



GEOTECHNISCHER BERICHT

3211294 2021-0319
Stadt Passau Rathausplatz 2 94032 Passau
Fahrradtunnel durch den Oberhausberg
Felsmechanische Untersuchungen
Deggendorf, den 05.10.2021

Dieser Bericht umfasst 32 Seiten, 9 Tabellen und 3 Anlagen. Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig. Die Proben werden ohne besondere Absprache nicht aufbewahrt.

IFB Eigenschenk GmbH

Mettener Straße 33 DE 94469 Deggendorf Tel. +49 991 37015-0 Fax +49 991 33918 mail@eigenschenk.de Geschäftsführer: Dr.-Ing. Bernd Köck Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz

Registergericht: Amtsgericht Deggendorf · HRB 1139 Umsatzsteuer-ID: DE131454012 Standorte:

IFB Stuttgart IFB Landshut IFB Regensburg IFB Straubing

IFB München IFB Eigenschenk + Partner GmbH Pesterwitz

Ein Unternehmen von BKW Engineering



Inhaltsverzeichnis:

1	VO	RