorhandener und kartierter Informationen zur örtlichen Geologie ohne aktuelle Baugrundaufschlüsse beauftragt.

Der vorliegende Bericht beinhaltet eine Beurteilung des vorliegenden Baugrunds auf Grundlage vorhandener geologischer Informationen in unmittelbarer Nähe des geplanten Neubaus. Die Erkenntnisse aus den Voruntersuchungen sind im Zuge der weiteren Planung um die Ergebnisse, der zu einem späteren Zeitpunkt auszuführenden, lokalen Baugrunduntersuchungen zu ergänzen und in einem Abschlussbericht (Phase 2 des geotechnischen Berichts) zusammenzufassen.

2 VERWENDETE UNTERLAGEN

VON DER BKI GRUPPE

- [U1] Grundlagenstudie Hotel Forbach erhalten im PDF-Format per E-Mail vom 10.06.2024
- [U2] Entwurf Hotel Forbach erhalten im PDF-Format per E-Mail vom 10.06.2024 (Entwurf: StructureLab Architekten)
- [U3] Entwurf Varianten Hotel Forbach erhalten im PDF-Format per E-Mail vom 25.02.2025 (Entwurf: StructureLab Architekten)
- [U4] Lageplan zum Aufstellungsbeschluss vom 07.11.2023 erhalten im PDF-Format per E-Mail vom 10.06.2024

VOM LGRB, FREIBURG

- [U5] Schichtenverzeichnisse von Bohrungen im Untersuchungsgebiet aus der Bohrerdatenbank, erhalten am 16.01.2025
- [U6] Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde, abgerufen am 10.02.2025

VON GBM UND MAILÄNDER CONSULT, ETTLINGEN/KARLSRUHE

- [U7] Pumpspeicherwerk Forbach Neue Unterstufe: Geotechnisches und hydrogeologisches Gutachten Rev. 1, Berichtsstand Dezember 2018

SONSTIGE UNTERLAGEN

- [U8] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Online-Ausgabe vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Baden-Württemberg, www.maps.lgrb-bw.de
- [U9] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7316 Forbach, M 1:25.000, herausgegeben vom geologischen Landesamt und Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart 1988 inkl. zugehöriger Erläuterungen

LITERATUR / REGELWERKE

- [L 1] DIN 1054: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Stand: April 2021
- [L 2] DIN 4124: Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten, Stand: Januar 2012
- [L 3] EAB 2021: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V., 6. Auflage, 2021
- [L 4] EA-Pfähle 2012: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V., 2. Auflage, 2012
- [L 5] DIN EN ISO 14689-1: Geotechn. Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels Teil 1, Juni 2011
- [L 6] DIN EN 14490: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bodenvernagelung, Ausgabe November 2010
- [L 7] DWA-A138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Ausgabe 2005
- [L 8] DIN 18533-1: Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze, Ausgabe Juli 2017
- [L 9] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI 4640 Blatt 1: Thermische Nutzung des Untergrundes; Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte; Stand: Dezember 2000
- [L 10] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI 4640 Blatt 2: Thermische Nutzung des Untergrundes; Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen; Stand: Dezember 2000
- [L 11] RStO 12/24: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen; Ausgabe 2012/Fassung 2024
- [L 12] DIN EN 1610: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Deutsche Fassung; Ausgabe Dezember 2015
- [L 13] ZTV A-StB 12: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen; Ausgabe 2012
- [L 14] ZTV A-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau; Ausgabe 2017

- [L 15] DIN EN 1537: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Verpressanker; Deutsche Fassung; Ausgabe Juli 2017
- [L 16] DIN EN 206: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Ausgabe Juni 2021
- [L 17] DIN EN 1998-1/NA:2023-11: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Ausgabe November 2023

3 UNTERGRUND

3.1 BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE UND UNTERGRUNDAUFBAU

Der geplante Neubau liegt im Schwarzwald unmittelbar südlich der Schwarzenbachtalsperre an der L83 von Raumünzach nach Herrenwies. Aktuell befinden sich dort ein ehemaliges Hotel sowie eine zugehörige Kleinkläranlage für die Abwässer des Hotels. Der Bestandsbau soll im Zuge des Neubaus rückgebaut werden. Der Neubau liegt südlich der L83 im Hanggebiet.

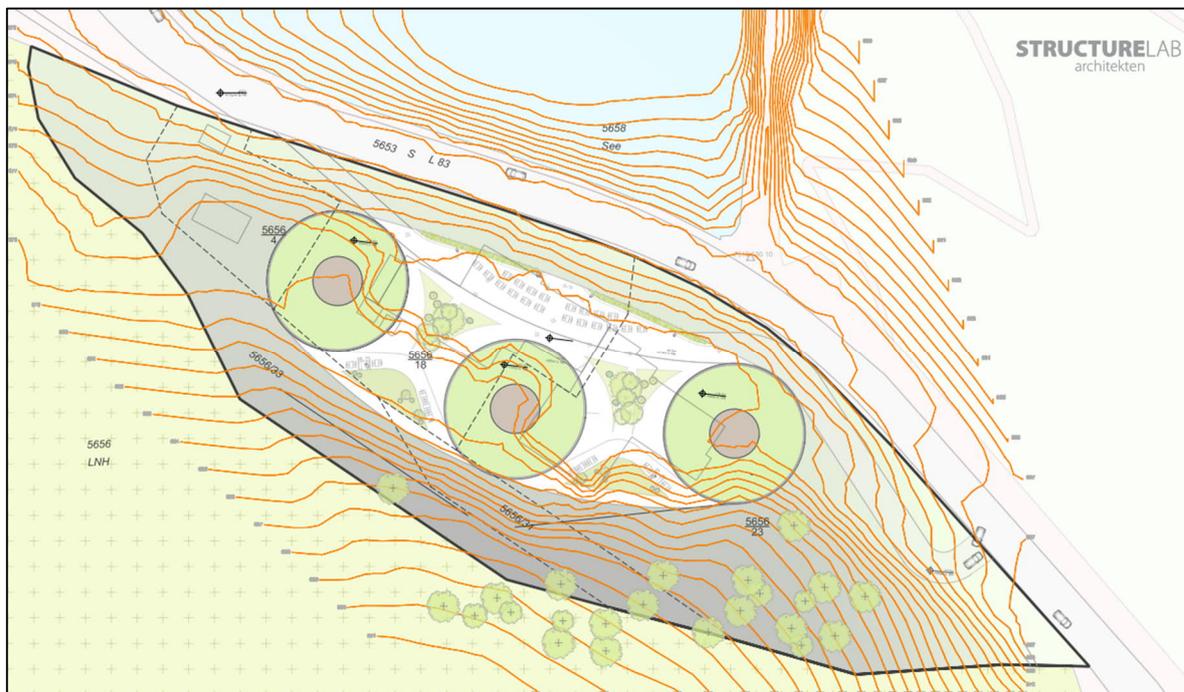


Abbildung 1: Draufsicht auf den geplanten Neubau mit grau hinterlegtem Standort der Bestandsgebäude

In Abbildung 1 ist der Entwurf des geplanten Neubaus in der Draufsicht dargestellt. Der Neubau befindet sich direkt am Standort des Hauptgebäudes des Bestandsbaus. Der Bestandsbau ist teilweise unterkellert und bindet bis zu 3 m in den Untergund ein.

Nach der geologischen Kartierung und Erfahrungen aus der Umgebung ist am Standort des Bauvorhabens bereits in geringer Tiefe mit Forbachgranit (GFO) zu rechnen. Dieser kann durch bindige Deckschichten und nichtbindigen und gemischtkörnigen Hangschutt überlagert sein. Lokal kann das Festgestein auch oberflächennah zutage treten.

Im näheren Umfeld des Bauvorhabens wurden in der Vergangenheit sechs tiefe Maschinenkernbohrungen (MKB) ausgeführt, deren Bohrprofile beim LGRB abgerufen wurden und bis in eine Bohrtiefe von jeweils 30 m unter GOK in Anlage 2 dargestellt werden. Die Lage dieser Baugrundaufschlüsse ist in Anlage 1.3 dargestellt.

Der Bestandsbau wurde im Zuge eines Brandereignisses in den 1980er Jahren neu gebaut. Unterlagen zeigen, dass für die Erstellung des Gebäudes Auffüllungen erforderlich waren, die aus dem nördlichen Bereich der L83 stammen. Aus den Plänen geht hervor, dass nur im nord-westlichen Bereich lokal begrenzt Auffüllungen benötigt wurden. Für den Großteil des Bestandsbaus war ein Einschnitt in das Gelände erforderlich, sodass davon ausgegangen werden kann, dass dieser in der Verwitterungszone bzw. auf dem Festgestein gegründet ist. Über die genaue Mächtigkeit und Zusammensetzung des unterlagernden Lockergesteins sowie über die Lokalisierung des Festgesteinhorizonts kann jedoch erst mit lokalen Baugrundaufschlüssen eine abschließende Aussage getroffen werden.

Die Bohrungen MKB 7315-28, 7315-27 und 7315-26 befinden sich etwa 300 Meter südöstlich des Untersuchungsgebiets und wurden ab einer Höhe von etwa 710 m NHN niedergebracht. In der südlichsten Bohrung, MKB 7315-28, wurde bis zu einer Tiefe von 5,95 m Sand mit schluffigen, kiesigen und steinigen Anteilen festgestellt. Darunter befindet sich die Oberkante des GFO, der als schwach geklüftet beschrieben wird und bis zur Erkundungstiefe von 30 m ansteht. In der Bohrung MKB 7315-27 bestehen die bindigen Deckschichten aus sandig-schluffigem Lehm mit tonigen Anteilen sowie Granitbrocken mit einer Kantenlänge von bis zu 10 Zentimetern. Diese reichen bis in eine Tiefe von zwei Metern. Unterhalb dieser Schicht folgt der GFO, der sich bis zur Erkundungstiefe von 30 Metern unter GOK erstreckt.

In der Bohrung MKB 7315-26 wurden bis zu einer Tiefe von 1,40 Metern unter GOK nicht bindiger Hangschutt aus Sand und Steinen festgestellt. Daran schließt sich eine Mischung aus GFO und quartärem Hangschutt bis zu einer Tiefe von 1,75 Metern an, gefolgt von durchgehendem GFO bis zur hier dargestellten Erkundungstiefe von 30 Metern.

Nordwestlich des Bauvorhabens befindet sich die Bohrung MKB 7315-29, die bei einer Höhe von 664,20 m NHN von der GOK aus niedergebracht wurde. Bis zu einer Tiefe von 1,10 Metern wurde sandiger Lehm vorgefunden. Darunter folgt bis in eine Tiefe von 6,05 Metern ein gemischtkörniger Boden aus Sand, Lehm und Granitgrus. Im weiteren Verlauf wurde mittelstark geklüfteter GFO angetroffen. Zwischen 16,00 und 17,60 Metern Tiefe konnte eine mögliche Störung identifiziert werden, bevor sich erneut GFO bis zur hier dargestellten Erkundungstiefe von 30 Metern anschließt.

Nördlich, auf der anderen Seite der Talsperre, liegt die Bohrung MKB 7315-17 mit einem Ansatzpunkt bei 667,75 Metern NHN. Hier wurde bis in eine Tiefe von 2,80 Metern Lehm mit sandigen und schluffigen Anteilen festgestellt. Anschließend folgt eine zwei Meter mächtige Schicht aus Granitgrus, die bis in eine Tiefe von 4,75 Metern unter GOK reicht. Zwischen 4,75 und 5,10 Metern unter GOK wurde eine Verwitterungszone mit tonigem Sand und zersetztem GFO festgestellt. Daran schließt sich bis zu einer Tiefe von 6,80 Metern unter GOK mäßig geklüfteter GFO an. Ab dieser Tiefe erstreckt sich GFO bis zur hier dargestellten Erkundungstiefe von 30 Metern unter GOK, unterbrochen von einer stark geklüfteten Störung mit einer Mächtigkeit von 1,10 Metern zwischen 18,00 und 19,10 Metern.

Weiter nordwestlich, ebenfalls auf der anderen Seite der Talsperre, liegt die Bohrung MKB 7316-42 mit einem Ansatzpunkt auf 698,70 Metern NHN. Direkt unter einer dünnen Schicht Waldboden wurde zwischen 0,20 und 0,80 Metern Tiefe stark sandiger, halbfester Lehm erkundet. In einer Tiefe von 0,80 bis 1,60 Metern folgt schluffiger Sand mit kiesigen Anteilen. Darunter wurde bis in eine Tiefe von sechs Metern stark geklüfteter und verwitterter GFO festgestellt. Bis zu einer Tiefe von 15,25 Metern folgt mäßig bis stark geklüfteter GFO, bevor sich bis zur hier dargestellten Erkundungstiefe von 30 Metern ungestörter GFO anschließt.

Der Forbachgranit ist ein magmatisches Festgestein mit sehr hoher Gesteinsfestigkeit. Die Untersuchungsergebnisse eines Baugrundbeurteilungsprojekts in der Nähe des Bauvorhabens zeigen, dass der Forbachgranit eine hohe Gesteinsfestigkeit aufweist, die zu einer sehr hohen Abrasivität führt, insbesondere bei Bohrarbeiten oder Arbeiten zur Lockerung des Festgesteins beim Geländeeinschnitt. Aufgrund tektonischer Bewegungen weist der Forbachgranit verschiedene Kluftsysteme auf, die für ingenieurgeologische Fragestellungen von Bedeutung sein können, insbesondere bei der Dimensionierung von Sicherungsmaßnahmen für die Baugrube.

Nachdem bisher keine direkten Baugrundaufschlüsse im Bereich des Bauvorhabens vorliegen, erfolgt die Auswertung der Klüfte zunächst auf Basis der Angaben in der geologischen Karte [U9] und der geologischen Aufnahme einer zutage tretenden Felsböschung an der L83, siehe Abbildung 2.

Der Fuß der Felsböschung liegt auf ca. 605 m NHN und damit ca. 70 m tiefer als der geplante Hotelneubau. Die Böschung ist etwa SW-NO ausgerichtet und steht mit Neigungen von 70 bis 90° und Höhen von bis zu ca. 7 bis 8 m meist frei. Nur vereinzelt wurden Felsnägel zur Sicherung eingebracht.



Abbildung 2: Felsböschung an der L83 in der Straßenkehre unterhalb des geplanten Hotelneubaus

In der geologischen Karte werden verschiedene vertikale Kluftsysteme beschrieben, die auch am aktuell aufgenommenen Felsbereich erkennbar sind. Eine Auswertung der Kluftvermessung findet sich in Anlage 4 als Darstellung in Pollage. Deutlich erkennbar sind drei

annähernd vertikal stehende Kluftsysteme (KS) und meist geschlossene oder nur wenige Millimeter geöffnete Klüfte.

Die Klüfte des Systems KS1 streichen etwa in Nord-Süd-Richtung (N-S) und weisen Neigungen von meist 80 bis 90° auf. Das Kluftsystem KS2 steht annähernd rechtwinklig zu KS1 und ist mit Neigungen von 80 bis 90° ebenfalls annähernd senkrecht stehend. Die Klüfte des Systems KS3 stellen am ehesten das in der geologischen Karte beschriebene herzynische Kluftsystem dar. Es streicht jedoch eher in NW-SO-Richtung und nicht WNW-OSO wie typischerweise bei herzynischen Systemen. Für das Kluftsystem KS3 wurden Neigungen von 72 bis 90° gemessen.

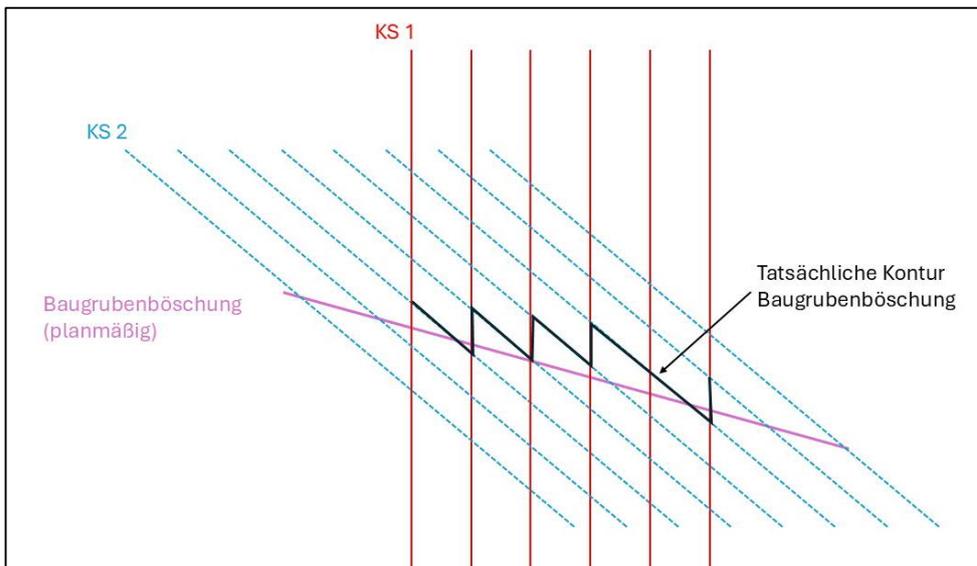


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Grundrisses einer nicht-ebenen Böschungskontur am Beispiel von zwei Kluftsystemen

In Anlage 4 ist neben den Kluftsystemen auch die ungefähre Längsachse des Hotelkomplexes eingezeichnet. Diese verläuft in etwa in WNW-OSO-Richtung. Baugrubenböschungen sind damit am ehesten mit dieser Ausrichtung sowie rechtwinklig hierzu (NNO-SSW) zu erwarten. Grundsätzlich wird empfohlen, Baugrubenböschungen entlang von Kluftsystemen anzulegen, um den Sicherungsaufwand möglichst gering zu halten. Wie die aufgenommene Felsböschung zeigt, können dann annähernd senkrechte Böschungen mit mehreren Metern Höhe realisiert werden. Böschungen, die nicht entlang von Kluftsystemen verlaufen, werden sich nicht profilgerecht herstellen lassen, sondern es wird eher eine im Grundriss gezackte

Geometrie entstehen, die aus zwei oder drei Kluftsystemen gebildet wird (siehe schematische Skizze in Abbildung 3). Der hieraus resultierende Mehraushub ist daher einzuplanen.

3.2 MASSGEBENDE MITTLERE BODENKENNWERTE

Anhand der Schichtenverzeichnisse der Baugrunduntersuchung im Umfeld des Bauvorhabens und örtlicher Erfahrungswerte lässt sich der Untergrund unter Vernachlässigung des Oberbodens in drei Bereiche einteilen. Im direkten Bereich des Bauvorhabens in Richtung der L83 wird von Auffüllungen, natürlich gewachsenen Deckschichten und nichtbindigem bzw. gemischtkörnigem Hangschutt bis in eine Tiefe von 3-4 m ausgegangen. Unter einem Großteil des Neubaus wird frei gelegter, mäßig bis unverwitterter GFO anstehen. Zudem werden in gewissen Bereichen in talseitiger Nähe der L83 zusätzliche Auffüllungen erforderlich sein. Erfahrungswerte für die vorhandenen und die neu anzulegenden Auffüllungen werden im Folgenden dargelegt.

3.2.1 Lokale Auffüllungen sowie bindige Deckschichten und nichtbindiger und gemischtkörniger Hangschutt ca. 3 m – 4 m unter GOK

Bodengruppen nach DIN 18196:	A[SU/SU*; GU/GU*;UL/UM]; GU*; GT*; teils SU/SU*; möglich GW/GE
Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1:	grsiSa, siGr, sasiGr, grsaSi, evtl. siSa, clsiSa
Bodenklasse nach DIN 18300 (VOB 2012):	3 (leicht lösbare Bodenarten) und 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten)
Bodenklasse nach DIN 18301 (VOB 2012):	BN 2, BB 2-3
Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17:	F 3 (sehr frostempfindlich)
Feucht-/Auftriebswichte:	$\gamma / \gamma' = 18 \text{ bis } 21 / 10 \text{ bis } 13 \text{ kN/m}^3$

Effektiver Reibungswinkel:	$\varphi'_k = 25^\circ$ bis 30°
	$c'_k = 0$ bis 3 kN/m^2
Effektive Kohäsion:	$c'_k = 3$ bis 12 kN/m^2
bindige Bereiche (steif bis halb- fest):	
Mittlerer Steifemodul bei verhinderter Seitendehnung im Spannungsbereich von 50 bis 200 kN/m^2 :	$E_{s,k} = 20$ bis 100 MN/m^2
bindige Bereiche (steif bis halb- fest):	$E_{s,k} = 8$ bis 15 MN/m^2
Durchlässigkeit:	$k_f = 10^{-6} \text{ m/s}$ bis 10^{-4} m/s
bei erhöhten bindigen Anteilen:	$k_f = 10^{-8} \text{ m/s}$ bis 10^{-7} m/s

3.2.2 Natürlich gewachsene gemischtkörnige und nichtbindige Böden der Verwitterungszone des Granits

Bodengruppen nach DIN 18196:	GU/GU*; SU/SU*; UL/UM; BS; evtl. BL
Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1:	grsiSa, siGr, sisiGr, grsaSi, Co, evtl. Bo
Bodenklasse nach DIN 18300 (VOB 2012):	4 (mittelschwer lösbare Bodenarten) und 5 (schwer lösbare Bodenarten)
Bodenklasse nach DIN 18301 (VOB 2012):	BN 2, BB 2-3, Zusatzklasse BS 1 - 3
Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17:	F 3 (sehr frostempfindlich)
Feucht-/Auftriebswichte:	$\gamma / \gamma' = 18$ bis $22 / 10$ bis 13 kN/m^3
Effektiver Reibungswinkel:	$\varphi'_k = 30^\circ$ bis 40°
bindige Bereiche:	$\varphi'_k = 25^\circ$ bis 30°
Effektive Kohäsion:	$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$
bindige Bereiche (weich bis steif):	$c'_k = 0$ bis 5 kN/m^2

Mittlerer Steifemodul bei verhinderter
Seitendehnung im Spannungsbereich
von 50 bis 200 kN/m²:

$$E_{s,k} = 40 \text{ bis } 100 \text{ MN/m}^2$$

Durchlässigkeit:

$$k_f = 10^{-5} \text{ m/s bis } 10^{-3} \text{ m/s}$$

bei erhöhten bindigen Anteilen:

$$k_f = 10^{-8} \text{ m/s bis } 10^{-5} \text{ m/s}$$

3.2.3 Unterlagerndes Festgestein: Forbachgranit, angewittert bis unverwittert

Bodenklasse nach DIN 18300 (VOB 2012): 6 (leicht lösbarer Fels) und
7 (schwer lösbarer Fels)

Einaxiale Druckfestigkeit:

$$q_{u,k} = 40 \text{ bis } > 300 \text{ MN/m}^2$$

Abrasivität

abrasiv bis stark abrasiv

Bodenklasse nach DIN 18301 (VOB 2012): FV 4 - 6, Zusatzklassen FD 2 - FD 5

Feucht-/Auftriebswichte:

$$\gamma / \gamma' = 24 \text{ bis } 28 / 14 \text{ bis } 18 \text{ kN/m}^3$$

Gebirgsfestigkeit:

(empfohlene Rechenwerte in Klammern)

Effektiver Reibungswinkel:

$$\varphi'_k = 35^\circ \text{ bis } 50^\circ (40^\circ)$$

Effektive Kohäsion:

$$c'_k = 20 - 60 \text{ kN/m}^2 (30 \text{ kN/m}^2)$$

Festigkeit auf Klüften:

(empfohlene Rechenwerte in Klammern)

Effektiver Reibungswinkel:

$$\varphi'_k = 35^\circ \text{ bis } 40^\circ (35^\circ)$$

Effektive Kohäsion:

$$c'_k = 0 - 30 \text{ kN/m}^2 (0 \text{ kN/m}^2)$$

Durchlässigkeit:

aufgelockert und verwittert

$$k_f = 10^{-5} \text{ m/s bis } 10^{-7} \text{ m/s}$$

unverwittert

$$k_f = 10^{-7} \text{ m/s bis } 10^{-9} \text{ m/s}$$

3.3 HOMOGENBEREICHE

Im Hinblick auf die auszuführenden Erdarbeiten und Bohrarbeiten sowie ggf. Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten (DIN 18300, 18301 und 18304 nach VOB 2021) kann der Baugrund entsprechend den folgenden Tabellen in Homogenbereiche eingeteilt werden. Die bodenmechanischen Parameter sind in Tabelle 2, sowie in Kapitel 3.2 zu finden, wobei darauf hingewiesen wird, dass abhängig von der Fragestellung die oberen oder unteren Werte der angegebenen Spannen maßgebend werden können. Die Einteilung der Homogenbereiche ist als erster Vorschlag zu sehen. Im Zuge der weiteren Planung sollte eine Abstimmung zwischen Planer und Baugrundgutachter erfolgen, um die Einteilung und Beschreibung der Homogenbereiche auf die geplante Maßnahme und die tatsächlich erforderlichen Gewerke anzupassen. Sowohl die Auffüllungen als auch die gewachsenen Böden enthalten sehr unterschiedliche Bodenarten, die unregelmäßig vorliegen und deren Abgrenzung somit räumlich nicht angegeben werden kann. Trotz der bodenmechanisch unterschiedlichen Eigenschaften der anstehenden Materialien wurde daher zugunsten der Übersichtlichkeit an dieser Stelle auf eine feinere Unterteilung der Auffüllungen und der gewachsenen Böden verzichtet.

Tabelle 1: Einteilung des Baugrundes in Homogenbereiche

Bodenschicht	Erdarbeiten DIN 18300	Bohrarbeiten DIN 18301	Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten DIN 18304
Bindige Deckschichten sowie nichtbindiger und gemischtkörniger Hangschutt	E-I	B-I	R-I
Gemischtkörnige und nichtbindige Böden der Verwitterungszone	E-II	B-II	R-II
Forbachgranit	E-III	B-III	R-III

Tabelle 2: Homogenbereiche für Erd- (DIN 18300), Bohr- (DIN 18301) sowie Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten (DIN 18304)

Homogenbereich	E/B/R-I	E/B/R-II	E/B/R-III
Bezeichnung	Bindige Deckschichten sowie nichtbindiger und gemischtkörniger Hangschutt	Verwitterungszone	Forbachgranit
Bodengruppen (DIN 18196)	A[SU/SU*; GU/GU*; UL/UM], GU*; GT*; teils SU/SU*; möglich GW/GE	GU/GU*; SU/SU*; UL/UM; BS; evtl. BL	-
Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1	grsiSa, siGr, sasiGr, grsaSi, evtl. siSa, clsiSa	grsiSa, siGr, sasiGr, grsaSi, Co, evtl. Bo	-
Bodenklassen nach DIN 18300 (VOB 2012) °	3, 4	4, 5	6, 7
Bohrklassen nach DIN 18301 (VOB 2012)°	BN 2, BB 2 - 3	BN 2, BB 2 - 3, BS 1 - 3	FV 4 - 6 FD 2 - 5
Korngrößenverteilung (Kornkennzahl - Bandbreiten) T-U-S-G-X	2-2-5-1-0 bis 0-1-3-5-1	2-2-5-1-0 bis 0-0-2-6-2	-
Stein- und Blockanteil [%]	5 - 10	20 - 40	-
Konsistenzzahl (Konsistenz)	0,75 - > 1,0 (steif bis halbest)	0,5 - >0,75 (weich bis steif)	-
Plastizitätszahl [%]	4 - 20	4 - 20	-
Wassergehalt [%]	5 - 20	10 - 30	-
Lagerungsdichte	0,15 - 0,75 (locker bis mitteldicht)	0,15 - 0,75 (locker bis mitteldicht)	-
Feuchtwichte [kN/m³]	18 - 21	18 - 22	24 - 28
Kohäsion [kN/m²]	-0 - 12	-0 - 5	-
Undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²]	-	-	-
Organischer Anteil [%]	0 - 5	-	-
Abrasivität (LAK)	150 - 500 (sehr niedrig bis mittel)	500 - 950 (mittel bis hoch)	-
Abrasivität (CAI)	-	-	2,0 - 6,0 (mittel bis extrem hoch)
Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m²]	-	-	40 - 300
Verwitterungsgrad	-	-	im oberen Bereich stark verwittert bis zersetzt (w3 bis w5); im tieferen Bereich frisch bis mäßig verwittert (w0 bis w2)
Trennflächenabstand [cm]	-	-	meist mittel- bis weitständig
Trennflächenrichtung	-	-	nicht bekannt, siehe Bericht Phase 2
Gesteinskörperform	-	-	prismatisch bis rhombisch

°: nur informativ

3.4 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

Aufgrund der Lage, der Nähe zur L83 und zum Stausee wird der angetroffene Grundwasserspiegel aus der MKB 7315-29 den Voruntersuchungen zu Grunde gelegt. Hierbei wurde der Grundwasserspiegel bei 6,15 m unter GOK, knapp über der Grenze zum Festgestein angetroffen. Auch in MKB 7315-26 bis MKB 7315-28 wurde der Grundwasserspiegel knapp über der Felsoberkante angetroffen. Prinzipiell ist jedoch in allen Höhenlagen – aber vor allem auf der Festgesteinsoberkante – das Auftreten von Schicht- oder Hangwasser möglich.

Durch die geografische Lage und die umgebende Topografie, besteht die Gefahr von Einschränkungen im Bauablauf durch Starkregenereignisse. Hierbei kann es temporär zu einem signifikanten Anstieg des Anfalls von Oberflächenwasser kommen. Im Bau- und im Endzustand ist daher ein Konzept zur Versickerung bzw. Abführung von Oberflächenwasser zu erstellen, welches die Möglichkeit eines Starkregenereignisses berücksichtigt.

3.5 EXPOSITIONSKLASSEN

Es wurde keine Untersuchung auf Betonaggressivität ausgeführt. In dem uns vorliegenden geotechnischen Gutachten zum Pumpspeicherwerk Forbach [U7] ergaben Grundwasseruntersuchungen aus dem Forbachgranit niedrige pH-Werte, die zur Expositionsklasse XA1 führten. Aus den Umgebungsbedingungen (Boden und Grundwasser) ergeben sich für erdberührte Betonbauteile folgende Expositionsklassen nach DIN EN 206-1 [L 16]:

- Korrosion ausgelöst durch Karbonatisierung: XC2, XC4
- Korrosion ausgelöst durch chemischen Angriff: XA1

3.6 ERDBEBENGEFÄHRDUNG

Bauaufsichtlich wird die Erdbebengefährdung nach DIN 4149:2005 beurteilt. Nach dieser Norm liegt das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 1. Der Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung a_{gR} ist mit $0,4 \text{ m/s}^2$ anzusetzen. Der Standort ist der geologischen Untergrundklasse R zuzuordnen. Der Untergrund gehört der Baugrundklasse A an.

Die neue Norm DIN EN 1998-1/NA:2023:11 [L 17] enthält in der aktuellen Fassung keine Erdbebenzonen mehr. Für deren Anwendung sind Spektrale Antwortbeschleunigungen in Abhängigkeit der geografischen Lage des Standortes auszuwerten. Diese liegen für den Standort für eine Wiederkehrperiode von $T_{NCR} = 475$ Jahre bei $S_{aP,R} \approx 1,361 \text{ m/s}^2$.

3.7 UMWELTTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN

Abstimmungsgemäß wurden bisher keine umwelttechnischen Untersuchungen durchgeführt. Diese werden im Zuge der Erstellungen der geplanten MKBs im Untersuchungsgebiet durchgeführt und in der Phase 2 in den Bericht eingearbeitet.

4 GEOTECHNISCHE BERATUNG

4.1 ALLGEMEINES

Auf Grundlage der aktuellen Planung [U1][U1] bis [U4] soll der Neubau des Hotels in den bestehenden Hang einschneiden und auf einer Höhe von 670 m NHN gegründet werden. Auf der aktuellen Geländeoberkante des nördlichen Bereichs der zukünftigen Tiefgarage befinden sich die Auffahrt und die Parkplätze des Bestandsbaus. Laut vorliegenden Plänen und der aktuellen Topografie wird davon ausgegangen, dass der Neubau nicht auf vorhandenen Auffüllungen gegründet wird, sondern größtenteils auf der Verwitterungszone bzw. dem Festgestein. Lokal kann dabei jedoch am talseitigen Ende des Baubereichs ein Bodenaustausch der bindigen Deckschichten erforderlich werden.

Die Böschung im Bereich des Einschnitts in das Festgestein wird laut bisheriger Planung im mittleren Bereich des Neubaus 10 m bis 12 m hoch werden. In der Abbildung 4 ist zur Veranschaulichung ein Querschnitt des mittleren, der drei aus dem Tiefgeschoss aufgehenden Rundbauten dargestellt.

Vorliegende Pläne zeigen, dass das Gelände hinter dem Bestandsgebäude aktuell mit Hilfe einer 3 m hohen Stützmauer abgefangen wird. Darüber ist das Gelände 2 m hoch geböscht, bevor es sich dem natürlichen Geländeverlauf anpasst. Zusätzlich zu beachten ist, dass das Bestandsgebäude teilweise unterkellert ist. Die Kellerräume binden bis zu 3 m in den Boden

ein. Durch die Tiefe der neuen Gründungssohle bei ca. 670 m NHN wird der Bestandskeller vollständig zurückgebaut. Im Bereich der Kellerräume und der Stützmauer ist mit Erschwernissen zu rechnen (evtl. Altfundamente oder andere Bauteile vorhanden).

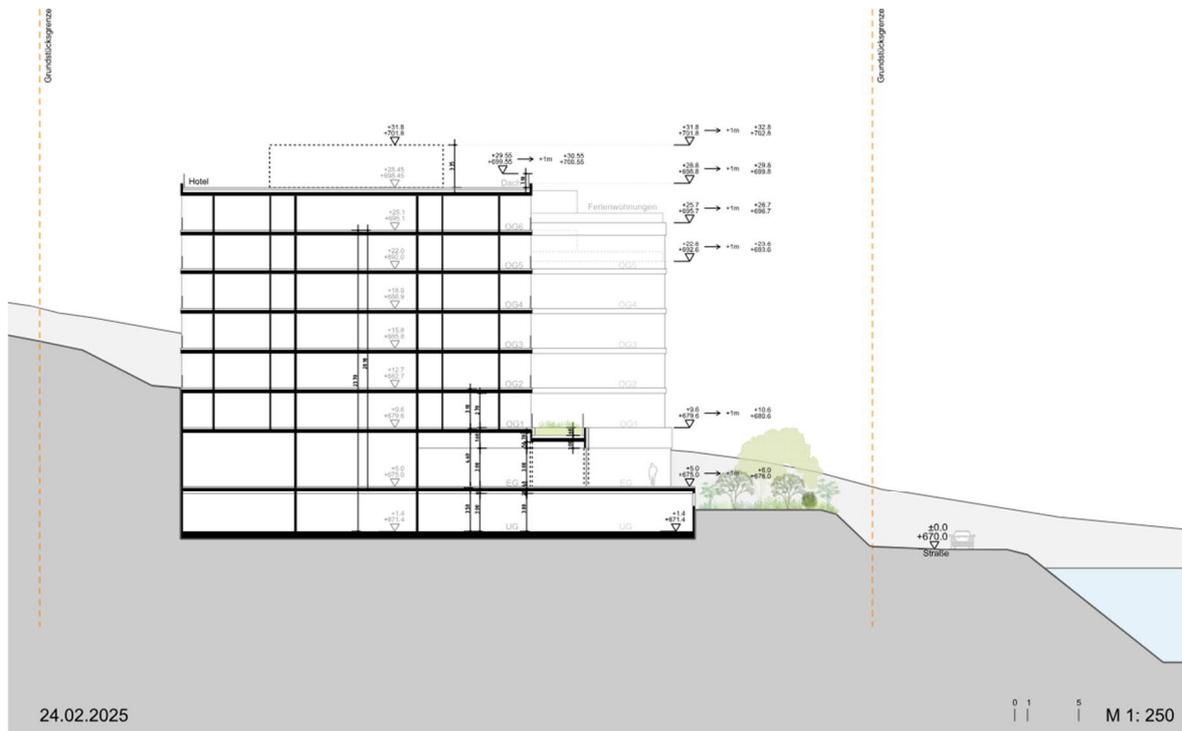


Abbildung 4 Querschnitt des Neubaus durch den mittleren Rundbau

4.2 GRÜNDUNG HOTELNEUBAU IM BEREICH DES FESTGESTEINS

4.2.1 Allgemeines

Die Gründungssituation stellt sich auf der Hangseite innerhalb des Felshorizonts günstiger dar als auf der Talseite, die geprägt ist von der Verwitterungszone und evtl. vorhandenen natürlich gewachsenen Deckschichten und gemischtkörnigem Hangschutt.

Die Gründung im Bereich des Festgesteins ist eher unproblematisch. Beim Ausbruch entstehende Unebenheiten in den Gründungssohlen können durch geeignete Ersatzmaterialien (z. B. Magerbeton) ausgeglichen werden. Je nach Ausbruchtechnik und Verlauf der Trennflächen im Fels kann dieser Ausgleich eine Mächtigkeit bis ca. 0,4 m aufweisen.

Im Bereich eventuell neu zu erstellender Auffüllungen kann geeignetes Material (z. B. gebrochener aufbereiteter Aushub aus dem Geländeeinschnitt im Festgestein) Verwendung finden. Im Bereich der Deckschichten bzw. der Verwitterungszone ist erf. eine Tragschicht bzw. ein Bodenaustausch mit geeignetem Ersatzmaterial (siehe oben oder gleichwertiges gut verdichtbares Mineralgemisch der Körnung 0/45) vorzusehen. Hierdurch entsteht eine Gründungssituation auf zwei unterschiedlichen Bodenarten mit entsprechenden unterschiedlichen Steifigkeiten. Um Setzungsdifferenzen zu minimieren, wird im Bereich der Gründung ein Angleichen der Steifigkeiten der vorliegenden Böden durch Einbau einer ausgleichenden Tragschicht angestrebt. Die verbleibenden Übergänge zwischen den steifen Bereichen, die auf dem Festgestein gegründet werden und den somit vergleichsweise weichen Bereichen sind zur Minimierung gegenseitiger Verformungsdifferenzen durch die Dimensionierung der Fundamente auszugleichen.

Der Großteil der Gründungsfläche liegt mehrere Meter unter GOK und ist demnach als frostsicher anzusehen. Jedoch könnten vor allem im nördlichen Randbereich des Bauvorhabens höherliegende Fundamente geplant sein. Hier ist die Frostsicherheit der Gründungen im Bedarfsfall durch eine entsprechende Einbindetiefe der Fundamente bzw. durch bis in die erforderliche Tiefe einzubauendes frostsicheres Bodenmaterial zu gewährleisten.

Nachdem die frostfreie Gründungstiefe u.a. auch von den klimatischen Verhältnissen, abhängt und das Untersuchungsgebiet der Frosteinwirkungszone II gemäß ZTV E-StB 17 zuzuordnen ist, ist zu empfehlen, hier von einer frostfreien Gründungstiefe bei ca. 1,0 bis 1,2 m auszugehen.

4.2.2 Geotechnische Berechnungen

Für eine vorläufige Dimensionierung der Gründung wurden mit den unter Abschnitt 3.2 genannten Baugrundkennwerten vergleichende Grundbruch- und Setzungsberechnungen mit schichtweise abgeschätzten Scherparametern und Steifeziffern durchgeführt. Es wird dabei davon ausgegangen, dass nur auf der Verwitterungszone, bzw. neu hergestellten Auffüllungen (Homogenbereich 2) oder direkt auf dem Festgestein (Homogenbereich 3) gegründet wird. Im talseitigen Bereich wird aufgrund der Frostsicherheit der Gründung im Homogenbereich eine Einbindetiefe von $d = 1,0$ m zu Grunde gelegt. Im Falle der Gründung auf

Festgestein wurde eine Einbindetiefe von $d = 0,3$ m berücksichtigt. In beiden Fällen ist unterhalb der Bodenplatte eine vergleichmäßige $0,3$ m mächtige Trag-/Polsterschicht berücksichtigt.

Zur Vorbemessung von Streifenfundamenten (mit einer Länge von $l = 40$ m) sowie zur Bemessung von quadratischen Einzelfundamenten sind in den Anlagen 3.1.1 bis 3.1.4 Bemessungsdiagramme für verschiedene Fundamentabmessungen in steifen (hangseitiger Festgesteinshorizont) und in den vergleichsweise weicherer Baugrundverhältnissen (talseitige Verwitterungszone) enthalten. In den Fundamentbemessungsdiagrammen sind für verschiedene Fundamentabmessungen die Bemessungswerte der Streifenlasten ($R_{n,d}$, linke Diagrammhälfte) und die zugehörigen Verformungen (Setzungen) aufgetragen. Zusätzlich sind zu Vergleichszwecken in der rechten Diagrammhälfte die Sohlwiderstände aus den charakteristischen Einwirkungen ($V_{E,k}$ bzw. $\sigma_{E,k}$) aufgetragen. Mit Hilfe der Bemessungsdiagramme in Anlage 3.1 lassen sich die Fundamentabmessungen und Setzungen bei bekannter Einwirkung ermitteln.

Bei Anwendung der Diagramme darf aufgrund der Wiederbelastungssituation bei der Lastermittlung vereinfachend die Aushubentlastung von der setzungserzeugenden Spannung abgezogen werden.

Es wird empfohlen, durch entsprechende Dimensionierung der Fundamente mögliche Setzungsdifferenzen und somit Verdrehungen an den einzelnen Fundamentstandorten zu minimieren. Eine gegenseitige Beeinflussung der Fundamente ist in den Diagrammen nicht berücksichtigt. Hieraus ist mit einem geringen, aber gleichmäßigen Setzungszuwachs zu rechnen. Aufgrund der Streuungen im Baugrund können an einzelnen Fundamentstandorten auch etwas geringere Setzungen als in den Diagrammen angegeben, auftreten. Die Setzungen werden sich bei den anstehenden, vorwiegend nichtbindigen Böden unmittelbar nach dem Belasten einstellen.

Die in den Diagrammen angegebenen Lasten gelten für lotrechten, zentrischen Lastangriff in der Gründungssohle. Bei einem Lastangriff mit der Ausmitte e ist nicht mit der tatsächlichen Fundamentbreite b , sondern mit der reduzierten Fundamentbreite $b' = b - 2e$ zu rechnen. Für nicht angegebene Zwischenwerte der Fundamentbreite b bzw. b' dürfen die zulässigen Bodenpressungen und die Setzungen linear interpoliert werden. Bei schrägem

Lastangriff reduziert sich die zulässige Bodenpressung stark, die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für diesen Fall nicht mehr. Bei nur teilweiser Ausnutzung der zulässigen Last reduzieren sich die Setzungen in erster Näherung linear.

Für eine Bemessung von Bodenplatten auf elastische Bettung können die Bettungsziffern in der Bauwerkssohle gemäß Anlage 3.1.5 bis 3.1.8 (wiederum unterschieden in steife und weiche Baugrundverhältnisse) angesetzt werden. Dort sind Setzungen für verschiedene mittragende Plattenbreiten und Sohlpressungen angegeben. Hieraus kann durch Division der jeweiligen Spannung durch die Setzung die Bettungsziffer ermittelt werden. Für die Bemessung ist die mittragende Breite unter den Bauwerkswänden zunächst zu schätzen und mit der dafür gültigen Bettungsziffer aus den genannten Anlagen die Sohlspannung zu ermitteln. Sollte sich dabei eine von der Schätzung wesentlich abweichende mitwirkende Breite ergeben, so ist für diese die Bettungsziffer aus den Anlagen zu entnehmen und die Bemessung zu wiederholen. Erfahrungsgemäß ergibt sich nach zwei bis drei Iterationsschritten eine gute Übereinstimmung zwischen geschätzter und errechneter mitwirkender Breite.

So ist z. B. im Fall steifer Baugrundverhältnisse (Festgesteinshorizont) bei einer Platte mit einer Dicke von 0,3 m unter Ansatz einer mitwirkenden Plattenbreite von 0,4 bis 2,4 m (Plattenstreifen $l = 40$ m) im Spannungsbereich bis 200 kN/m^2 mit einem Bettungsmodul im Intervall von $40 \text{ MN/m}^3 \leq k_s \leq 110 \text{ MN/m}^3$ zu rechnen. Im Bereich mit den ungünstigen weichen Baugrundverhältnissen (Verwitterungszone) können sich bei einer 0,3 m dicken Platte unter Ansatz einer mitwirkenden Plattenbreite von 0,4 bis 2,4 m (Plattenstreifen $l = 40$ m) im Spannungsbereich bis 200 kN/m^2 Bettungsmoduli im Intervall von $13 \text{ MN/m}^3 \leq k_s \leq 50 \text{ MN/m}^3$ ergeben. In beiden Fällen ist unterhalb der Bodenplatte eine 0,3 m mächtige lastverteilende Trag-/Polsterschicht berücksichtigt. Dabei sollte die Bewehrungsführung an jeder Stelle, auch bei ungünstiger Laststellung beide Bettungsmodule, abdecken

4.3 BAUGRUBE

4.3.1 Allgemeines

Aufgrund der Hangsituation wird es unvermeidbar, dass das Bauwerk in den Hang einschneidet. Hierbei wird neben den Lockergesteinen und der Verwitterungszone auch

kompakter Forbachgranit anzutreffen sein. Für die Herstellung von Baugruben bzw. für die Aushubarbeiten sind die Anforderungen der DIN 4124 [L 2] sowie die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) [L 3] zu beachten.

Das eigentliche Bauwerk ist im Endzustand auf den vollen Erd- und ggf. Wasserdruck zu bemessen. Bei der Erddruckberechnung ist dabei das ansteigende Gelände zu berücksichtigen. Hiervon kann nur abgesehen werden, wenn die Baugrubensicherung (Spritzbeton, Vernagelung, etc.) auf eine dauerhafte Funktion ausgelegt wird (Abstimmung mit dem Tragwerksplaner erforderlich).

4.3.2 Bodenvernagelung mit Spritzbetonsicherung

Bereich Lockergestein und Verwitterungszone

Nach den vorliegenden Erkenntnissen sind Böschungen im Bereich des Lockergesteins sowie in der Verwitterungszone bei großen Höhen und Neigungen ohne zusätzliche Sicherung nicht ausreichend standsicher. Für diese Bereiche empfehlen wir, eine Böschungssicherung durch eine Bodenvernagelung und Spritzbetonsicherung vorzunehmen. Dieses Verfahren erlaubt steilere Böschungsneigungen, wie es auch im kompakten Fels möglich wäre. Für die Herstellung der oberen Baugrubenabschnitte und auch als mögliche spätere dauerhafte Sicherung bietet sich die Spritzbetonbauweise in Kombination mit einer Boden-/Felsvernagelung an. Ausbruch und Sicherung der Wand können den lokalen Verhältnissen angepasst und dem Aushub folgend mit kleinem Gerät von oben beginnend ausgeführt werden.

Die erforderliche Anzahl und Länge der Erdnägel werden im Rahmen von Standsicherheitsberechnungen ermittelt. Für Erdnägel kann im Entwurf in den gemischtkörnigen Böden der Auffüllungen und der Verwitterungszone eine Mantelreibung von $q_{s1,k} = 80 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Für selbstbohrende Systeme (z. B. System Ischebeck) kann eine etwas höhere Mantelreibung von $q_{s1,k} = 100 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Die Nägel müssen ihre Lasten rechnerisch zuverlässig in einer Schicht abtragen können, um einen Reißverschlusseffekt zu vermeiden. Wenn die Nägel bis in den Forbachgranit reichen, muss die Einwirkung komplett im Festgestein abgetragen werden (Mindesteinbindelänge 2,5m). Hier kann in Abhängigkeit vom Verwitterungsgrad eine Mantelreibung von $q_{s1,k} = 2.000 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Alle

Aushubzustände sowie der Endzustand müssen mittels Standsicherheitsberechnungen nachgewiesen und dimensioniert werden.

Um die den Nachweisen zugrundeliegenden Mantelreibungskräfte zuverlässig erreichen zu können, ist bei der Herstellung der Nägel die Möglichkeit der (u. U. mehrfachen) Nachverpressung vorzusehen. Die tatsächlichen Nagelwiderstände sind in jedem Fall gemäß der betreffenden bauaufsichtlichen Zulassung durch Probelastungen nachzuweisen.

Bei der Dimensionierung der Sicherungsmaßnahmen sollte entweder ein Wasserdruck infolge hinter der Wand aufstauendem Sickerwasser in Ansatz gebracht werden oder durch konstruktive, dauerhaft funktionale Maßnahmen sichergestellt werden, so dass sich kein Wasserdruck aufbauen kann (s.u.).

Bereich Forbachgranit

Im Bereich des kompakten Festgesteins sind Böschungsneigungen bis zu 80° möglich, die bereichsweise ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen standsicher sein können. Nach jetzigem Kenntnisstand wird der Einschnitt in das Festgestein in einer ausreichend kleinen freien Standhöhe resultieren, sodass hier keine Sicherungsmaßnahme der Böschung nötig werden wird. Zuverlässig abschließend kann dies allerdings erst mit der Auswertung der im Zuge der weiteren Planung vorzusehenden lokalen Baugrunderkundung (Phase 2 des geotechnischen Berichts) beurteilt werden.

Sollte wider Erwarten eine Sicherung des Festgesteins ebenfalls erforderlich werden, zeigen Erfahrungen in der Umgebung des Bauwerks, dass ggf. vertikale hangparallele und quer verlaufende Kluftsysteme vorhanden sind (siehe z.B. Bahnhof Forbach). Hieraus kann bei höheren Böschungshöhen ein Kippversagen von quaderförmigen Felsblöcken resultieren. Die Verankerungslängen der Fels- bzw. Erdnägel müssen daher mindestens so weit reichen, dass dieses Kippversagen unterbunden wird. Eine genauere Dimensionierung kann wiederum mit Phase 2 des geotechnischen Berichts und einer Kartierung der vorhandenen Kluftsysteme vorgenommen werden. Die letztendliche Festlegung der planmäßigen Böschungsgeometrie muss dann anhand von erd- bzw. felsstatischen Berechnungen erfolgen.

Allgemeine Hinweise zur Ausführung der Bodenvernagelung mit Spritzbetonsicherung

Bei Geländesprüngen über 5 m Höhe sollte die Böschung im Fels in Bermen hergestellt werden. Felsoberflächen sind sauber von kleineren Gesteinsbrocken zu beräumen. Bei stärker geklüfteten Felsbereichen kann z. B. auch eine Netzsicherung erforderlich werden. In kompakteren Felsbereichen reicht voraussichtlich eine Sicherung mit Felsankern aus. Auch hierbei sind Standsicherheitsberechnungen erforderlich.

Die Sicherung der Böschungen muss Berme für Berme unter Berücksichtigung der Klüftung und der geotechnischen Berechnungen festgelegt werden und unmittelbar erfolgen. Auftretendes Kluftwasser muss erff. durch leicht zur Baugrube geneigte Drainagebohrungen gefasst und abgeleitet werden.

Für die Herstellung der Baugruben sind die Anforderungen der DIN 4124 [L 2] sowie die Hinweise der EAB [L 3] einzuhalten. Die Böschungsflächen sind vor Witterungseinflüssen (Niederschlag, Austrocknung, Frost etc.) zum Beispiel mit Hilfe von sturmfest verankerten Folien zu schützen. Über die Böschung ablaufendes Wasser ist am Fuß zu fassen und abzuleiten. Der Zufluss von Oberflächenwasser kann im unteren Bereich entlang der Straße vorab, z. B. mit Hilfe eines kleinen Erdwalls entlang der Böschungsschulter, unterbunden werden. Wie bereits oben erläutert sind im Hangbereich jedoch voraussichtlich aufwändigere Maßnahmen zur Fassung und Ableitung des Oberflächenwassers erforderlich.

Geböschte ungesicherte Baugruben sind aufgrund der Lage im Hang voraussichtlich nur straßenseitig ausführbar, wenn hier ausreichend Platz zur Verfügung steht. Bauzeitliche Böschungen können im Lockergestein bis zu einer Tiefe von 5 m unter Einhaltung eines Böschungsneigungswinkel von $\leq 45^\circ$ ohne Standsicherheitsnachweis angelegt werden, wenn das Gelände hinter der Böschung nicht stärker als 1:10 ansteigt und Maßnahmen zum Fassen des ggf. auftretenden Sickerwassers getroffen werden (z. B. mittels Dränkeilen aus Schotter oder dränierenden Vorschüttungen). An der Böschungsschulter ist ein Streifen mit einer Breite entsprechend der Baugrubentiefe lastfrei zu halten. Die nach DIN 41240 [L 2] vorgegebenen Abstände von Baugeräten zur Baugrube sind einzuhalten. Anderenfalls ist die Standsicherheit der Baugrubenböschungen rechnerisch nachzuweisen.

Die Baugrubenböschungen werden vornehmlich im Bereich der Böden des Lockergesteins und der Verwitterungszone liegen. Zumindest für die höheren Böschungsbereiche hangseitig wird voraussichtlich eine Böschungssicherung erforderlich. Aufgrund der bindigen Anteile

sind die anstehenden Böden kurzzeitig standfest und eignen sich gut für eine Sicherung mittels Spritzbetonwand und Bodennägeln.

Hierbei beträgt die Böschungsneigung in der Regel bis 80°. Die Nägel werden durch Rammen, Bohren oder Einpressen in einem flächigen Raster von 1,0 bis 2 Meter eingebaut. Die Nägel werden entweder mit Abstandhaltern in Bohrlöchern (in der Regel Durchmesser 76 mm) verpresst oder als Hohlstäbe eingebaut, die dann mit Zementmörtel verpresst werden.

Die Ausführung der Spritzbetonwand mit Bodenvernagelung erfolgt nach DIN EN 14490 [L 6]. Die Herstellung von Spritzbetonvernagelungen folgt dabei üblicherweise von oben beginnend in Etagen folgendem Schema:

- Ggf. vorab Herstellen von Drainagebohrungen zur Entwässerung des Gebirges
- Aushub bzw. Profilieren von etwa 1,5 m und Vorbereitung der Oberfläche
- Aufbringen der Drainage- und Bewehrungsmatten
- Herstellung der Spritzbetonschale
- Herstellung der Drainagebohrungen
- Herstellung der Boden-/Felsnägel

Bei der Herstellung der Nägel sind die Vorgaben der DIN EN 1537 [L 15] zu beachten. Grundsätzlich bieten sich Bodennägel vom Typ GEWI oder selbstbohrende Systeme an (z. B. Typ Ischebeck). Für die Herstellung des Spritzbetons ist zu beachten, dass der Beton mindestens der Betongüte C25/30 entsprechen muss.

Es ist zu prüfen, ob der Baugrubensicherung auch im Endzustand eine statische Funktion zugewiesen wird, z. B. zur Abschirmung des Bauwerks gegen Hangschub oder zum Führen des Erdbebennachweises. In diesem Fall muss das gewählte Nagelsystem die Anforderungen hinsichtlich des Korrosionsschutzes für Dauerzwecke erfüllen (Ankerkopf und Zugglied). Bei Einstabankern mit sog. Standard-Korrosionsschutz kann dies oftmals durch die Begrenzung der Zugspannung im Stahlglied (meist 230 N/mm² bei nicht planmäßiger Biegebeanspruchung unter Ansatz der Bemessungswerte der Einwirkungen) erreicht werden. Die entsprechenden Vorgaben sind jeweils der Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung des verwendeten Verankerungselements zu entnehmen.

Die Etagenhöhe sollte dem Nagelraster angepasst werden.

Erdstatische Berechnungen

Für eine Vorbemessung der mit einer Bodenvernagelung gesicherten Böschung wurde mit den unter Abschnitt 3.2 genannten Baugrundkennwerten anhand von 2 Varianten Standsicherheitsberechnungen durchgeführt. Hierbei wurde ein Schnitt in der Mitte des Neubaus gewählt, an einem Punkt, an dem die Böschung am höchsten erwartet wird. Zu Grunde gelegt wurden hierbei abgeschätzte Scherparameter und Mantelreibungen. Für die Berechnungen wurde das Tragglied TITAN des Systems Ischebeck zu Grund gelegt. Die natürlichen Deckschichten und die Verwitterungszone wurden dabei zu einer Schicht zusammengefasst und konservativ mit einer Mächtigkeit von 6 m angesetzt. Die Ergebnisse der erdstatischen Berechnung sind in Anlage 3.2 aufgeführt.

Die untersuchten Varianten unterscheiden sich hierbei in der Anzahl der Nägel und deren Einbindetiefe. Untersucht wurde Variante 1 mit 7 Nagellagen und einer gestaffelten Nagellänge von 5,50 m bis 7,30 m (siehe Anlage 3.2.1). Variante 2 wurde mit 5 Nägeln, und einer Spritzbetonschale nur im Bereich des Lockergesteins ausgeführt. Hierbei wurde die Länge aller Nägel mit 8,50 m angesetzt (siehe Anlage 3.2.2).

Aufgrund des voraussichtlich vorhandenen Kluftsystems (siehe Abbildung 3), kann es zu Mehrausbruch beim Lösen des Festgesteins am Böschungsfuß kommen. In diesem Fall kann es sich als praktisch erweisen auf dem Festgestein eine Berme vorzusehen, um ein Ausfließen des überlagernden Lockergesteins durch ungewollten Mehrausbruch beim Lösen des Felses vorzubeugen. Hierfür wurde eine 3. Variante mittels erdstatischer Berechnungen untersucht (siehe Anlage 3.2.3). Dabei wurde im Bereich des Festgesteins eine Berme vorgesehen und die Bodenvernagelung mit 5 Nägeln mit einer gestaffelten Länge von 6 m bis 8 m nur im Bereich der Böschungssicherung im Lockergestein eingeplant.

4.3.3 Entwässerung Spritzbetonwand

Es wird empfohlen, die Rückseite der Wand mit einer Dränagematte auszustatten. In der Wand sind dementsprechend Öffnungen zur Drainage vorzusehen. Das anfallende Wasser im Bereich soll mittels Drainage am Wandfuß abgeleitet werden. Da ein Graben an dieser Stelle

tiefer liegen würde als die zu einem späteren Zeitpunkt herzustellenden Fundamente, soll hierfür eine 0,3 m Schüttung (z. B. in ein Vlies GRK 3 eingeschlagener Kies der Körnung 8/32 mit einem Drainagerohr) als Rigole hergestellt werden, die in eine geeignete Vorflut entwässert.

4.4 GEFASSTE QUELLE

Um die Trinkwasserversorgung sicherzustellen, wurde im Jahre 1955 eine Quelle auf dem Gelände gefasst und deren ehemaliger Wasserlauf entfernt. Diese Quelle ist nach wie vor vorhanden und dient nach wie vor der Wasserversorgung des Bestandsgebäudes. Es ist allerdings davon auszugehen, dass der ehemalige Wasserlauf nicht mehr existiert und im Zuge vorheriger Baumaßnahmen entfernt wurde.

4.5 ALT-KLÄRANLAGE

Die Abbildung 5 zeigt im nord-westlichen Bereich eine Kläranlage für die Abwässer des Bestandsbaus. Die Bestandskläranlage schließt südlich des Kioskes an eine Verdohlung an, welche das Wasser der Kläranlage unter der L83 hindurch der Talsperre zuführt. Sofern die Altkläranlage nicht ertüchtigt werden kann, ist diese zurückzubauen und durch eine neue Anlage zu ersetzen. Im Bereich der Altkläranlage ist mit Erschwernissen zu rechnen (evtl. Altfundamente oder andere Bauteile vorhanden). Nach jetzigem Planungsstand wird der östliche Bereich der Kläranlage im Bereich des Neubaus liegen. Entstehende Hohlräume durch den Rückbau sind mit ausreichend tragfähigem und verdichtetem Material zu verfüllen.

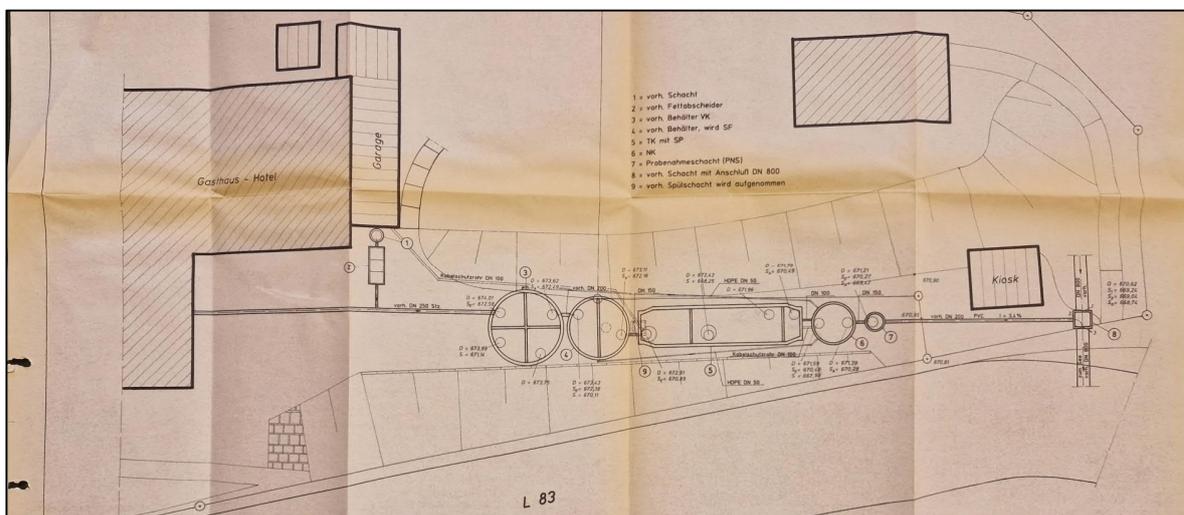


Abbildung 5 Plandarstellung der Lage der Bestandskläranlage im nord-westlichen Bereich des Baufelds

4.6 ÖLTANK

Im östlichen Bereich befindet sich laut Abbildung 6 ein Öltank mit 20000 Liter Fassungsvermögen. Die Ölleitungen wurden durch ein Zementrohr in das Gebäude geführt. Aus den Bestandsunterlagen geht nicht hervor, ob es sich dabei um einen unter- oder einen oberirdischen Öltank handelt. Bei Aushubarbeiten in diesem Bereich ist besondere Vorsicht geboten, falls die Leitungen und der Tank nicht zweifelsohne lokalisiert werden können.

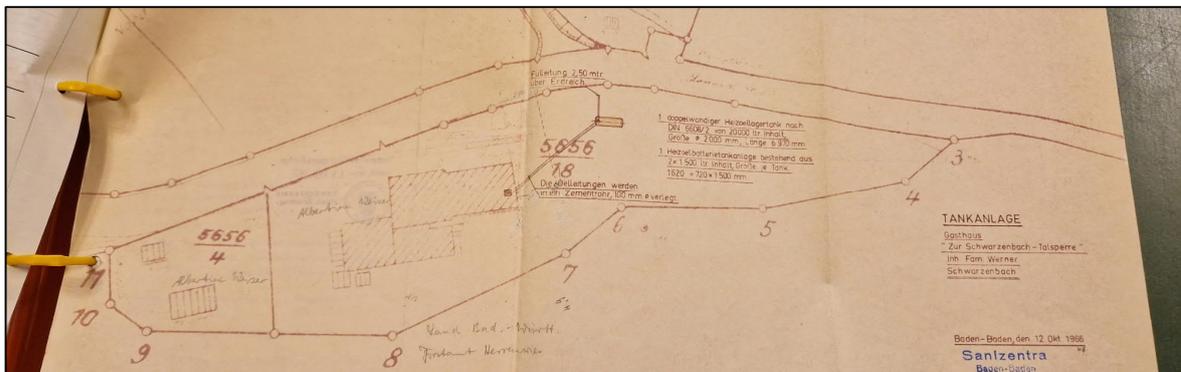


Abbildung 6 Lage des Öltanks und der Zuleitung zum Bestandsgebäude

4.7 HINWEISE ZUR PLANUNG UND BAUAUSFÜHRUNG

4.7.1 Allgemeines

Die Erdbau- und Spezialtiefbaumaßnahmen sollten sorgfältig durchgeplant und überwacht werden.

Sollten in den geplanten Gründungssohlen bindige oder gemischtkörnige Böden mit weichen bindigen Anteilen anstehen, wird empfohlen, diese durch tragfähiges Material auszutauschen. Dies könnte vor allem im nord-westlichen Bereich der Fall sein, da hier Auffüllungen aus der Zeit des Neubaus des Bestandsgebäudes vermutet werden. Alle Planien sollten ein leichtes Gefälle aufweisen, damit anfallendes Niederschlagswasser einer Dränage zugeführt wird. Am Standort ist phasenweise mit erheblichen Niederschlagsmengen zu rechnen,

sodass aufgrund der Lage des Bauvorhabens im Hangbereich der Fassung und schadlosen Ableitung von Oberflächenwasser besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist.

Für Bodenaustauschmaßnahmen oder Trag-/Polsterschichten ist aufgrund der Lastausbreitung unter 45° ein seitlicher Überstand (über die äußeren Fundamentabmessungen hinaus) in der Größe der Einbaustärke zu berücksichtigen. Sofern aufgrund der Einbaulage erforderlich, ist die Frostsicherheit der Materialien zu gewährleisten. Bei einem Bodenaustausch mit Magerbeton kann dieser auch nur in der Grundfläche des Fundaments vorgenommen werden. Des Weiteren ist die Drainage der Tragschichten sicherzustellen. Sofern die gering durchlässigen Deckschichten nicht vollständig ausgetauscht werden, sind daher z. B. Drainageleitungen mit Anschluss an die Talsperre einzuplanen.

Die Verwitterungszone und das Lockergestein wird überwiegend mittels Bagger lösbar sein (Felslöffel). Der kompaktere Granit ist voraussichtlich nur im obersten Bereich noch mittels Reißen lösbar. Mit zunehmender Überdeckung ist dann mit einem höheren Aufwand für das Lösen des Felses zu rechnen (ehem. Bodenklasse 7). Hier sind unterschiedliche Techniken einsetzbar (Meißeln, Fräsen, Auflockern durch Vorbohren, Sprengen). Nach unserer Kenntnis soll der Abbau im Fels durch Sprengen erfolgen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Sprengung schonend durch sog. abschiebendes Sprengen erfolgt, um den Fels nicht tiefreichend zu zerrütten, was umfangreiche Sicherungsmaßnahmen nach sich ziehen würde. Falls böschungsparelle Klüfte vorhanden sein sollten, kann dieser Umstand genutzt werden. In diese Klüfte wären Vorbohrungen herzustellen, in die geringe Sprengstoffmengen eingebracht werden, um ganze Felsblöcke abschiebend zu lösen. Genehmigungsrechtliche Fragestellungen in Bezug auf das sprengende Lösen können durch IBO nicht beurteilt werden.

4.7.2 Abdichtung

Bei vollflächiger, durchgängiger Herstellung einer Vertikaldrainage vor der Wand sowie einer vollflächigen als Drainage wirkenden durchlässigen Schicht unterhalb der Bodenplatte ist eine Abdichtung der Außenwände sowie der Bodenplatte nach DIN 18533, Teil 1 [L 8] als W1.2-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdbeherrichten Wänden mit Drainage) möglich. In diesem Fall muss die Drainage jedoch an eine geeignete Vorflut angeschlossen werden. Hierbei können annähernd beliebige steinfreie

Materialien verwendet werden, sofern sie die Anforderungen an die Verdichtungsfähigkeit erfüllen.

Sofern keine ausreichenden Dränagemöglichkeiten vorgesehen werden, muss für das Bauwerk eine Abdichtung der Außenwände und Decken nach DIN 18533, Teil 1 [L 8] als W2.2-E (Abdichtung gegen drückendes Wasser über 3 m Wassersäule) ausgeführt werden. Entscheidend ist hierbei die Höhe des Geländeeinschnitts und die damit einhergehende mögliche maximale Wassersäule von ca. 10 m im ungünstigsten Fall. Für die Arbeitsraumverfüllung können dabei annähernd beliebige steinfreie Materialien für die Arbeitsraumverfüllung verwendet werden, sofern sie die Anforderungen an die Verdichtungsfähigkeit erfüllen und eine ausreichende Filterstabilität zu den angrenzenden Böden aufweisen.

Des Weiteren ist nach DIN 18533-1 [L 8] die Bodenplatte gegen aufsteigende Feuchte abzudichten. Für den Fall einer Abdichtung der Außenwände gegenüber drückendem Wasser (Wirkungswasserfall W2.2) ist beim Übergang der Sohl- in die Außenabdichtung besondere Sorgfalt geboten und eine Überlappung von mind. 10 cm einzuhalten. Zudem wird empfohlen diesen mit einer Hohlkehle auszurunden und für einen Überstand der Bodenplatte gegenüber dem Wandfuß von 7-8 cm zu sorgen.

4.7.3 Wasserhaltung

In den vorliegenden Schichtprofilen älterer Bohrungen wird das Grundwasser immer in der Nähe der Felsoberkante angetroffen. Zudem ist im Bereich des Forbachgranits mit Kluftwasser zu rechnen. Genaue Aussagen über die Menge des anfallenden Grund- und Hangwassers können erst nach den erfolgten Baugrundaufschlüssen in Phase 2 getroffen werden. Grundsätzlich ist im tieferen Untergrund aufgrund der geringen Durchlässigkeit der anstehenden Böden jedoch mit sehr geringem Anfall von Schicht- oder Hangwasser zu rechnen.

Bei Böschungen im Lockergestein oberhalb des Festgesteins müssen Maßnahmen getroffen werden, damit das anfallende Wasser bereits vor Erreichen der Böschungsoberfläche gefasst und schadlos abgeführt wird. Hierfür könnten Dränkeile, Vorschüttungen aus dränierendem Material oder oberhalb der Böschung angeordnete Drainagegräben infrage kommen.

Spritzbetonwände sollten mit Dränagematten und Entwässerungsöffnungen ausgestattet werden. Ggf. ist es erforderlich, außerdem Dränagebohrungen (zum Teil vorausseilend) herzustellen.

4.7.4 Arbeitsraumverfüllung

Das Material für die Verfüllung der Arbeitsräume ist lagenweise einzubauen und grundsätzlich auf $D_{Pr} \geq 98 \%$, im Bereich späterer Verkehrsflächen oder Überbauung auf $D_{Pr} \geq 100 \%$, zu verdichten. Die Verdichtung ist im Rahmen der Eigenüberwachung durch die bauausführende Firma durch Dichtebestimmungen nachzuweisen. Hierbei ist zu beachten, dass eventuell vorhandene Steine einwandfrei mit dem restlichen Material umhüllt werden müssen und keine Hohlräume zurückbleiben. Ein unmittelbarer Kontakt von steinigem Material (Korngröße $> 100 \text{ mm}$) mit dem Bauwerk ist zu vermeiden.

Die örtlichen Erfahrungen zeigen, dass der Steinanteil mit Kantenlängen $> 100 \text{ mm}$ im Aushubmaterial relativ groß ist. Dies bedeutet, dass beim Aushub ein Mehraufwand für das Separieren und Aufbereitung des Materials erforderlich wird, sofern dieses für den Wiedereinbau vorgesehen ist.

In jedem Fall sind sämtliche zum Wiedereinbau vorgesehenen Materialien vor Durchnäsung geschützt zu lagern. Hier eignen sich z.B. verdichtet hergestellte Tafelmieten mit ausreichend Quergefälle ($> 5 \%$) oder Abdeckungen mit sturmfest verankerten und für die Dauer der Liegezeit geeigneten Folien. Es ist zu prüfen, ob eine Lagerung vor Ort aufgrund der örtlichen Platzverhältnisse möglich ist. Gegebenenfalls ist die Verwendung von Fremdmaterial vorzusehen.

Ob ein Teil des Gebirgsdrucks des sich entfestigenden Gebirges später durch die Arbeitsraumverfüllung beispielsweise in Bereichen, in denen die Spritzbetonsicherung nicht als dauerhaft ausgelegt ist, auf das Gebäude abgegeben wird, ist erforderlichenfalls mit dem Tragwerksplaner abzustimmen.

Ansonsten ist der Erddruck auf das Bauwerk grundsätzlich vom verwendeten Material abhängig. Für die statische Vorbemessung der Bauwerke kann vereinfacht der Erdruchedruck

E_0 angesetzt werden. In den oberen Metern übersteigt der Verdichtungserddruck sogar den Erdruchdruck, hier gilt vereinfacht:

- bei einer Arbeitsraumbreite $\leq 1,0$ m ein Verdichtungserddruck von 40 kN/m^2 und
- bei einer Arbeitsraumbreite $\geq 2,5$ m ein Verdichtungserddruck von 25 kN/m^2 .

4.7.5 Versickerung

Nach DWA A 138 [L 7] liegt die minimale Durchlässigkeit des technisch relevanten Versickerungsbereichs für eine Versickerung von Niederschlagswasser bei $k_f > 10^{-6} \text{ m/s}$. Diese Anforderung erfüllen die anstehenden Böden und der Fels in der Regel nicht. Der Baugrund ist daher als nicht versickerungsfähig einzustufen. Anfallendes Wasser – z.B. auch aus Dränagen im Hangbereich – ist daher zu fassen und einer Vorflut zuzuführen.

4.8 VERKEHRSFLÄCHEN UND AUßENANLAGEN

Im Vorfeld des Neubaus sind Verkehrswege, die Zufahrt zur Tiefgarage sowie Zufahrten für Zulieferer geplant. Hierbei ist generell davon auszugehen, dass die anstehenden Böden nicht ausreichend frostsicher sind. Lediglich bestehende Tragschichten sind bereichsweise als frostsicher zu erwarten. Die Mindestdicken des frostsicheren Oberbaus sind in der RStO 12/24 geregelt [L 11]. Diese wird für die zu erwartenden Varianten der Verkehrsflächen im Umfeld des Neubaus im Folgenden jeweils bestimmt und dargelegt. Zu Grunde gelegt wird hierbei jeweils die Belastungsklasse, welche sich aus der Art des Verkehrsweges ergibt, sowie die Frosteinwirkungsklasse, welche nach RStO 12/24 Bild 6 zu Frosteinwirkungsklasse II für den Standort des Neubaus bestimmt wird [L 11].

4.8.1 Neubau Zufahrtsstraßen

Die Zufahrtsstraßen sind in Asphaltbauweise nach Bk1,0 vorgesehen.

Nach Tafel 1 der RStO 12/24 [L 11] wird für Straßen in Asphaltbauweise ein Aufbau, beispielsweise nach der Zeile 3 mit einer insgesamt 16 cm starken Schwarzdecke (4 cm Asphaltdecke und 12 cm Asphalttragschicht) über einer 15 cm Schottertragschicht und einer 31 cm starken Frostschutzschicht empfohlen. Daraus ergibt sich eine Gesamtstärke des

frostsicheren Aufbaus von 62 cm. Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus beträgt für die Zufahrtsstraße 70 cm. Um die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus zu erreichen kann die darüberliegende Schotter- oder Kiesschicht auf eine Stärke von 40 cm verstärkt werden.

Gemäß der RStO 12 [L 11] sind für die genannten Aufbauweisen auf Oberkante der jeweiligen Frostschutzschichten Steifigkeiten von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ (Verhältnisswert $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$) und auf Oberkante der Schottertragschichten Steifigkeiten von $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ (Verhältnisswert $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,1$) nachzuweisen.

Auf dem Erdplanum ist ein $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (Verhältnisswert $E_{v2} / E_{v1} \leq 3,0$) gefordert.

4.8.2 Baustraße

Generell empfiehlt sich, etwaige Baustraßen so zu dimensionieren, dass auf der Oberkante ein $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \geq 2,5$) erreicht werden kann. Dies sollte mit einer bis zu 60 cm mächtigen Schottertragschicht gewährleistet werden. Zusätzlich kann der Einbau eines Geotextiles vorgesehen werden, vor allem auch um einen späteren eventuellen Rückbau der Baustraße einfach umzusetzen.

Das Anlegen von Baustraßen westlich und östlich des Neubaus kann sich als sinnvoll erweisen, da hier nach dem Entwurf die späteren Zufahrtstraßen erwartet werden. Sofern hier die Tragschicht für die spätere Herstellung der Zufahrtsstraße weiterverwendet werden soll, gelten höhere Anforderungen (s.o.).

4.8.3 Allgemeine Hinweise

Voraussetzung für das zuverlässige Erreichen der geforderten Steifigkeiten ist eine ausreichende Steifigkeit im Erdplanum. Für dies gilt allgemein die Anforderung von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \geq 3,0$). Diese ist möglichst frühzeitig im Bauablauf durch Plattendruckversuche festzustellen. Bei unzureichender Steifigkeit im Untergrund können Bodenverbesserungsmaßnahmen wie z. B. ein Bodenaustausch mit gut verdichtbarem und scherfestem Material (z. B. Mineralgemisch der Körnung 0/45) oder Einsatz eines Geogitters z. B. in der Trennfuge zwischen Erdplanum und Tragschicht erforderlich werden.

Die genaue Dimensionierung der Maßnahmen ist anhand der Ergebnisse der o.g. Plattendruckversuche während der Bauausführung auf dem hergestellten Erdplanum vorzunehmen.

Grundsätzlich ist auf eine ausreichende Entwässerung der Frostschutz- und Tragschichten zu achten.

4.9 LEITUNGSBAU

Im Zuge des Neubaus des Hotels werden beispielsweise Kanäle (DN 250) zur Entwässerung neu verlegt. Im Vorfeld der eigentlichen Baumaßnahme wird die bestehende Kläranlage ertüchtigt oder durch einen Neubau ersetzt. Aufgrund der niedrigeren Gründungssohle im Vergleich zum Bestandsbau, ist davon auszugehen, dass die neue Kläranlage ebenfalls tiefer liegen wird. Diese liegen in Tiefen zwischen 3,8 m und 4,0 m unter GOK und daher im Bereich der Verwitterungszone (Homogenbereich II) sowie im hangseitig im Übergang zum Festgestein (Homogenbereich III).

Die Verwitterungszone des Festgesteins wird überwiegend mittels Bagger lösbar sein (Felslöffel). Beim Aushub im Bereich größerer Steine und im Festgestein ist durch das Herausbrechen mit einem gewissen Mehraushub zu rechnen. Zusätzlich sind Aushubmaterialien mit Steinanteilen (Kantenlängen > 100 mm) möglich, so dass beim Aushub ein Mehraufwand für das Separieren des Materials (getrennte Abfuhr der gemischtkörnigen Böden sowie Einsatz eines Sieblöffels zum Auslesen der Steine) erforderlich wird.

Unregelmäßigkeiten in den Aushubsohlen können durch Magerbetonausgleich oder durch z.B. Natursteinmineralgemisch zuverlässig ausgeglichen werden.

Generell sind bei der Herstellung der Leitungsgräben sowie bei der Verlegung der Leitungen die Vorgaben der DIN 4124 [L 2] sowie der DIN EN 1610 [L 12] zu beachten.

Für die Herstellung der Leitungsgräben wird ein Systemverbau empfohlen. Dieser kann im vorliegenden Fall eingestellt werden, wenn - wie bei nicht kraftschlüssigem Verbau allgemein zu erwarten - gewisse Spannungsumlagerungen und Verformungen / Setzungen toleriert werden können. Zur Vermeidung unzulässiger Verformungen von bereits bestehenden setzungsempfindlichen Bauteilen (z. B. Straßenbeleuchtung) sind geeignete Maßnahmen,

wie z. B. die Verfüllung der zwischen anstehendem Baugrund und Verbau bestehenden Hohlräumen mit nichtbindigem Ersatzmaterial, zu ergreifen.

Grundsätzlich ist der Verbau für Baugruben im talseitigen Bereich, in der Nähe der L83, auf den erhöhten aktiven Erddruck $E = \frac{1}{2} \cdot (E_a + E_0)$ zu bemessen. Für die Bemessung kann vereinfachend von folgenden Bodenkennwerten ausgegangen werden:

Feuchtwichte/Auftriebswichte: $\gamma / \gamma' = 21/11 \text{ kN/m}^3$

Winkel der Gesamtscherfestigkeit: $\varphi_{s,k'} = 30^\circ$

Verkehrslasten sind bei der statischen Bemessung des jeweiligen Baugrubenverbaus zu berücksichtigen.

Sollten bereichsweise Böschungen vorgesehen werden, kann bei Aushubtiefen von mehr als 1,25 m von einem zulässigen Böschungswinkel von 50° (Generalneigung) ausgegangen werden, da die angetroffenen Böden mit 45° bis 60° geböscht werden können. Im tieferen Bereich kann auch Festgestein anstehen. Hier sind dann auch Böschungswinkel bis 80° zulässig. Entlang der Böschungsschulter ist ein mindestens 0,6 m breiter Streifen lastfrei zu halten. Baufahrzeuge müssen einen Abstand von 2 m zur Böschungsschulter einhalten.

Neben der DIN EN 1610 [L 12] gilt für die Verlegung der Leitungen auch die ZTV A-StB 12 [L 13]. Für die Verdichtungsanforderungen gelten die Angaben nach ZTV A-StB 12 [L 13] und ZTV E-StB 17 [L 14].

Es wird empfohlen, die Rohraufleger den tatsächlich angetroffenen Untergrundverhältnissen anzupassen, wobei grundsätzlich die Herstellung eines Rohrauflegers in einer Stärke von mindestens 15 cm (bzw. dem halben Rohrdurchmesser) zu empfehlen ist. Auch hier ist ein Mehraufwand/Mehrausbruch aufgrund größerer Steine möglich.

Die Aushubsohlen sind während der Arbeiten vor Wassereinfluss, Frost und mechanischer Störung zu schützen. Weiche oder aufgeweichte Böden dürfen nicht überbaut werden und sind durch ausreichend schersfestes Austauschmaterial zu ersetzen.

Über der Leitungszone können in der Hauptverfüllung z. B. nichtbindige oder gemischtkörniges Material mit ausreichender Filterstabilität zu den angrenzenden Böden eingebaut werden. Hier können außerhalb der bestehenden Verkehrsflächen bzw. unter den dortigen Tragschichten auch - nach seitlicher, vor Witterungseinflüssen geschützter Zwischenlagerung - weitgehend steinfreie Aushubmaterialien (Korndurchmesser ≤ 100 mm) Verwendung finden.

Die Verdichtungsanforderungen betragen in Anlehnung an die ZTV E-StB 17 [L 14] abhängig vom eingebauten Erdmaterial zwischen $D_{Pr} \geq 97$ % für feinkörnige und gemischtkörnige Böden mit höherem Feinanteil und $D_{Pr} \geq 100$ % für nichtbindige sowie gemischtkörnige Böden mit geringerem Feinanteil. Ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 98$ % ist jedoch auch für die feinkörnigen Böden anzustreben.

Sofern Aufgrabungen im Bereich bestehender Verkehrsflächen erforderlich werden, ist zu beachten, dass aufgrund der geringen Überdeckung der frostsichere Oberbau wiederherzustellender Verkehrsflächen zumeist direkt oberhalb der Leitungszone beginnt. In diesem Fall wird empfohlen, für die Wiederverfüllung zugelieferte Frostschutz- bzw. Tragschichtmaterialien zu verwenden.

4.10 QUALITÄTSSICHERUNG

Verdichtungsprüfungen sind in den in der Gründungssohle erwarteten steinigen Böden voraussichtlich nicht zielführend. Wir empfehlen daher, nach Freilegen der Gründungssohle eine Sohlabnahme durch den Baugrundgutachter vornehmen zu lassen.

Tabelle 3: Verdichtungsanforderungen / - kontrollen

Prüfzone	Verdichtungsanforderung	Umfang der Eigenüberwachungsprüfung	empfohlene Prüfmethode	alternative Prüfmethode
Arbeitsraumverfüllung	$D_{Pr} \geq 98$ % bis 100 %	1 Prüfung je 300 m ³	für $D_{Pr} \geq 98$ % $E_{v2} \geq 60$ MN/m ² bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,6$	Im Arbeitsraum z. B:

Bodenverbesserung und Tragschichten	$D_{Pr} \geq 98 \%$ bis $D_{Pr} \geq 103 \%$	1 Prüfung je 300 m ² bzw. je 150 m ³	für $D_{Pr} \geq 100 \%$ $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ für $D_{Pr} \geq 103 \%$ $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ und $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,1$	Rammsondierungen bei Zugänglichkeit / Kalibrierung
Erdplanum	$D_{Pr} \geq 98 \%$	1 Prüfung je 300 m ²	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 3,0$	auch Leichtes Fallgewicht nach TP BF-StB Teil 8.3

Für die zu verdichtenden Bereiche empfehlen wir, die geforderten Verdichtungen im Zuge der Eigenüberwachung in Anlehnung an die Vorgaben nach ZTV E-StB 17 und RStO 12 ([L 11] und [L 14]) durch die ausführende Firma nachzuweisen. In der **Tabelle 3** sind die jeweiligen Anforderungen sowie die geeigneten Prüfmethode zusammengestellt.

Darüber hinaus sind im Rahmen der Erdbauarbeiten die Aushub- und Einbaumassen mit Herkunft und Qualität der Materialien zu dokumentieren.

4.11 VERWERTUNG VON AUSHUBMATERIAL

4.11.1 Allgemeines

Bei der Wiederverwertung von grobkörnigem Material ist darauf zu achten, dass eventuell vorhandene Steine einwandfrei mit Bodenmaterial umhüllt werden, damit keine Hohlräume zurückbleiben.

Generell können gemischtkörnige Böden mit hohen Feinkornanteilen und bindige Böden aufgrund ihrer Wasserempfindlichkeit und der mäßigen Verdichtbarkeit nur eingeschränkt zum Wiedereinbau empfohlen werden. Diese Böden neigen bereits bei geringen Wassergehaltsänderungen zu schnellen Konsistenzwechseln (Übergang in weiche und breiige Konsistenz), was zusätzlich durch dynamische Beanspruchungen, z. B. durch Überfahren, Laden oder Transportieren, begünstigt wird. Im Hinblick auf die weitere Verwendung ist zu beachten, dass dieses Material vor Tragwasserzutritten geschützt und beim Aushub z. B. auf Mieten mit geneigten und geglätteten Oberflächen aufgesetzt werden sollte.

Sofern eine Wiederverwertung der Verwitterungszone innerhalb der Baumaßnahme angestrebt wird, kann grobes Material beispielsweise nach Aufbereitung auf Korngröße 0/32

bzw. 0/45 (Brechen vor Ort) als Bodenaustauschmaterial oder für die Bauwerkshinterfüllung vorgesehen werden. Es ist jedoch vorab zu prüfen, ob diese Vorgehensweise im vorliegenden Fall wirtschaftlich ist. Gleiches gilt auch für das Festgestein. Bindiges Material oder gemischtkörniges Material mit hohen bindigen Anteilen ist nicht für die Bauwerkshinterfüllung geeignet.

4.11.2 Umwelttechnische Einstufung Bodenmaterial

Eine umwelttechnische Einstufung der erkundeten Materialien ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens. Generell ist Aushubmaterial schichtorientiert zu lösen und zu verwerten. Sofern bei den Arbeiten organoleptisch auffälliges Material anfällt, ist dieses vom übrigen Aushub zu separieren.

Eine Zwischenlagerung von Aushubmaterial innerhalb der Baumaßnahme ist genehmigungsfrei. Nach § 2 Abs. 10 und 11 sowie § 4 und § 5 KrWG enden die Abfalleigenschaften von Aushubmassen, wenn eine Verwertungsmöglichkeit innerhalb der Maßnahme vorliegt und keine schädlichen Auswirkungen von den Materialien auf Mensch und Umwelt ausgehen.

Wir weisen darauf hin, dass für eine Verwertung der Aushubmaterialien außerhalb der Baumaßnahme oftmals nur Deklarationsuntersuchungen aus Haufwerksbeprobungen akzeptiert werden. In der Regel ist ein Untersuchungsaufwand von mindestens zwei Laborproben je 500 m³ Aushubmaterial erforderlich. Die Untersuchungsergebnisse haben eine Gültigkeit von sechs Monaten.

Wir empfehlen daher, den Aufwand für Deklarationsuntersuchungen bereits bei der Ausschreibung einzuplanen und ggf. erforderliche Entsorgungs- bzw. Verwertungswege vorab mit der Annahmestelle oder der Baufirma (in Bietergesprächen) zu klären.

5 GEOTHERMIE

5.1 ALLGEMEINES

Für eine Vorbeurteilung einer Erdwärmsonde zur Versorgung des Neubaus mit nachhaltiger Wärmeenergie wurde über das LGRB eine Standortbeurteilung angefordert (siehe [U6]). Diese Beurteilung empfiehlt die fachtechnische Vor-Ort-Betreuung einer Erdwärmsondebohrung durch einen in der regionalen Geologie erfahrenen Geowissenschaftler, damit die Erdwärmesonde nicht mit sulfathaltigem Gestein sowie nicht mit dem oberen Muschelkalk in Kontakt kommt. Von beiden Szenarien ist für den Standort nach jetzigem Kenntnisstand nicht auszugehen. Für Abdichtungen der Sonde mit Zement wird auf die empfohlenen Expositionsclassen in Abschnitt 3.5 verwiesen.

Zudem wird im Untersuchungsbereich nicht von gespanntem Grundwasser ausgegangen, da sich bis in große Tiefe in Form des Festgesteins ein Grundwassergeringleiter befindet. Des Weiteren ist bezüglich der Einbindetiefe zu beachten, dass Erdwärmertiefenbohrungen, die eine Tiefe von 100 m überschreiten unter das Bundesberggesetz fallen [L 9]. Für eine detailliertere Planung der Erdwärmesonde, auch in genehmigungsrechtlicher Sicht, wird die Dimensionierung der Anlage durch einen Fachplaner empfohlen.

5.2 MÖGLICHE WÄRMEENTZUGSLEISTUNG

Die Auswertung vom LGRB ergibt die in Abbildung 7 dargestellten kumulativen Wärmeentzugsleistung bis zur angegebenen Bohrtiefe jeweils für 1800 sowie 2400 h Betrieb pro Jahr.

Anhand der gezeigten Wärmeentzugsleistung (WEL) wird im folgenden eine Vordimensionierung des durchschnittlichen möglichen Wärmezugs durchgeführt. Zu beachten ist, dass Einflüsse aus hydrologischen Grundwasserströmungen außer Acht gelassen werden und die sogenannte „neutrale Zone“ [L 9] im oberflächennahen Bereich bis 20 m Tiefe nicht berücksichtigt wird.

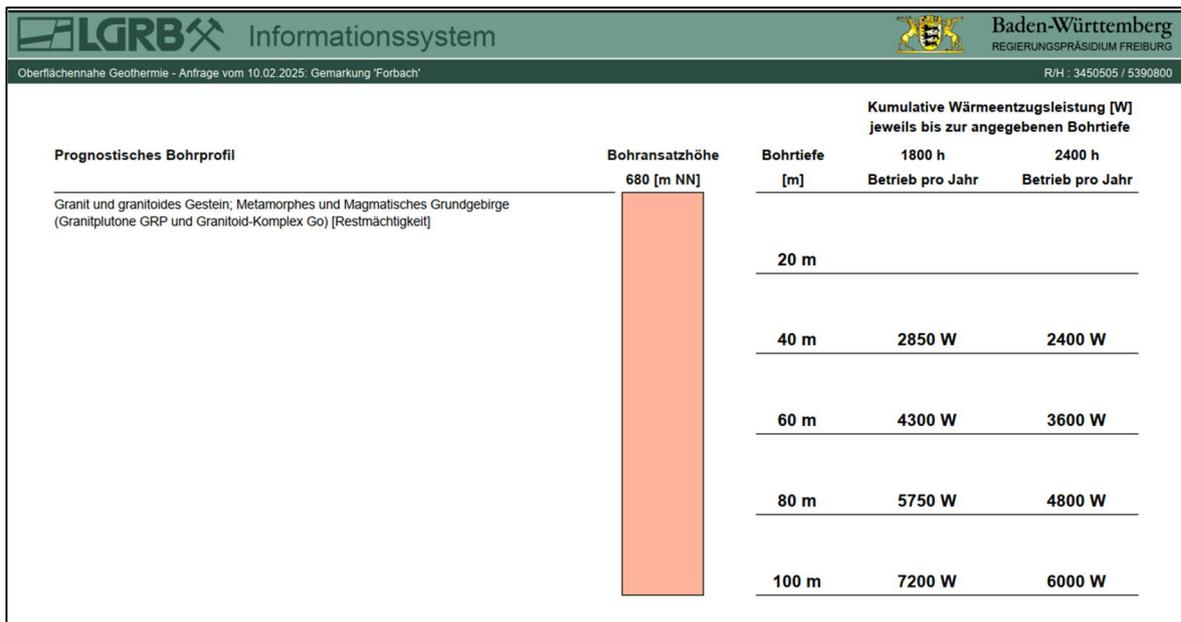


Abbildung 7 Prognostisches Bohrprofil mit Angabe der kumulativen Wärmeentzugsleistung in Watt

Ausgehend von einer Erdwärmesondentiefe von 60 m ergibt sich für eine Betriebsstundenzahl von 1.800 h eine gemittelte WEL von 107,5 W/m. Geht man von einer Betriebsstundenzahl von 2.400 h im Jahr aus, ergibt sich noch eine gemittelte WEL von 90 W/m. Die Ergebnisse können über einen „Geothermal Response Test“ (kurz: GRT) validiert werden. Ein GRT zur Überprüfung geothermischer Reaktion des Untergrundes sowie darauf aufbauend die standortbezogene Durchführung einer Simulationsberechnung sind zu empfehlen

5.3 EMPFEHLUNGEN ZUR DIMENSIONIERUNG

Nach VDI 4640 Blatt 2 [L 10] sind für die analytisch ermittelte WEL folgende Bedingungen zu beachten:

- Die angegebenen Werte gelten nur für den Wärmeentzug (Heizleistung)
- Die Länge der einzelnen Erdwärmesonden (EWS) muss zwischen 40 m und 100 m betragen
- Der kleinste Abstand zwischen zwei EWS muss mindestens 5 m und bei EWS tiefer 50 m mindestens 6 m betragen
- Zulässige EWS sind Doppel-U-Sonden mit einem DN 20 bis 32 mm, oder Koaxialsonden mit einem DN < 60 mm

- Bei zu kleinen Abständen des EWS zueinander und damit entstehenden thermischen Kurzschlüssen verringert sich die Gesamtleistungsfähigkeit der Anlage
- Hinsichtlich der Auslegung der Anlagentechnik ist abstimmungsgemäß darauf zu achten, dass eine Temperaturspreizung innerhalb einzelner EWS eine Änderung von 3 K nicht überschreitet

Unter diesen Voraussetzungen und einem angesetzten Leistungsbedarf von 100 kW pro Jahr lassen sich die erforderliche Gesamtsondenlänge und die Anzahl der Sonden vorläufig abschätzen. Die Ergebnisse sind für 1800 Betriebsstunden sowie für 2400 Betriebsstunden pro Jahr in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Erforderliche Gesamtsondenlänge und nötige Anzahl bei Sondentiefe von 60 m pro EWS

Parameter	Einheit	1800 h/a	2400 h/a
WEL	[W/m]	107,5	90
Leistungsbedarf	[kW]	100	100
Gesamtsondenlänge*	[m]	930	1.111
Anzahl	[-]	24	28

* unterhalb von 20 m

6 SCHLUSSBEMERKUNG

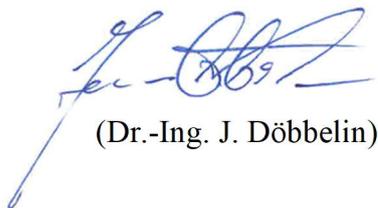
Das geotechnische Modell des Baugrundes, welches Grundlage der bautechnischen Empfehlungen ist, resultiert aus punktuellen Aufschlüssen. Diese sind zum jetzigen Zeitpunkt des Projektes bezogen auf die Größe der Maßnahme sehr weitständig und liegen nicht direkt

im Baufeld. Das hier erarbeitete Baugrundgutachten gibt dennoch einen vertieften Überblick über die in der Örtlichkeit zu erwartenden Baugrundverhältnisse.

Es ist in jedem Fall zu empfehlen, den geotechnischen Bericht in einer Phase 2 im Hinblick auf das später geplante Bauwerk zu präzisieren, das Aufschlussraster erforderlichenfalls zu verdichten, und die getroffenen Annahmen im Zuge der weiteren Planung und der Bauausführung zu überprüfen, um bei Abweichungen angemessen reagieren zu können. Im Zweifel ist der Baugrundgutachter hinzuzuziehen.

Im vorliegenden Bericht wurden allgemeine Empfehlungen zur Baugrubensicherung gemacht. Genauere Angaben zu möglichen Böschungsneigungen, erforderlichen Verankerungslängen, etc. müssen anhand von erdstatischen Berechnungen gemacht werden. Eine Vordimensionierung ist hierbei durch die IBO erfolgt. Die Ausführungsstatik ist durch einen Tragwerksplaner unter Berücksichtigung der genauen geometrischen Randbedingungen und tatsächlichen Lasten verantwortlich aufzustellen.

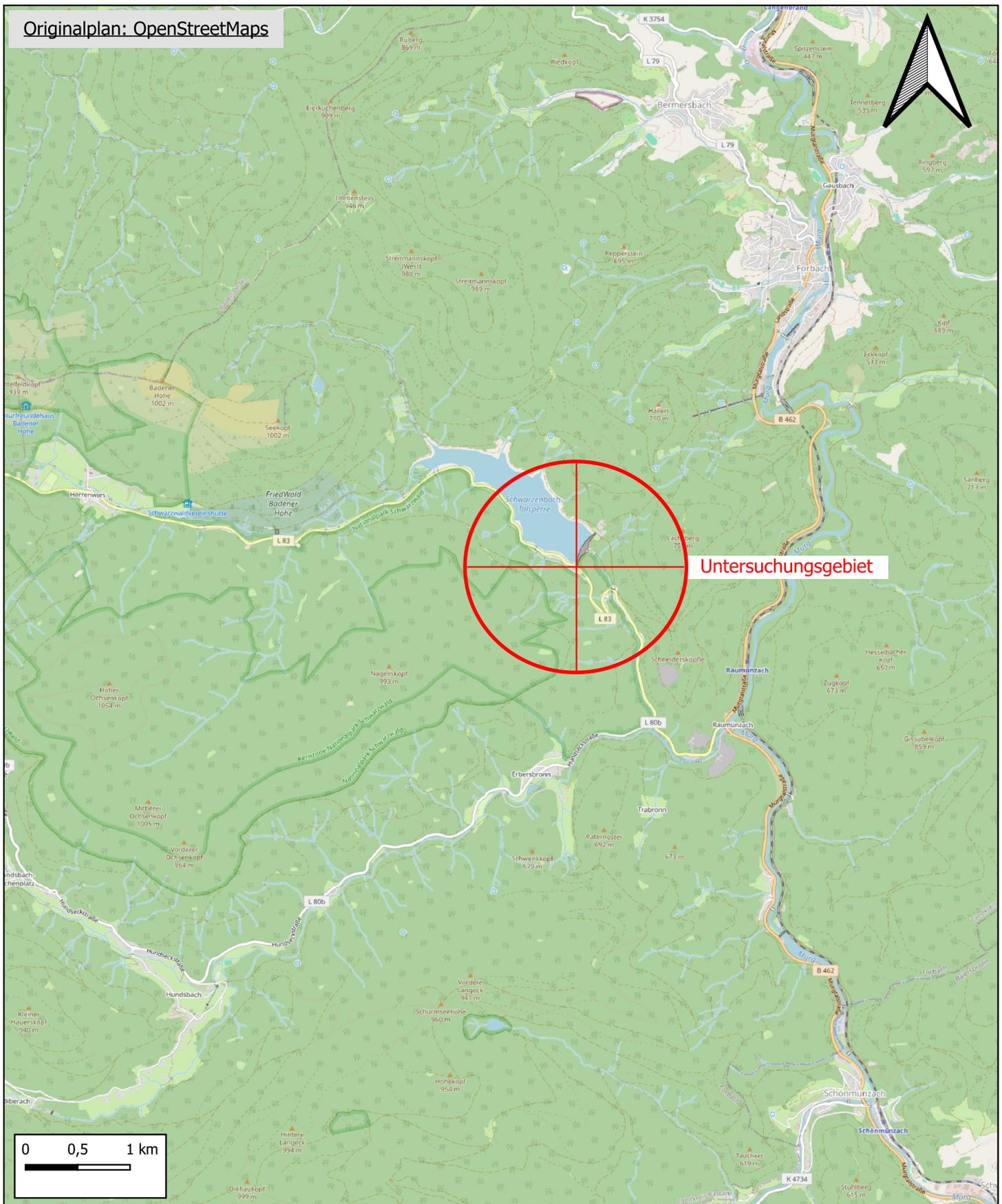
Generell ist im Zuge der weiteren Planung eine Abstimmung zwischen Planer und Baugrundgutachter zu empfehlen, um gegebenenfalls auf Änderungen oder Abweichungen angemessen reagieren zu können.



(Dr.-Ing. J. Döbbelin)

i. A. 
(M. Sc. A. Lamparter)

Originalplan: OpenStreetMaps



Untersuchungsgebiet

BKI Gruppe

Hotel Schwarzenbachtalsperre

Rastatt-Forbach



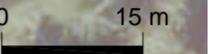
IBO PartG mbB

Ingenieurbüro für Bodenmechanik,
Grundbau, Geo- und Umwelttechnik
Ottostr. 3, 76275 Ettlingen

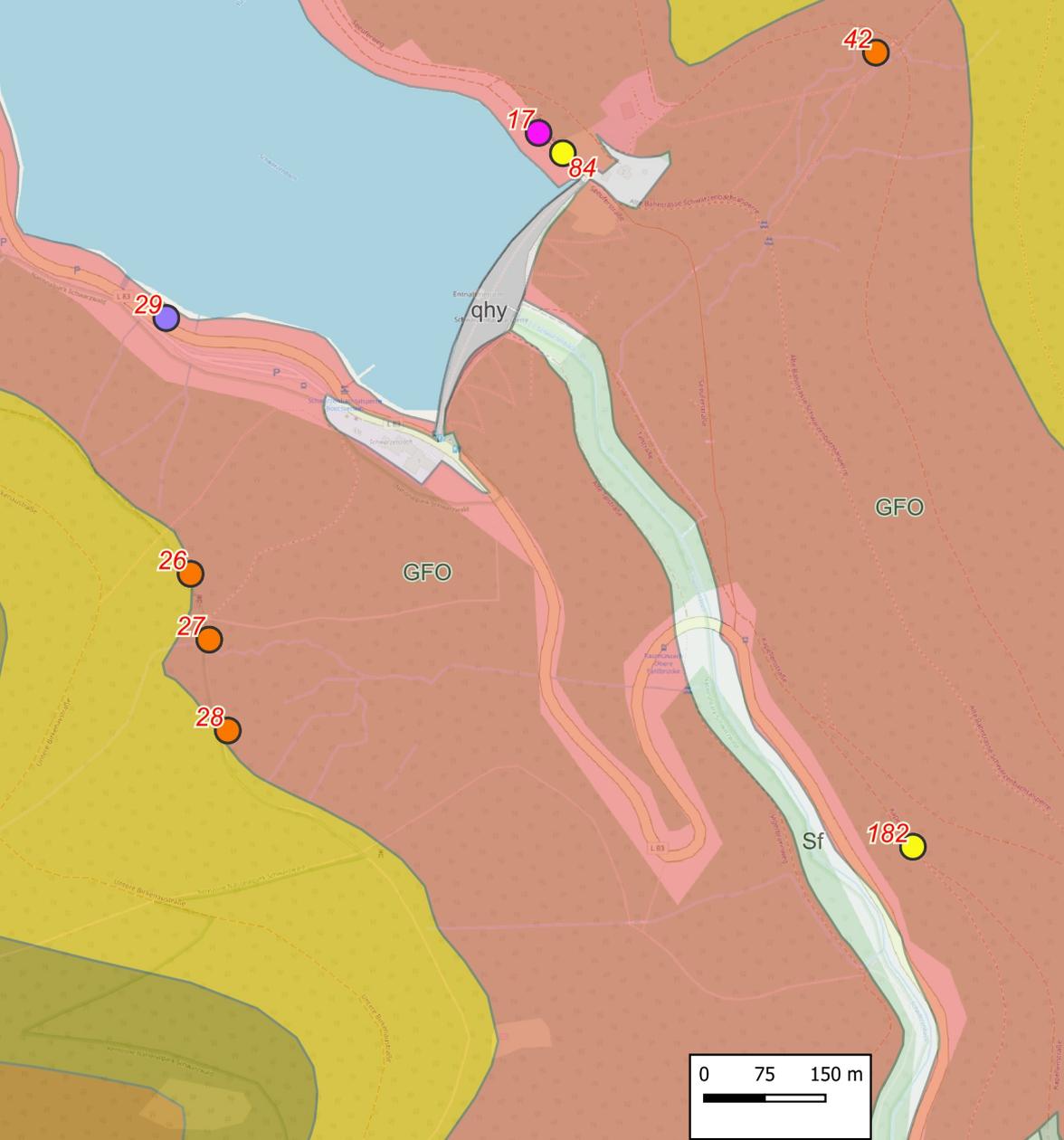
Tel.: 0721 / 400 89 - 0 Fax.: 0721 / 400 89 - 22
E-Mail: info@ibo-ing.de

Übersichtsplan

Maßstab:	1:50.000	Auftrag:	225007
Gezeichnet:	JD	Anlage:	1.1
Bearbeiter:	Dö	Datum:	17.01.2025

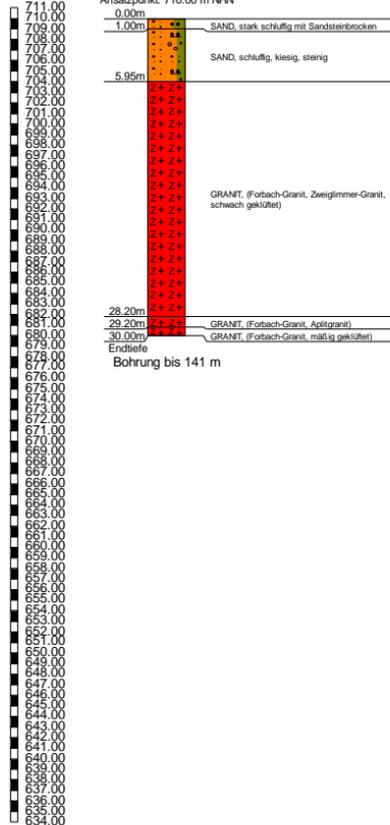


BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Rastatt-Forbach	IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Bodenmechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik Ottostraße 3, 76 275 Ettlingen Tel.: 0721 / 400 89 - 0 Fax: 0721 / 400 89 - 22 E-Mail: info@ibo-ing.de	
	Maßstab: 1:750	Auftrag: 225007
Lage der Baugrundaufschlüsse	Gezeichnet: Sp	Anlage: 1.2
	Bearbeiter: JV	Datum: 17.01.2025



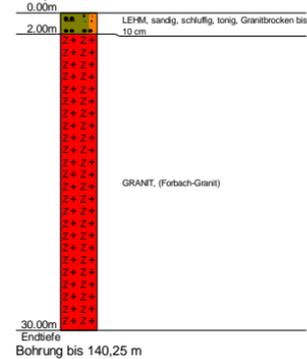
7315-28

Ansatzpunkt: 710.00 m NHN



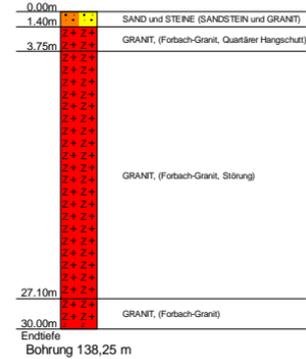
7315-27

Ansatzpunkt: 710.50 m NHN



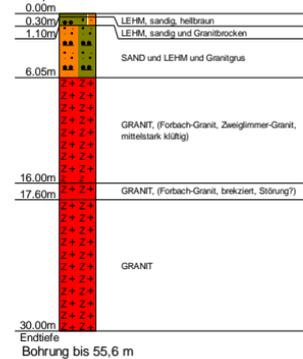
7315-26

Ansatzpunkt: 710.60 m NHN



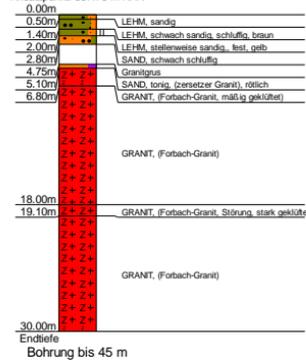
7315-29

Ansatzpunkt: 664.20 m NHN



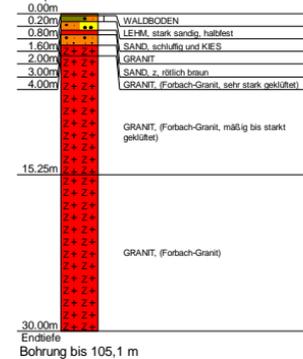
7315-17

Ansatzpunkt: 667.75 m NHN



7316-42

Ansatzpunkt: 698.70 m NHN



Legende



Beschaffenheit nach DIN 4023



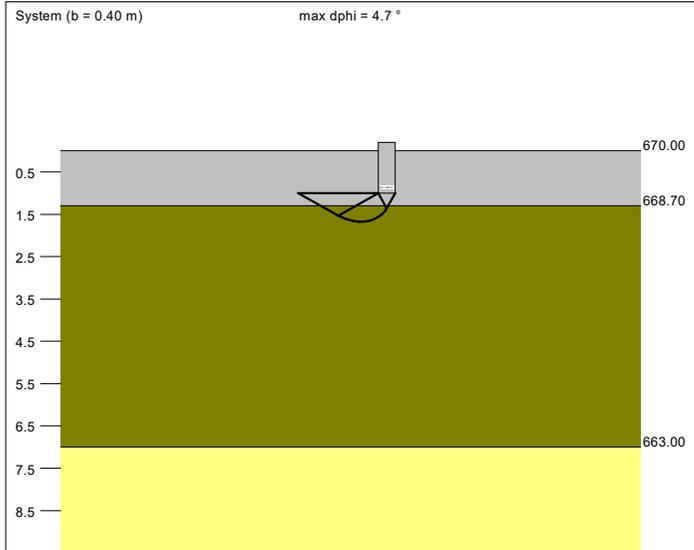
7315- / 7316- Aufschlüsse der LGRB-BW Datenbank

IBO PartG mbB
 Ingenieurbüro für Bodenmechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik
 Ottostraße 3, 76275 Ettlingen
 Tel.: 0721 / 400 89 - 0 E-Mail: info@ibo-ing.de

Auftraggeber : BKI Gruppe
 Bauvorhaben: Hotel Schwarzenbachtalsperre, Rastatt-Forbach
 Auftrag Nr : 225007
 Planinhalt : Bohrprofile

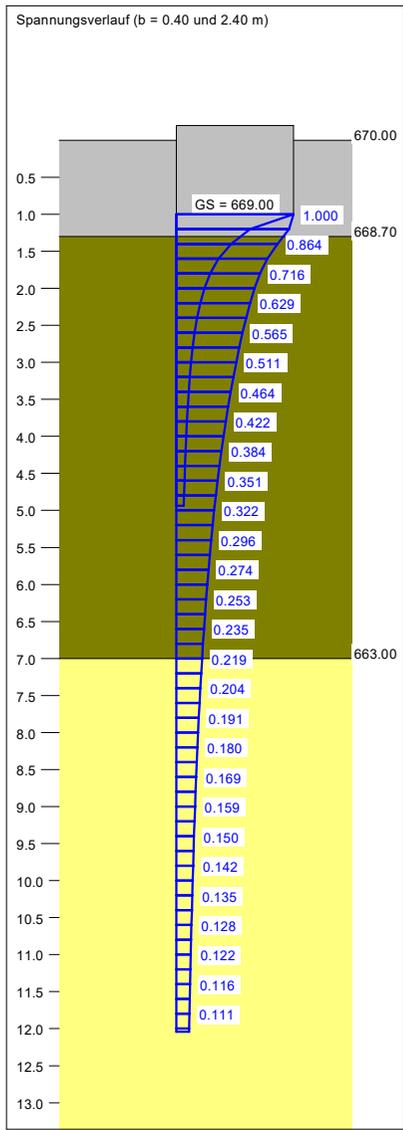
Maßstab : 1:350/1:100	Datum:	Anlage:
Bearbeiter : Dö		
Gezeichnet: JD	17.01.2025	
Geprüft :		

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
Tragschicht	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	
Verwitterungszone	20.0	10.0	30.0	3.0	40.0	0.00	
Festgestein GFO	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	



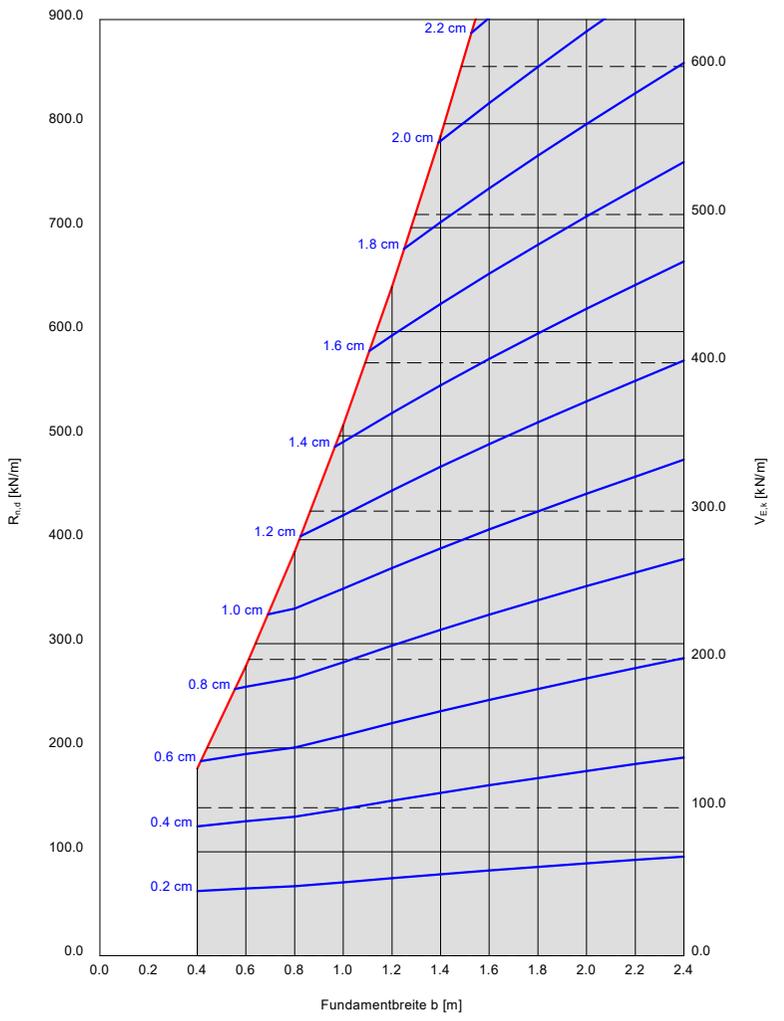
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_{II} [kN/m ²]	t_g [m]	k_s [MN/m ³]
40.00	0.40	450.0	180.0	315.8	0.58	31.8	1.97	20.00	20.00	4.94	54.5
40.00	0.60	464.0	278.4	325.6	0.86	31.2	2.30	20.00	20.00	5.94	37.8
40.00	0.80	485.7	388.5	340.8	1.16	30.9	2.47	20.00	20.00	6.83	29.3
40.00	1.00	510.2	510.2	358.1	1.45	30.7	2.57	20.00	20.00	7.59	24.8
40.00	1.20	536.2	643.5	376.3	1.73	30.6	2.64	20.00	20.00	8.30	21.8
40.00	1.40	563.0	788.2	395.1	2.01	30.5	2.69	20.00	20.00	8.97	19.6
40.00	1.60	590.2	944.4	414.2	2.30	30.5	2.73	20.00	20.00	9.62	18.0
40.00	1.80	617.8	1112.0	433.5	2.60	30.4	2.76	20.00	20.00	10.24	16.7
40.00	2.00	645.4	1290.9	452.9	2.91	30.4	2.78	20.00	20.00	10.86	15.6
40.00	2.20	673.3	1481.2	472.5	3.21	30.3	2.80	20.00	20.00	11.45	14.7
40.00	2.40	701.1	1682.6	492.0	3.53	30.3	2.82	20.00	20.00	12.04	13.9

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 40.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

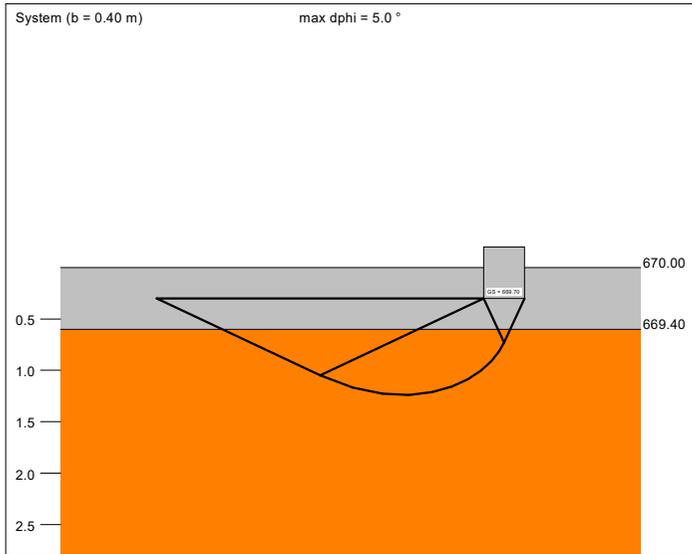
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.00 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 — Streifenlast
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.1
		Auftrag Nr. 225007

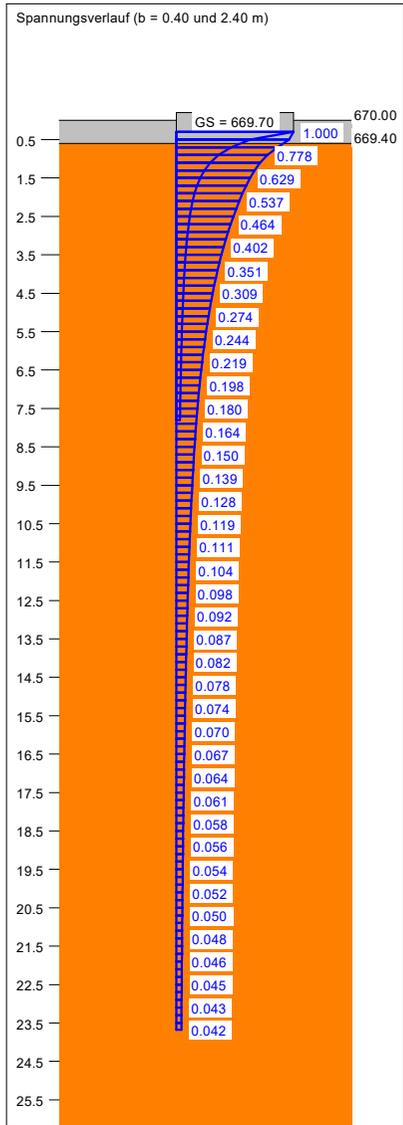
Streifenfundament - Bemessungsdiagramm
 Einbindetiefe d = 1,0 m, Länge l = 40 m, Verwitterungszone, Talseite

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	Festgestein GFO



a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,k}$	s	cal φ	cal c	γ_2	σ_{ij}	t_g	k_s
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[MN/m ³]
40.00	0.40	1833.3	733.3	1286.5	1.10	39.9 *	22.66	22.75	6.00	7.80	116.6
40.00	0.60	2148.2	1288.9	1507.5	1.74	39.9 *	25.10	23.44	6.00	9.97	86.9
40.00	0.80	2418.4	1934.8	1697.2	2.41	40.0 *	26.33	23.81	6.00	11.87	70.4
40.00	1.00	2629.0	2629.0	1844.9	3.09	39.9 *	27.06	24.03	6.00	13.54	59.8
40.00	1.20	2877.6	3453.1	2019.4	3.87	40.0 *	27.56	24.19	6.00	15.23	52.2
40.00	1.40	3072.3	4301.2	2156.0	4.62	40.0 *	27.90	24.30	6.00	16.73	46.6
40.00	1.60	3296.5	5274.5	2313.4	5.48	40.0 *	28.17	24.39	6.00	18.26	42.2
40.00	1.80	3466.8	6240.3	2432.9	6.28	39.9 *	28.37	24.45	6.00	19.63	38.8
40.00	2.00	3677.8	7355.6	2580.9	7.20	40.0 *	28.53	24.51	6.00	21.06	35.8
40.00	2.20	3885.7	8548.5	2726.8	8.16	40.0 *	28.67	24.55	6.00	22.46	33.4
40.00	2.40	4032.8	9678.6	2830.0	9.02	39.9 *	28.77	24.59	6.00	23.68	31.4

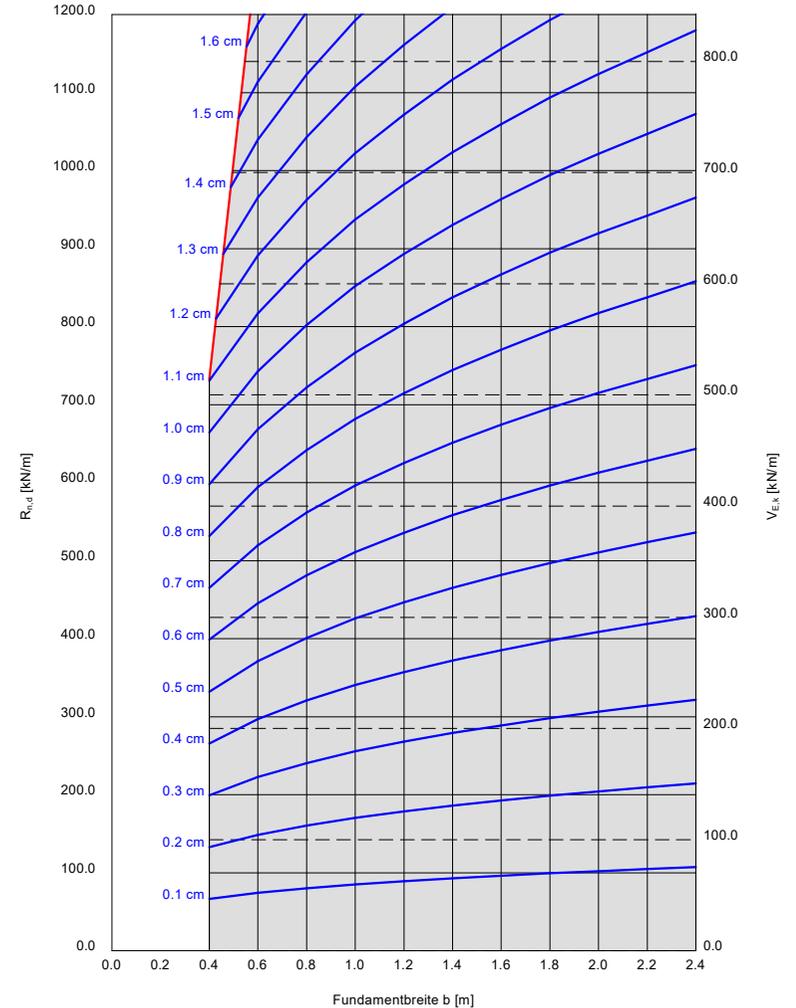
* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 40.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.70 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

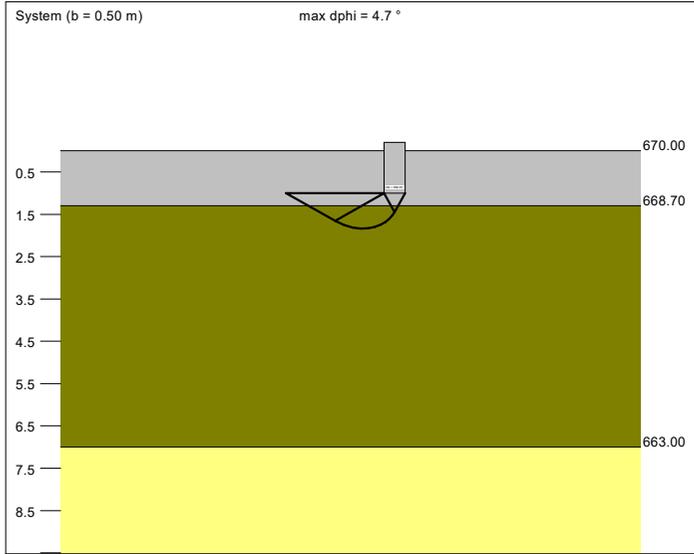
— Streifenlast
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.2
		Auftrag Nr. 225007

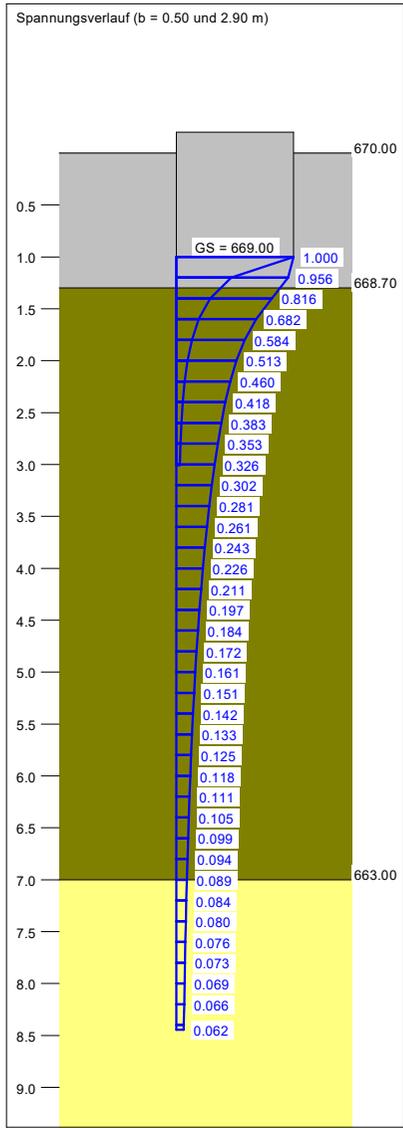
Streifenfundament - Bemessungsdiagramm
 Einbindetiefe d = 0,3 m, Länge l = 40 m, Festgestein, Hangseite

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	20.0	10.0	30.0	3.0	40.0	0.00	Verwitterungszone
	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	Festgestein GFO



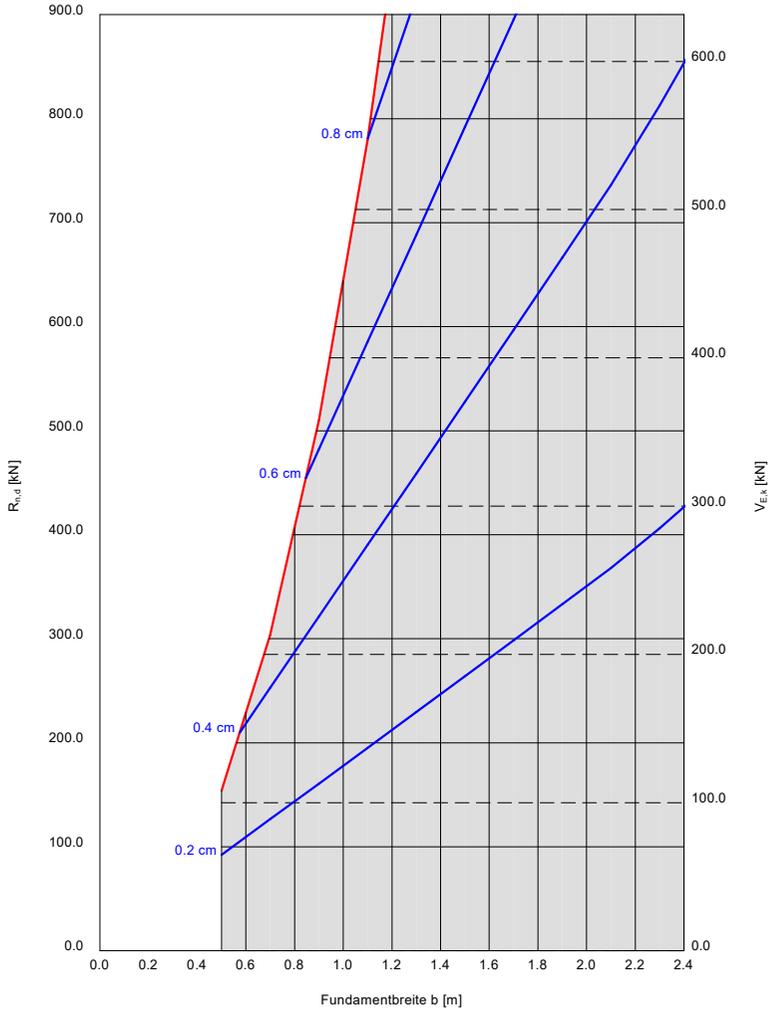
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_{II} [kN/m ²]	t_g [m]	k_s [MN/m ²]
0.50	0.50	616.9	154.2	432.9	0.33	31.4	2.16	20.00	20.00	3.01	129.4
0.70	0.70	619.5	303.5	434.7	0.48	31.1	2.39	20.00	20.00	3.57	90.6
0.90	0.90	629.8	510.2	442.0	0.63	30.8	2.52	20.00	20.00	4.09	69.6
1.10	1.10	643.7	778.9	451.7	0.80	30.7	2.61	20.00	20.00	4.59	56.6
1.30	1.30	659.6	1114.6	462.8	0.97	30.6	2.67	20.00	20.00	5.07	47.6
1.50	1.50	676.5	1522.2	474.7	1.15	30.5	2.71	20.00	20.00	5.54	41.2
1.70	1.70	694.2	2006.3	487.2	1.34	30.4	2.74	20.00	20.00	5.99	36.2
1.90	1.90	712.4	2571.9	499.9	1.54	30.4	2.77	20.00	20.00	6.43	32.4
2.10	2.10	731.0	3223.7	513.0	1.75	30.4	2.79	20.00	20.00	6.87	29.3
2.30	2.30	749.9	3966.8	526.2	1.95	30.3	2.81	20.00	20.00	7.28	26.9
2.50	2.50	768.9	4805.6	539.6	2.15	30.3	2.83	20.00	20.00	7.67	25.1
2.70	2.70	788.1	5745.2	553.0	2.35	30.3	2.84	20.00	20.00	8.06	23.5
2.90	2.90	807.4	6790.2	566.6	2.55	30.3	2.85	20.00	20.00	8.44	22.2

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

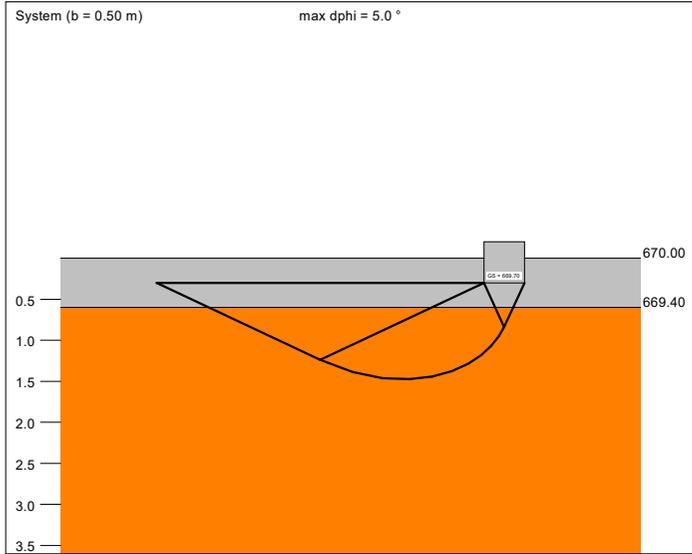
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.00 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 — Einzellast
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.3
		Auftrag Nr. 225007

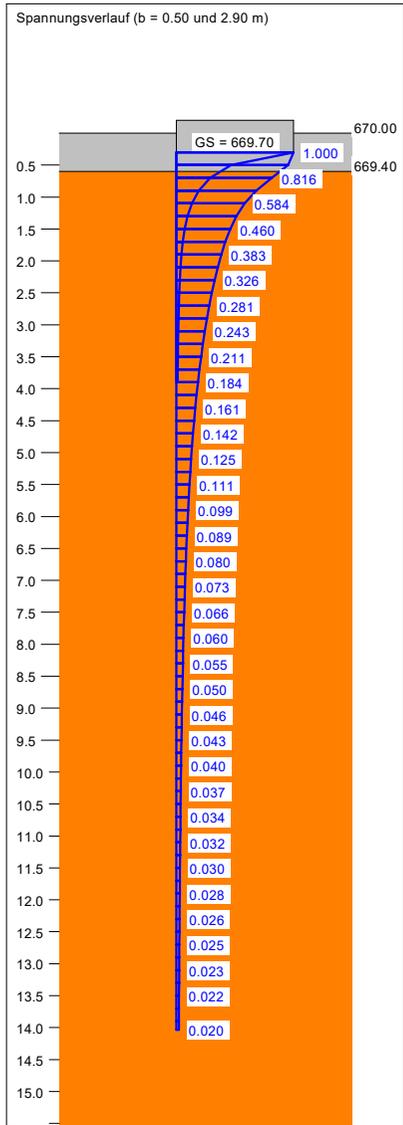
Quadratisches Einzelfundament - Bemessungsdiagramm
 Einbindetiefe d = 1,0 m, a/b = 1, Verwitterungszone, Talseite

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	Festgestein GFO



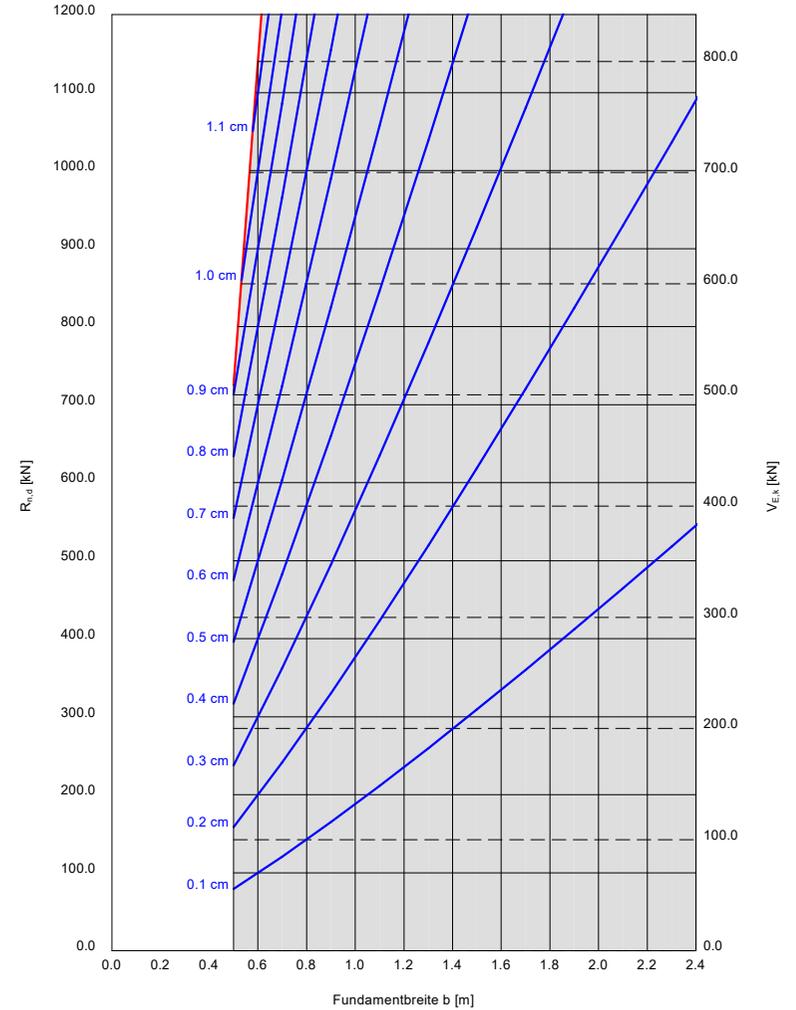
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_{ij} [kN/m ²]	t_B [m]	k_B [MN/m ³]
0.50	0.50	2901.5	725.4	2036.1	0.92	40.0 *	24.14	23.16	6.00	3.86	222.4
0.70	0.70	3168.3	1552.5	2223.4	1.29	40.0 *	25.81	23.65	6.00	4.90	172.8
0.90	0.90	3375.1	2733.8	2368.5	1.66	39.9 *	26.74	23.93	6.00	5.87	142.9
1.10	1.10	3563.3	4311.6	2500.5	2.04	40.0 *	27.33	24.12	6.00	6.78	122.6
1.30	1.30	3718.6	6284.4	2609.5	2.42	39.9 *	27.74	24.25	6.00	7.65	107.8
1.50	1.50	3902.6	8780.8	2738.6	2.84	40.0 *	28.05	24.35	6.00	8.52	96.4
1.70	1.70	4023.2	11627.1	2823.3	3.23	39.9 *	28.27	24.42	6.00	9.33	87.5
1.90	1.90	4187.0	15115.1	2938.2	3.67	39.9 *	28.46	24.48	6.00	10.15	80.1
2.10	2.10	4345.8	19165.0	3049.7	4.12	40.0 *	28.60	24.53	6.00	10.96	73.9
2.30	2.30	4500.9	23809.9	3158.5	4.60	40.0 *	28.73	24.57	6.00	11.76	68.7
2.50	2.50	4590.2	28688.7	3221.2	5.01	39.9 *	28.82	24.60	6.00	12.49	64.2
2.70	2.70	4737.7	34537.8	3324.7	5.51	39.9 *	28.91	24.63	6.00	13.26	60.3
2.90	2.90	4883.5	41070.0	3427.0	6.03	39.9 *	28.99	24.66	6.00	14.03	56.9

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

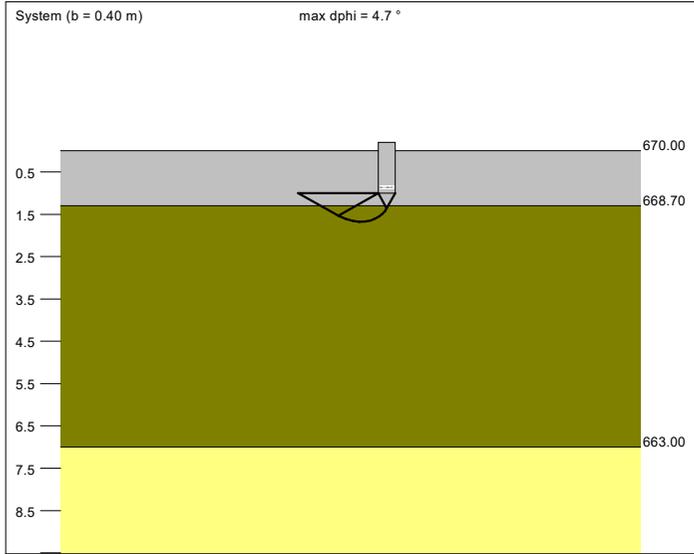
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.70 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 — Einzellast
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.4
		Auftrag Nr. 225007

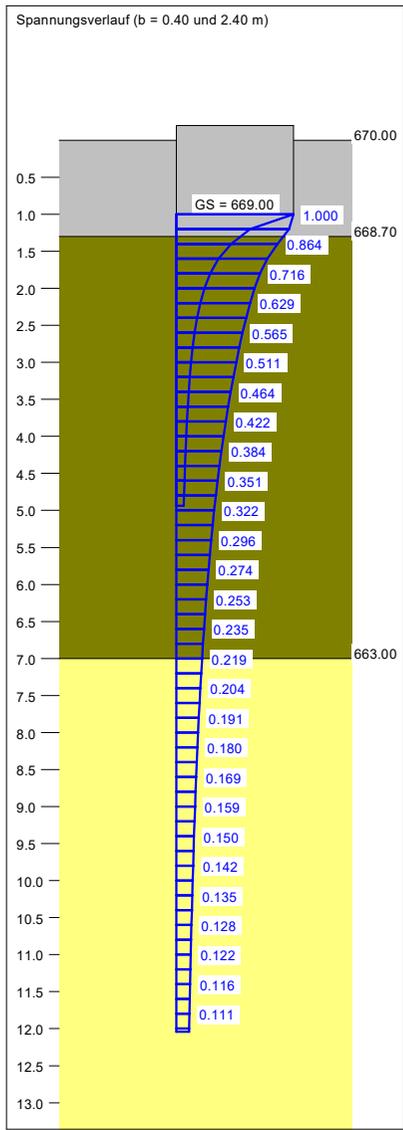
Quadratisches Einzelfundament - Bemessungsdiagramm
 Einbindetiefe d = 0,3 m, a/b = 1, Festgestein, Hangseite

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
Tragschicht	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
Verwitterungszone	20.0	10.0	30.0	3.0	40.0	0.00	Verwitterungszone
Festgestein GFO	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	Festgestein GFO



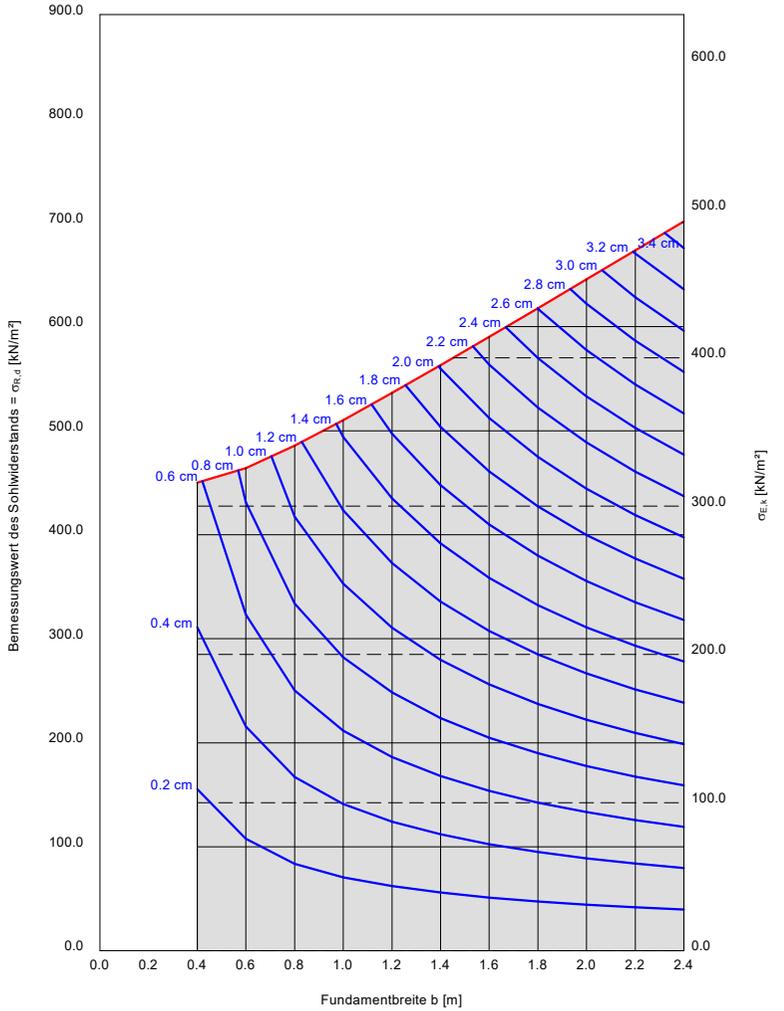
a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,k}$	s	cal φ	cal c	γ_2	σ_{II}	t_g	k_s
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[MN/m ³]
40.00	0.40	450.0	180.0	315.8	0.58	31.8	1.97	20.00	20.00	4.94	54.5
40.00	0.60	464.0	278.4	325.6	0.86	31.2	2.30	20.00	20.00	5.94	37.8
40.00	0.80	485.7	388.5	340.8	1.16	30.9	2.47	20.00	20.00	6.83	29.3
40.00	1.00	510.2	510.2	358.1	1.45	30.7	2.57	20.00	20.00	7.59	24.8
40.00	1.20	536.2	643.5	376.3	1.73	30.6	2.64	20.00	20.00	8.30	21.8
40.00	1.40	563.0	788.2	395.1	2.01	30.5	2.69	20.00	20.00	8.97	19.6
40.00	1.60	590.2	944.4	414.2	2.30	30.5	2.73	20.00	20.00	9.62	18.0
40.00	1.80	617.8	1112.0	433.5	2.60	30.4	2.76	20.00	20.00	10.24	16.7
40.00	2.00	645.4	1290.9	452.9	2.91	30.4	2.78	20.00	20.00	10.86	15.6
40.00	2.20	673.3	1481.2	472.5	3.21	30.3	2.80	20.00	20.00	11.45	14.7
40.00	2.40	701.1	1682.6	492.0	3.53	30.3	2.82	20.00	20.00	12.04	13.9

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 40.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

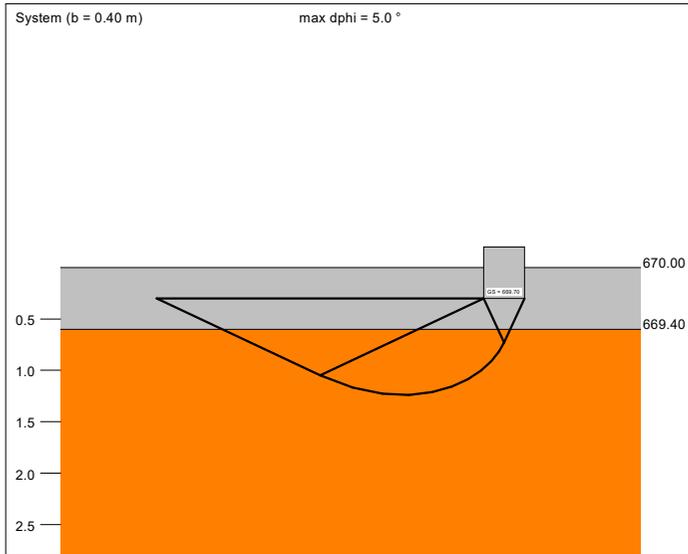
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.00 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 — Sohldruck
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Bodenmechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.5
		Auftrag Nr. 225007

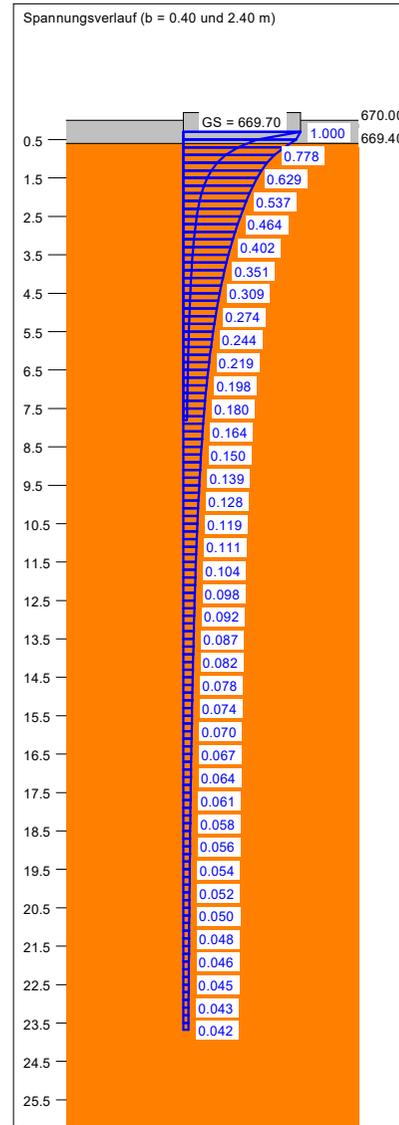
Plattenstreifen - Bemessungsdiagramm
 Einbindetiefe d = 1,0 m, Länge l = 40 m, Verwitterungszone, Talseite

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	Festgestein GFO

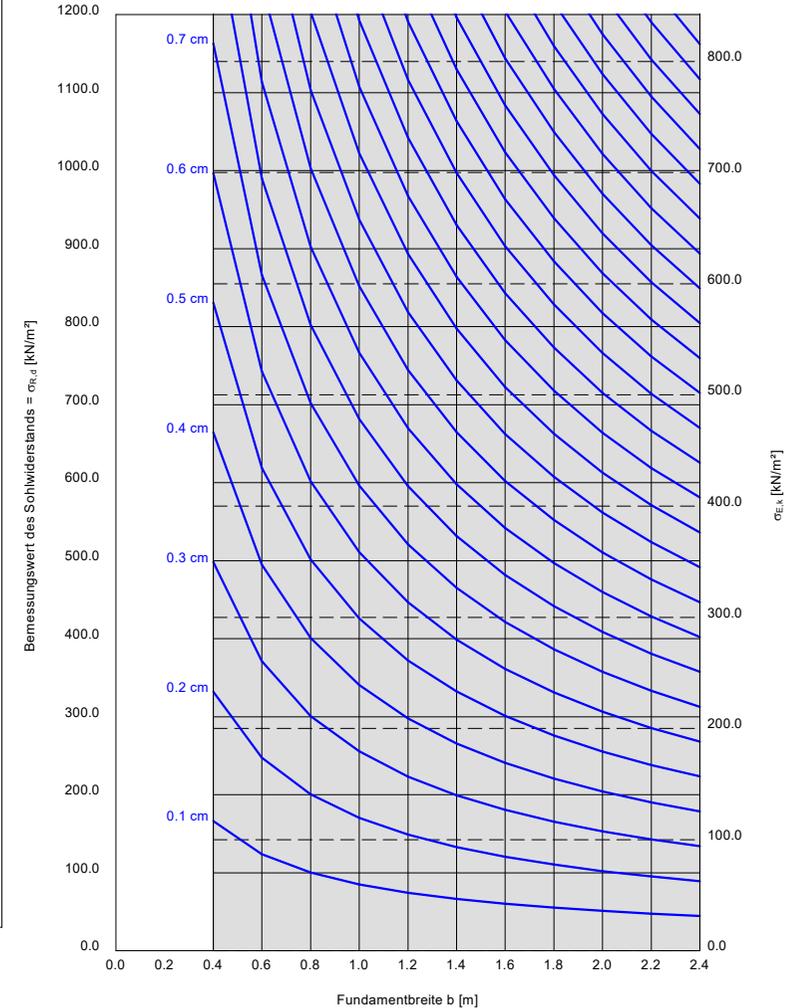


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_{ij} [kN/m ²]	t_g [m]	k_s [MN/m ³]
40.00	0.40	1833.3	733.3	1286.5	1.10	39.9 *	22.66	22.75	6.00	7.80	116.6
40.00	0.60	2148.2	1288.9	1507.5	1.74	39.9 *	25.10	23.44	6.00	9.97	86.9
40.00	0.80	2418.4	1934.8	1697.2	2.41	40.0 *	26.33	23.81	6.00	11.87	70.4
40.00	1.00	2629.0	2629.0	1844.9	3.09	39.9 *	27.06	24.03	6.00	13.54	59.8
40.00	1.20	2877.6	3453.1	2019.4	3.87	40.0 *	27.56	24.19	6.00	15.23	52.2
40.00	1.40	3072.3	4301.2	2156.0	4.62	40.0 *	27.90	24.30	6.00	16.73	46.6
40.00	1.60	3296.5	5274.5	2313.4	5.48	40.0 *	28.17	24.39	6.00	18.26	42.2
40.00	1.80	3466.8	6240.3	2432.9	6.28	39.9 *	28.37	24.45	6.00	19.63	38.8
40.00	2.00	3677.8	7355.6	2580.9	7.20	40.0 *	28.53	24.51	6.00	21.06	35.8
40.00	2.20	3885.7	8548.5	2726.8	8.16	40.0 *	28.67	24.55	6.00	22.46	33.4
40.00	2.40	4032.8	9678.6	2830.0	9.02	39.9 *	28.77	24.59	6.00	23.68	31.4

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50



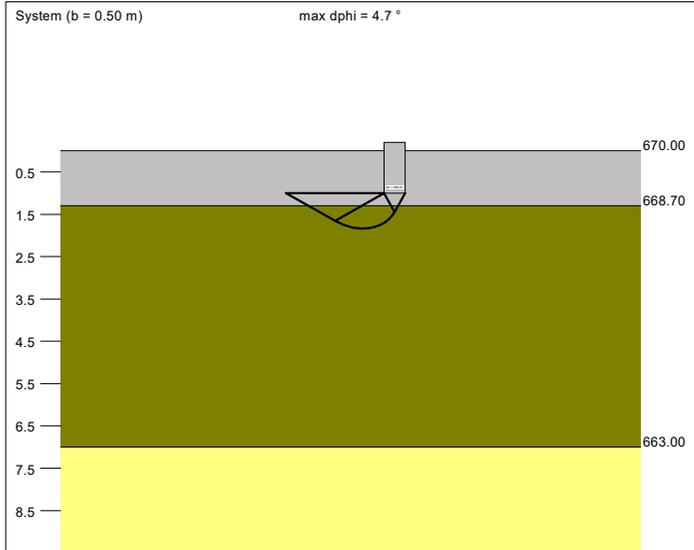
Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 40.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.70 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 — Sohldruck
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.6
		Auftrag Nr. 225007

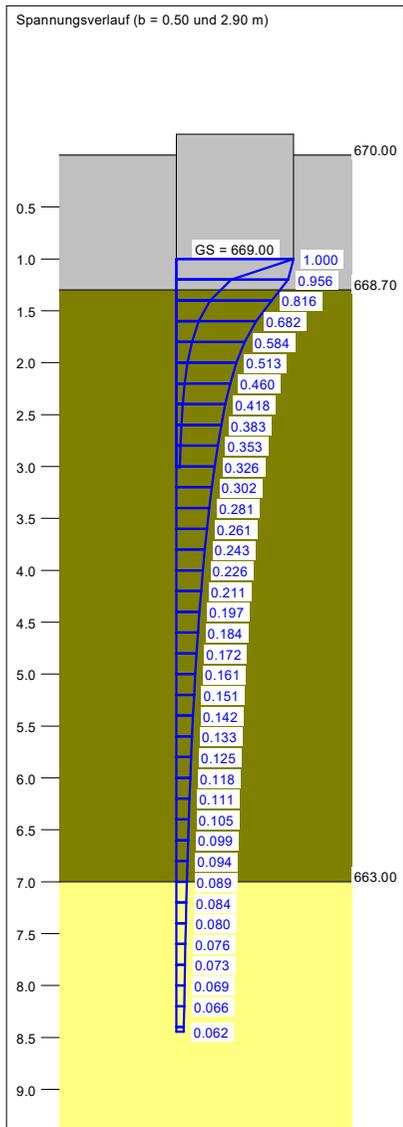
Plattenstreifen - Bemessungsdiagramm
 Einbindetiefe d = 0,3 m, Länge l = 40 m, Festgestein, Hangseite

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
Tragschicht	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
Verwitterungszone	20.0	10.0	30.0	3.0	40.0	0.00	Verwitterungszone
Festgestein GFO	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	Festgestein GFO



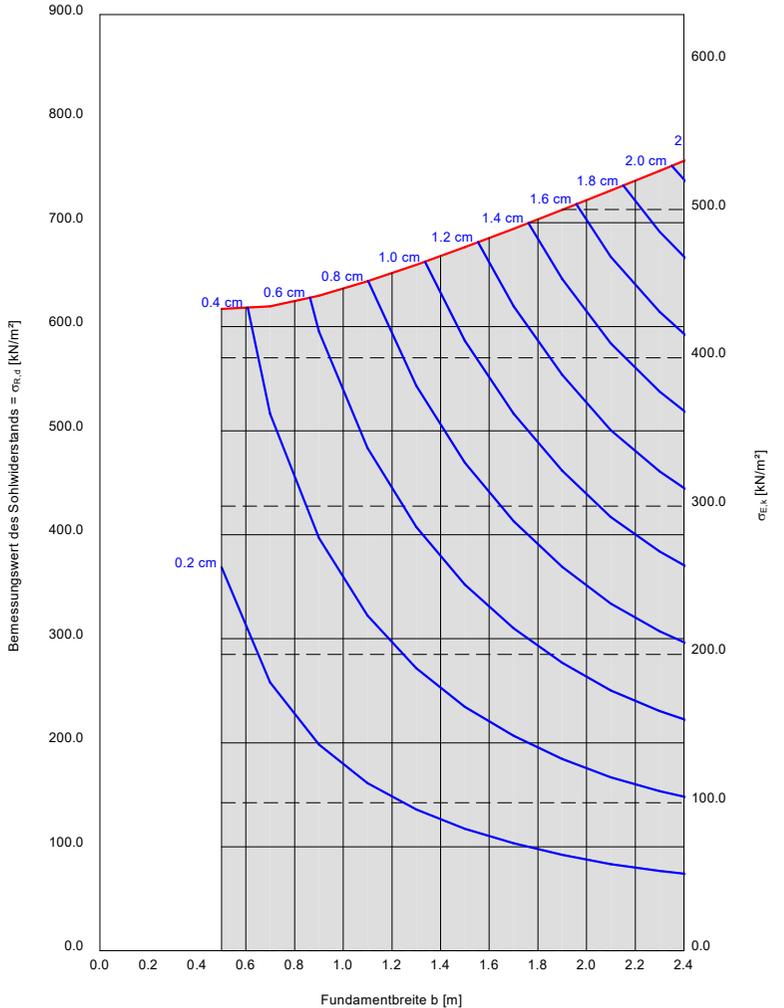
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_{II} [kN/m ²]	t_g [m]	k_s [MN/m ³]
0.50	0.50	616.9	154.2	432.9	0.33	31.4	2.16	20.00	20.00	3.01	129.4
0.70	0.70	619.5	303.5	434.7	0.48	31.1	2.39	20.00	20.00	3.57	90.6
0.90	0.90	629.8	510.2	442.0	0.63	30.8	2.52	20.00	20.00	4.09	69.6
1.10	1.10	643.7	778.9	451.7	0.80	30.7	2.61	20.00	20.00	4.59	56.6
1.30	1.30	659.6	1114.6	462.8	0.97	30.6	2.67	20.00	20.00	5.07	47.6
1.50	1.50	676.5	1522.2	474.7	1.15	30.5	2.71	20.00	20.00	5.54	41.2
1.70	1.70	694.2	2006.3	487.2	1.34	30.4	2.74	20.00	20.00	5.99	36.2
1.90	1.90	712.4	2571.9	499.9	1.54	30.4	2.77	20.00	20.00	6.43	32.4
2.10	2.10	731.0	3223.7	513.0	1.75	30.4	2.79	20.00	20.00	6.87	29.3
2.30	2.30	749.9	3966.8	526.2	1.95	30.3	2.81	20.00	20.00	7.28	26.9
2.50	2.50	768.9	4805.6	539.6	2.15	30.3	2.83	20.00	20.00	7.67	25.1
2.70	2.70	788.1	5745.2	553.0	2.35	30.3	2.84	20.00	20.00	8.06	23.5
2.90	2.90	807.4	6790.2	566.6	2.55	30.3	2.85	20.00	20.00	8.44	22.2

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

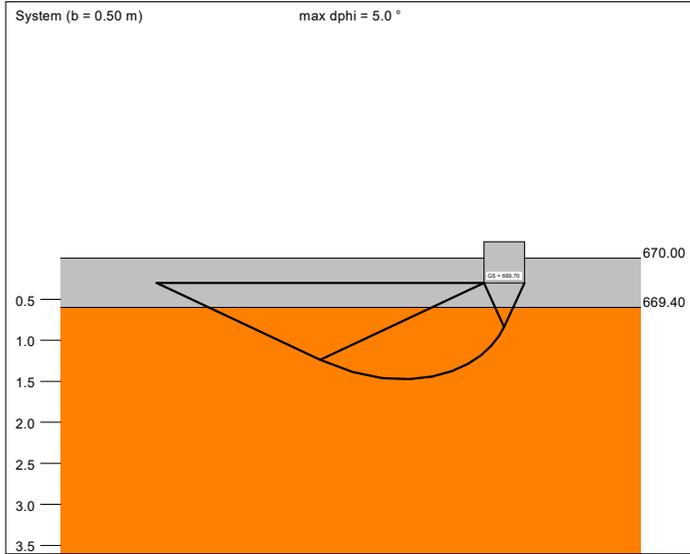
$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.00 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 — Sohldruck
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.7
		Auftrag Nr. 225007

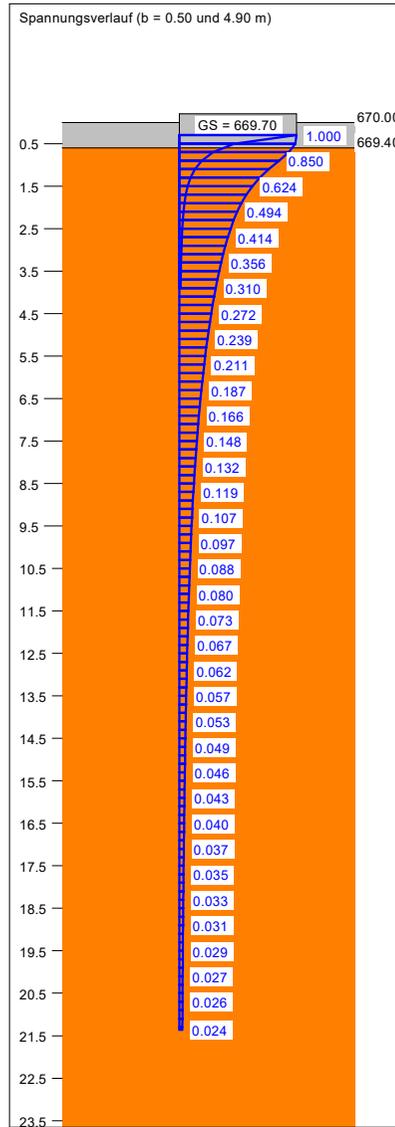
Quadratische Plattenstreifen - Bemessungsdiagramm
 Einbindetiefe d = 1,0 m, a/b = 1, Verwitterungszone, Talseite

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	25.0	15.0	45.0	30.0	150.0	0.00	Festgestein GFO



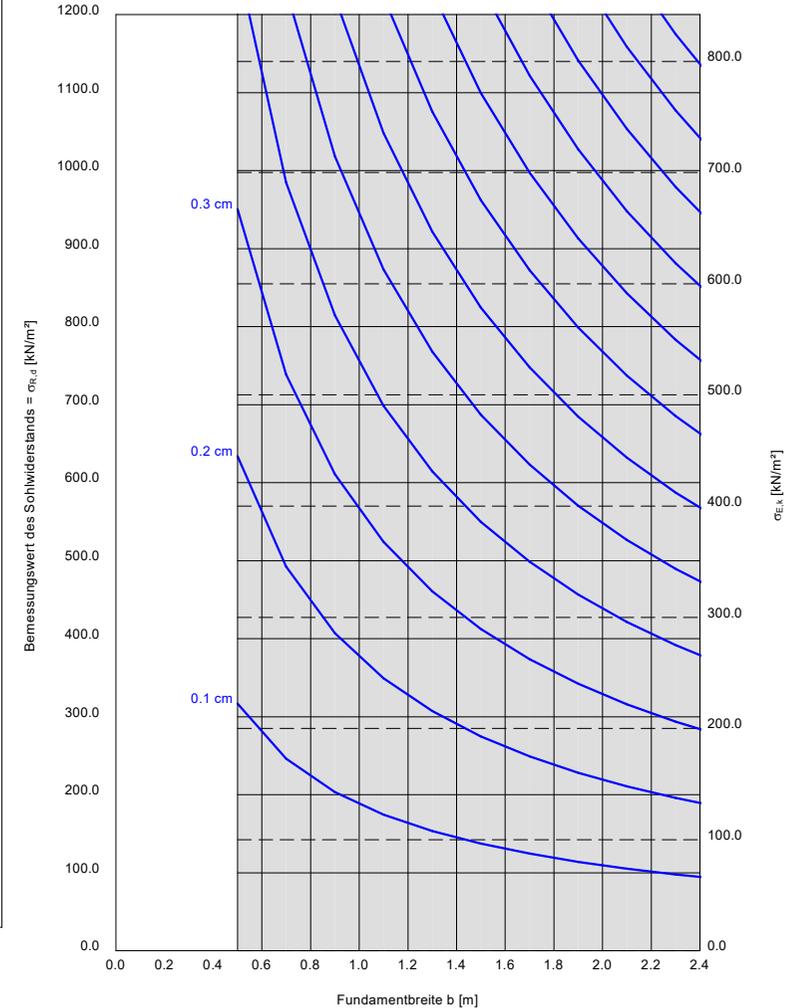
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{0,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_{0j} [kN/m ²]	l_s [m]	k_s [MN/m ³]
0.50	0.50	2901.5	725.4	2036.1	0.92	40.0 *	24.14	23.16	6.00	3.86	222.4
0.70	0.70	3168.3	1552.5	2223.4	1.29	40.0 *	25.81	23.65	6.00	4.90	172.8
0.90	0.90	3375.1	2733.8	2368.5	1.66	39.9 *	26.74	23.93	6.00	5.87	142.9
1.10	1.10	3563.3	4311.6	2500.5	2.04	40.0 *	27.33	24.12	6.00	6.78	122.6
1.30	1.30	3718.6	6284.4	2609.5	2.42	39.9 *	27.74	24.25	6.00	7.65	107.8
1.50	1.50	3902.6	8780.8	2738.6	2.84	40.0 *	28.05	24.35	6.00	8.52	96.4
1.70	1.70	4023.2	11627.1	2823.3	3.23	39.9 *	28.27	24.42	6.00	9.33	87.5
1.90	1.90	4187.0	15115.1	2938.2	3.67	39.9 *	28.46	24.48	6.00	10.15	80.1
2.10	2.10	4345.8	19165.0	3049.7	4.12	40.0 *	28.60	24.53	6.00	10.96	73.9
2.30	2.30	4500.9	23809.9	3158.5	4.60	40.0 *	28.73	24.57	6.00	11.76	68.7
2.50	2.50	4590.2	28688.7	3221.2	5.01	39.9 *	28.82	24.60	6.00	12.49	64.2
2.70	2.70	4737.7	34537.8	3324.7	5.51	39.9 *	28.91	24.63	6.00	13.26	60.3
2.90	2.90	4883.5	41070.0	3427.0	6.03	39.9 *	28.99	24.66	6.00	14.03	56.9
3.10	3.10	5027.9	48317.7	3528.3	6.56	39.9 *	29.05	24.68	6.00	14.79	53.8
3.30	3.30	5171.1	56313.3	3628.8	7.11	40.0 *	29.11	24.70	6.00	15.55	51.1
3.50	3.50	5313.4	65089.3	3728.7	7.67	40.0 *	29.16	24.72	6.00	16.30	48.6
3.70	3.70	5454.9	74677.8	3828.0	8.26	40.0 *	29.21	24.73	6.00	17.05	46.4
3.90	3.90	5595.8	85111.5	3926.8	8.86	40.0 *	29.25	24.74	6.00	17.79	44.3
4.10	4.10	5736.0	96422.6	4025.3	9.48	40.0 *	29.29	24.76	6.00	18.53	42.5
4.30	4.30	5875.8	108643.5	4123.4	10.12	40.0 *	29.32	24.77	6.00	19.27	40.8
4.50	4.50	6015.1	121806.7	4221.2	10.77	40.0 *	29.35	24.78	6.00	20.00	39.2
4.70	4.70	6065.0	133974.8	4256.1	11.27	39.9 *	29.37	24.79	6.00	20.63	37.8
4.90	4.90	6201.2	148890.2	4351.7	11.95	39.9 *	29.40	24.80	6.00	21.36	36.4

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,k} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50

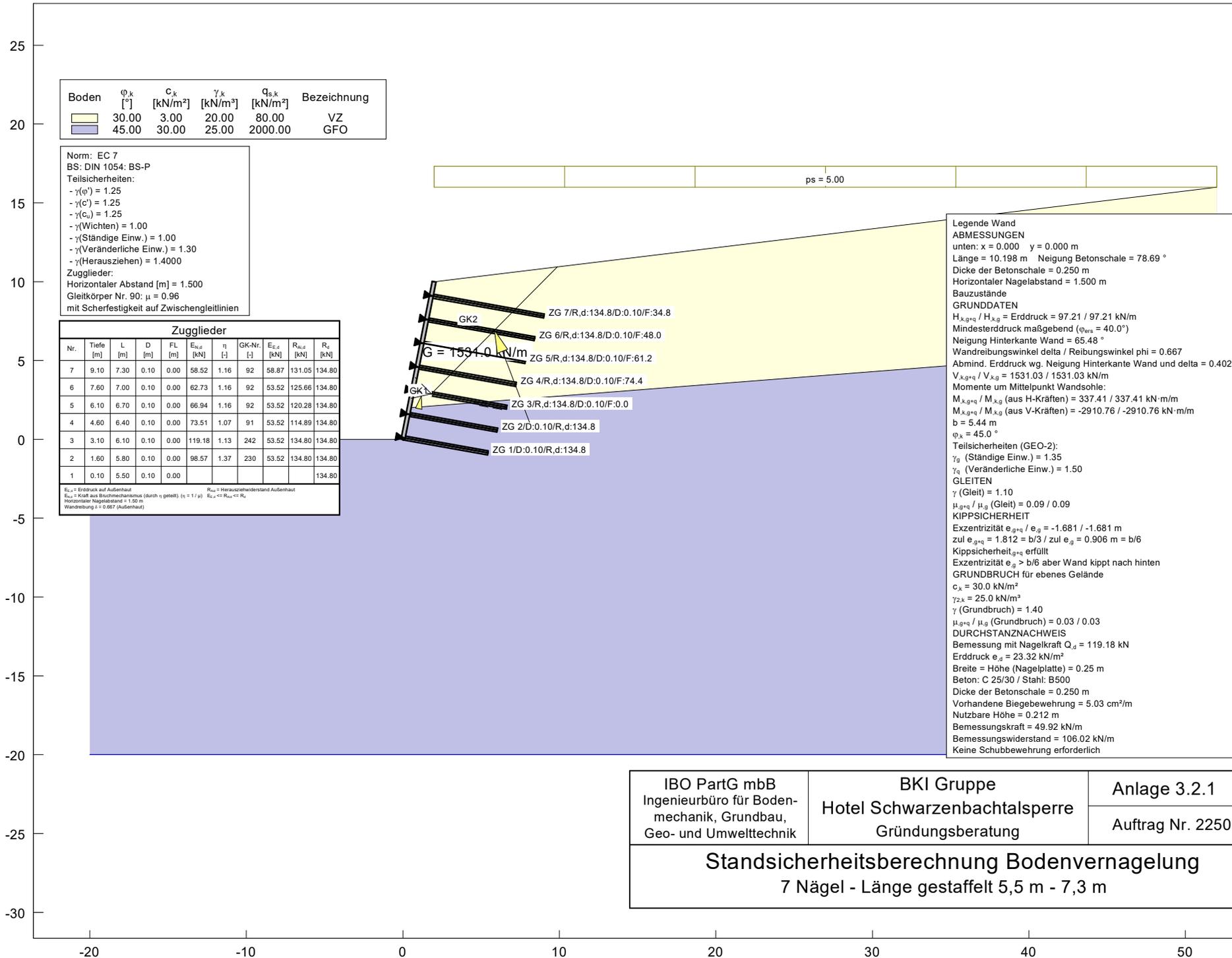


Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 670.00 m
 Gründungssohle = 669.70 m
 Grundwasser = 0.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 — Sohldruck
 — Setzungen



IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Bodenmechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.1.8
		Auftrag Nr. 225007
Quadratische Plattenstreifen - Bemessungsdiagramm Einbindetiefe d = 0,3 m, a/b = 1, Festgestein, Hangseite		



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	Bezeichnung
[Yellow Layer]	30.00	3.00	20.00	80.00	VZ
[Purple Layer]	45.00	30.00	25.00	2000.00	GFO

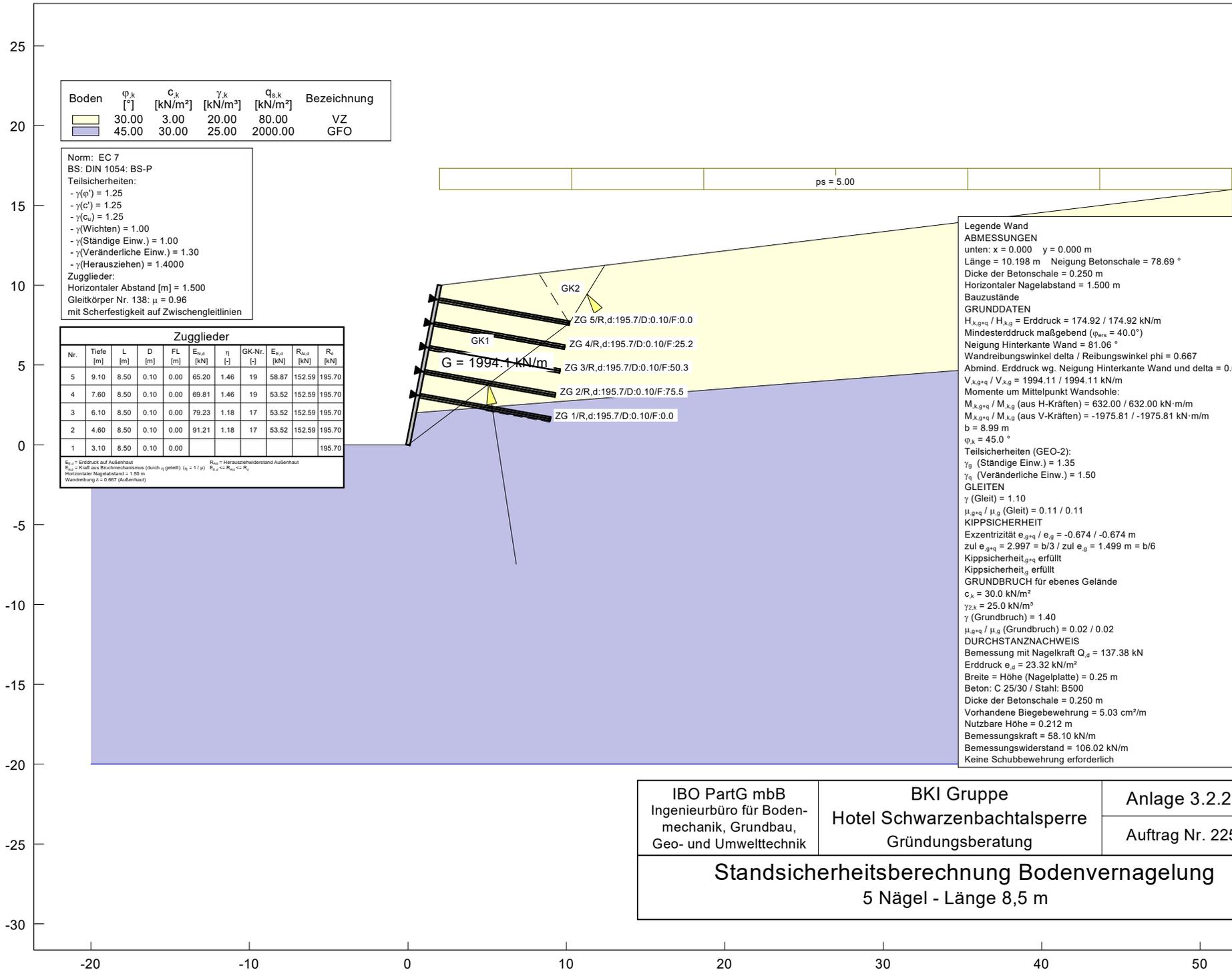
Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi)$ = 1.25
 - $\gamma(c)$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 - $\gamma(\text{Herausziehen})$ = 1.4000
 Zugglieder:
 Horizontaler Abstand [m] = 1.500
 Gleitkörper Nr. 90: μ = 0.96
 mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Zugglieder											
Nr.	Tiefe [m]	L [m]	D [m]	FL [m]	$E_{n,d}$ [kN]	η [-]	GK-Nr.	$E_{E,d}$ [kN]	$R_{n,d}$ [kN]	R_d [kN]	
7	9.10	7.30	0.10	0.00	58.52	1.16	92	58.87	131.05	134.80	
6	7.60	7.00	0.10	0.00	62.73	1.16	92	53.52	125.66	134.80	
5	6.10	6.70	0.10	0.00	66.94	1.16	92	53.52	120.28	134.80	
4	4.60	6.40	0.10	0.00	73.51	1.07	91	53.52	114.89	134.80	
3	3.10	6.10	0.10	0.00	119.18	1.13	242	53.52	134.80	134.80	
2	1.60	5.80	0.10	0.00	98.57	1.37	230	53.52	134.80	134.80	
1	0.10	5.50	0.10	0.00						134.80	

$E_{n,d}$ = Seildruck auf Außenhaut
 $E_{E,d}$ = Kraft aus Bruchmechanismus (durch η geteilt) ($\eta = 1/\mu$)
 $R_{n,d}$ = Hebelarmwiderstand Außenhaut
 Horizontaler Nagelabstand = 1.50 m
 Wandreibung $\delta = 0.667$ (Außenhaut)
 $R_d = R_{n,d} \leq R_u \leq R_k$

Legende Wand
 ABMESSUNGEN
 unten: x = 0.000 y = 0.000 m
 Länge = 10.198 m Neigung Betonschale = 78.69 °
 Dicke der Betonschale = 0.250 m
 Horizontaler Nagelabstand = 1.500 m
 Bauzustände
 GRUND DATEN
 $H_{k,g+q} / H_{k,g}$ = Erddruck = 97.21 / 97.21 kN/m
 Mindesterddruck maßgebend ($\varphi_{\text{ext}} = 40.0^\circ$)
 Neigung Hinterkante Wand = 65.48 °
 Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel phi = 0.667
 Abmind. Erddruck wg. Neigung Hinterkante Wand und delta = 0.402
 $V_{k,g+q} / V_{k,g}$ = 1531.03 / 1531.03 kN/m
 Momente um Mittelpunkt Wandsohle:
 $M_{k,g+q} / M_{k,g}$ (aus H-Kräften) = 337.41 / 337.41 kN·m/m
 $M_{k,g+q} / M_{k,g}$ (aus V-Kräften) = -2910.76 / -2910.76 kN·m/m
 b = 5.44 m
 $\varphi_k = 45.0^\circ$
 Teilsicherheiten (GEO-2):
 γ_g (Ständige Einw.) = 1.35
 γ_q (Veränderliche Einw.) = 1.50
 GLEITEN
 γ (Gleit) = 1.10
 μ_{g+q} / μ_g (Gleit) = 0.09 / 0.09
 KIPPSICHERHEIT
 Exzentrizität $e_{g+q} / e_g = -1.681 / -1.681$ m
 zul $e_{g+q} = 1.812 = b/3$ / zul $e_g = 0.906$ m = b/6
 Kippsicherheit γ_{g+q} erfüllt
 Exzentrizität $e_g > b/6$ aber Wand kippt nach hinten
 GRUND BRUCH für ebenes Gelände
 $c_k = 30.0$ kN/m²
 $\gamma_{2,k} = 25.0$ kN/m³
 γ (Grundbruch) = 1.40
 μ_{g+q} / μ_g (Grundbruch) = 0.03 / 0.03
 DURCHSTANZNACHWEIS
 Bemessung mit Nagelkraft $Q_{n,d} = 119.18$ kN
 Erddruck $e_d = 23.32$ kN/m²
 Breite = Höhe (Nagelplatte) = 0.25 m
 Beton: C 25/30 / Stahl: B500
 Dicke der Betonschale = 0.250 m
 Vorhandene Biegebewehrung = 5.03 cm²/m
 Nutzbare Höhe = 0.212 m
 Bemessungskraft = 49.92 kN/m
 Bemessungswiderstand = 106.02 kN/m
 Keine Schubbewehrung erforderlich

IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Bodenmechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.2.1
		Auftrag Nr. 225007
Stand sicherheitsberechnung Bodenvernagelung 7 Nägel - Länge gestaffelt 5,5 m - 7,3 m		



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	Bezeichnung
Yellow	30.00	3.00	20.00	80.00	VZ
Purple	45.00	30.00	25.00	2000.00	GFO

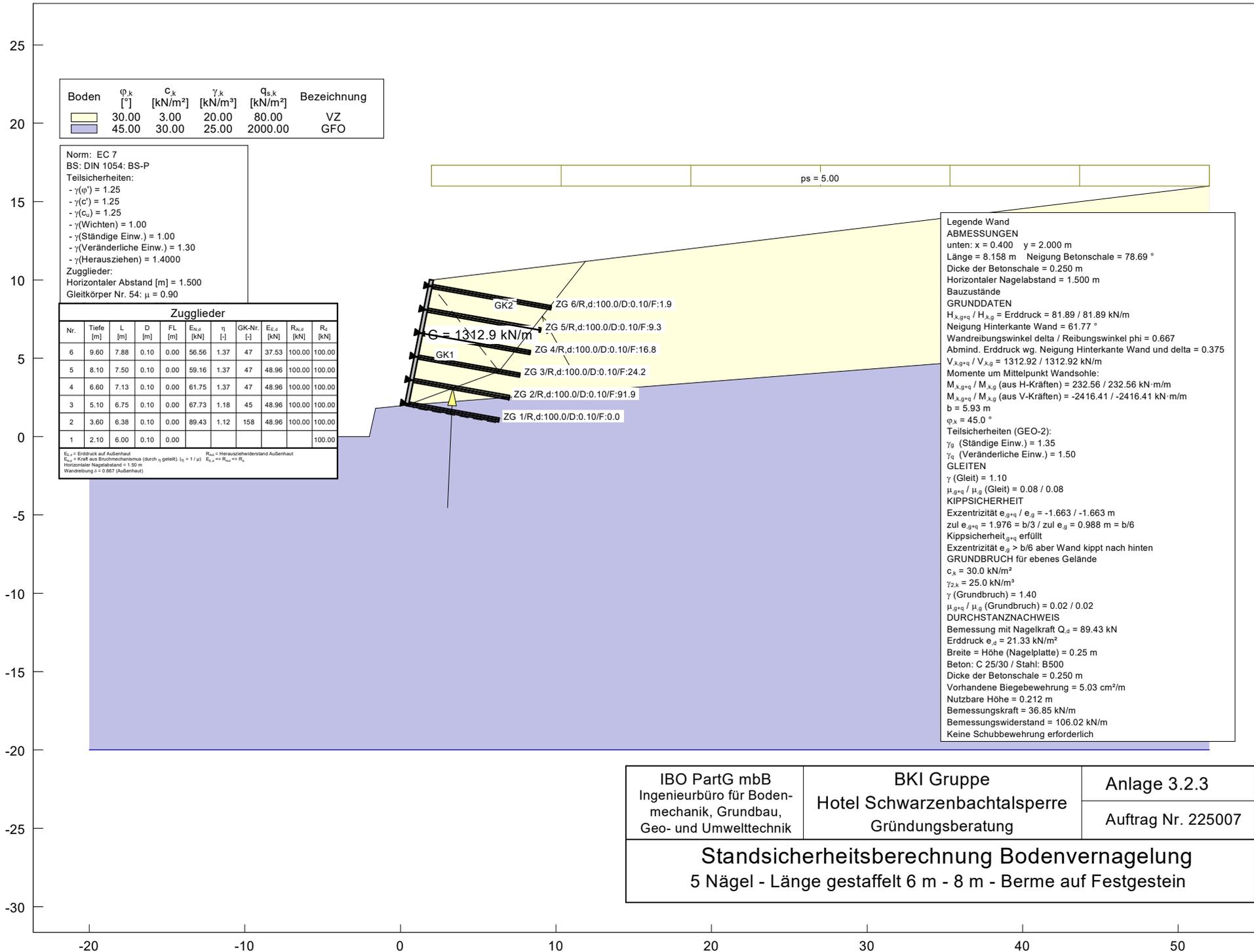
Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi)$ = 1.25
 - $\gamma(c)$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 - $\gamma(\text{Herausziehen})$ = 1.4000
 Zugglieder:
 Horizontaler Abstand [m] = 1.500
 Gleitkörper Nr. 138: μ = 0.96
 mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

Zugglieder										
Nr.	Tiefe [m]	L [m]	D [m]	FL [m]	$E_{N,d}$ [kN]	η [-]	GK-Nr. [-]	$E_{E,d}$ [kN]	$R_{N,d}$ [kN]	R_d [kN]
5	9.10	8.50	0.10	0.00	65.20	1.46	19	58.87	152.59	195.70
4	7.60	8.50	0.10	0.00	69.81	1.46	19	53.52	152.59	195.70
3	6.10	8.50	0.10	0.00	79.23	1.18	17	53.52	152.59	195.70
2	4.60	8.50	0.10	0.00	91.21	1.18	17	53.52	152.59	195.70
1	3.10	8.50	0.10	0.00						195.70

$E_{N,d}$ = Erddruck auf Außenhaut
 $E_{E,d}$ = Kraft aus Bruchmechanismus (durch η geteilt) ($i_g = 1/\mu$)
 Horizontaler Nagelabstand = 1.50 m
 Wandreibung $\delta = 0.667$ (Außenhaut)
 $R_{N,d}$ = Herausbewiderstand Außenhaut
 $E_{E,d} < R_{N,d} < R_d$

Legende Wand
 ABMESSUNGEN
 unten: x = 0.000 y = 0.000 m
 Länge = 10.198 m Neigung Betonschale = 78.69 °
 Dicke der Betonschale = 0.250 m
 Horizontaler Nagelabstand = 1.500 m
 Bauzustände
 GRUNDDATEN
 $H_{k,g+q} / H_{k,g}$ = Erddruck = 174.92 / 174.92 kN/m
 Mindesterddruck maßgebend ($\varphi_{\text{vers}} = 40.0^\circ$)
 Neigung Hinterkante Wand = 81.06 °
 Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel phi = 0.667
 Abmind. Erddruck wg. Neigung Hinterkante Wand und delta = 0.672
 $V_{k,g+q} / V_{k,g}$ = 1994.11 / 1994.11 kN/m
 Momente um Mittelpunkt Wandsohle:
 $M_{k,g+q} / M_{k,g}$ (aus H-Kräften) = 632.00 / 632.00 kN·m/m
 $M_{k,g+q} / M_{k,g}$ (aus V-Kräften) = -1975.81 / -1975.81 kN·m/m
 b = 8.99 m
 $\varphi_k = 45.0^\circ$
 Teilsicherheiten (GEO-2):
 γ_g (Ständige Einw.) = 1.35
 γ_q (Veränderliche Einw.) = 1.50
 GLEITEN
 γ (Gleit) = 1.10
 μ_{g+q} / μ_g (Gleit) = 0.11 / 0.11
 KIPPSICHERHEIT
 Exzentrizität $e_{g+q} / e_g = -0.674 / -0.674$ m
 zul $e_{g+q} = 2.997 = b/3$ / zul $e_g = 1.499$ m = b/6
 Kippsicherheit $_{g+q}$ erfüllt
 Kippsicherheit $_g$ erfüllt
 GRUNDBRUCH für ebenes Gelände
 $c_k = 30.0$ kN/m²
 $\gamma_{2,k} = 25.0$ kN/m³
 γ (Grundbruch) = 1.40
 μ_{g+q} / μ_g (Grundbruch) = 0.02 / 0.02
 DURCHSTANZNACHWEIS
 Bemessung mit Nagelkraft $Q_{n,d} = 137.38$ kN
 Erddruck $e_d = 23.32$ kN/m²
 Breite = Höhe (Nagelplatte) = 0.25 m
 Beton: C 25/30 / Stahl: B500
 Dicke der Betonschale = 0.250 m
 Vorhandene Biegebewehrung = 5.03 cm²/m
 Nutzbare Höhe = 0.212 m
 Bemessungskraft = 58.10 kN/m
 Bemessungswiderstand = 106.02 kN/m
 Keine Schubbewehrung erforderlich

IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.2.2
		Auftrag Nr. 225007
Standsicherheitsberechnung Bodenvernagelung 5 Nägel - Länge 8,5 m		



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	Bezeichnung
	30.00	3.00	20.00	80.00	VZ
	45.00	30.00	25.00	2000.00	GFO

Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi)$ = 1.25
 - $\gamma(c)$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30
 - $\gamma(\text{Herausziehen})$ = 1.4000
 Zugglieder:
 Horizontaler Abstand [m] = 1.500
 Gleitkörper Nr. 54: μ = 0.90

Zugglieder										
Nr.	Tiefe [m]	L [m]	D [m]	FL [m]	$E_{n,d}$ [kN]	η [-]	GK-Nr. [-]	$E_{d,d}$ [kN]	$R_{u,d}$ [kN]	R_t [kN]
6	9.60	7.88	0.10	0.00	58.56	1.37	47	37.53	100.00	100.00
5	8.10	7.50	0.10	0.00	59.16	1.37	47	48.96	100.00	100.00
4	6.60	7.13	0.10	0.00	61.75	1.37	47	48.96	100.00	100.00
3	5.10	6.75	0.10	0.00	67.73	1.18	45	48.96	100.00	100.00
2	3.60	6.38	0.10	0.00	89.43	1.12	158	48.96	100.00	100.00
1	2.10	6.00	0.10	0.00						100.00

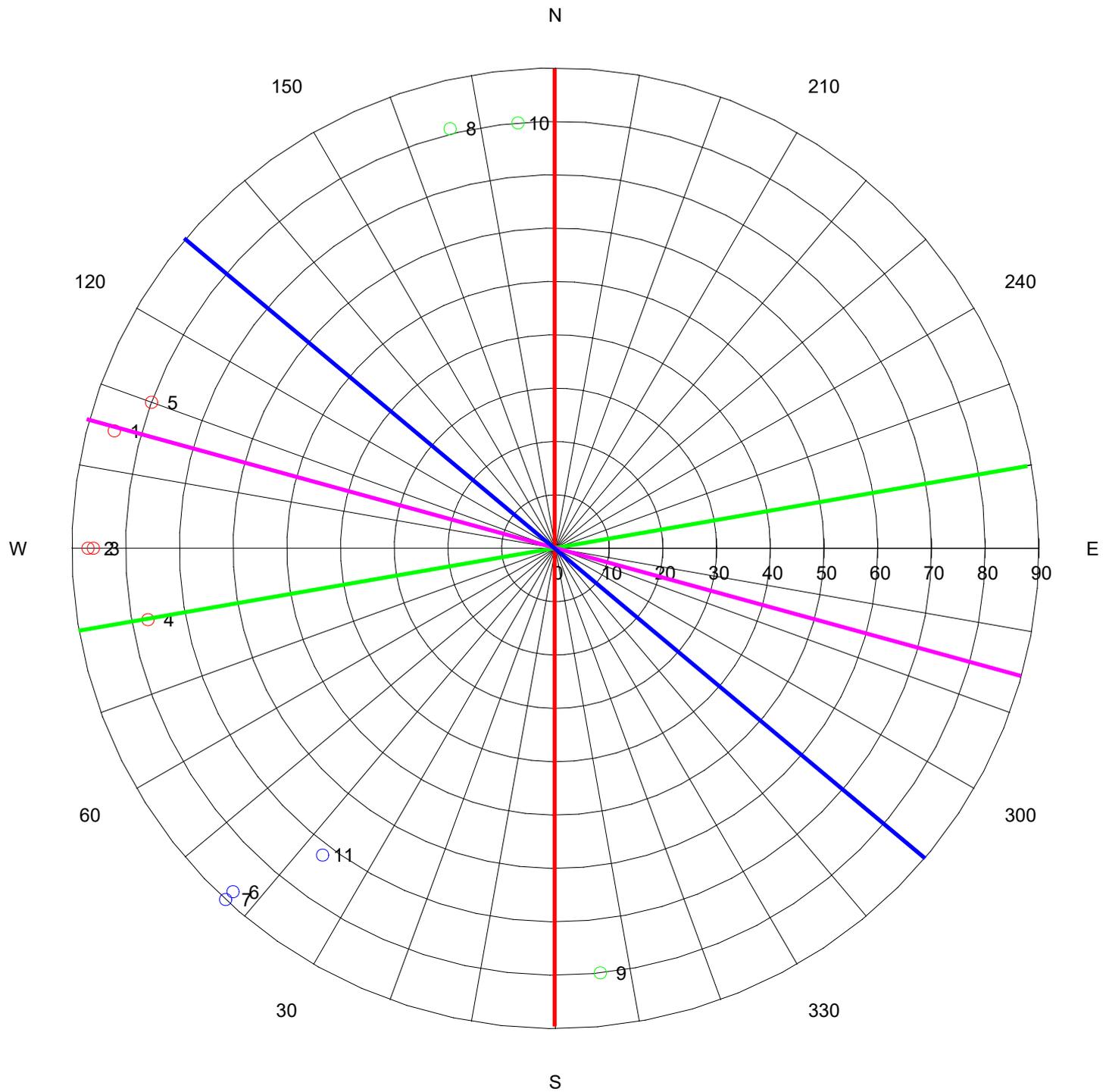
$E_{n,d}$ = Erddruck auf Außenhaut
 $E_{d,d}$ = Kraft aus Bruchmechanismus (durch η geteilt) ($i_1 = 1/\mu$)
 Horizontaler Nagelabstand = 1.50 m
 Wandreibung $\delta = 0.667$ (Außenhaut)

$R_{u,d}$ = Herausziehwiderstand Außenhaut
 $E_{d,d} \leq R_{u,d} \leq R_t$

Legende Wand
 ABMESSUNGEN
 unten: x = 0.400 y = 2.000 m
 Länge = 8.158 m Neigung Betonschale = 78.69 °
 Dicke der Betonschale = 0.250 m
 Horizontaler Nagelabstand = 1.500 m
 Bauzustände
 GRUNDDATEN
 $H_{k,g+q} / H_{k,g}$ = Erddruck = 81.89 / 81.89 kN/m
 Neigung Hinterkante Wand = 61.77 °
 Wandreibungswinkel delta / Reibungswinkel phi = 0.667
 Abmind. Erddruck wg. Neigung Hinterkante Wand und delta = 0.375
 $V_{k,g+q} / V_{k,g}$ = 1312.92 / 1312.92 kN/m
 Momente um Mittelpunkt Wandsohle:
 $M_{k,g+q} / M_{k,g}$ (aus H-Kräften) = 232.56 / 232.56 kN-m/m
 $M_{k,g+q} / M_{k,g}$ (aus V-Kräften) = -2416.41 / -2416.41 kN-m/m
 b = 5.93 m
 $\phi_k = 45.0$ °
 Teilsicherheiten (GEO-2):
 γ_g (Ständige Einw.) = 1.35
 γ_q (Veränderliche Einw.) = 1.50
 GLEITEN
 γ (Gleit) = 1.10
 $H_{k,g+q} / H_{k,g}$ (Gleit) = 0.08 / 0.08
 KIPPSICHERHEIT
 Exzentrizität $e_{g+q} / e_g = -1.663 / -1.663$ m
 zul $e_{g+q} = 1.976 = b/3$ / zul $e_g = 0.988$ m = b/6
 Kippsicherheit γ_{g+q} erfüllt
 Exzentrizität $e_g > b/6$ aber Wand kippt nach hinten
 GRUNDBRUCH für ebenes Gelände
 $c_k = 30.0$ kN/m²
 $\gamma_{2,k} = 25.0$ kN/m³
 γ (Grundbruch) = 1.40
 $H_{k,g+q} / H_{k,g}$ (Grundbruch) = 0.02 / 0.02
 DURCHSTANZNACHWEIS
 Bemessung mit Nagelkraft $Q_{d,i} = 89.43$ kN
 Erddruck $e_{d,i} = 21.33$ kN/m²
 Breite = Höhe (Nagelplatte) = 0.25 m
 Beton: C 25/30 / Stahl: B500
 Dicke der Betonschale = 0.250 m
 Vorhandene Biegebewehrung = 5.03 cm²/m
 Nutzbare Höhe = 0.212 m
 Bemessungskraft = 36.85 kN/m
 Bemessungswiderstand = 106.02 kN/m
 Keine Schubbewehrung erforderlich

IBO PartG mbB Ingenieurbüro für Boden- mechanik, Grundbau, Geo- und Umwelttechnik	BKI Gruppe Hotel Schwarzenbachtalsperre Gründungsberatung	Anlage 3.2.3
		Auftrag Nr. 225007
Standsicherheitsberechnung Bodenvernagelung 5 Nägel - Länge gestaffelt 6 m - 8 m - Berme auf Festgestein		

Aufnahme Straßenböschung - Darstellung Klüfte in Pollage



- | | | | |
|------------------|---|------------------|---|
| Pole KS1 | ○ | Streichlinie KS1 | — |
| Pole KS2 | ○ | Streichlinie KS2 | — |
| Pole KS3 | ○ | Streichlinie KS3 | — |
| Längsachse Hotel | — | | |



IBO PartG mbB
 Ingenieurbüro für Bodenmechanik,
 Grundbau, Geo- und Umwelttechnik
 Ottostraße 3, 76 275 Ettlingen
 Tel.: 0721 / 400 89 - 0 Fax: 0721 / 400 89 - 22
 E-Mail: info@ibo-ing.de

Projekt: Hotel Schwarzenbachtalsperre
 ProjektNr.: 225007
 Bearbeitung: Dö/AL
 Datum: 25.02.2025
 Anlage: 4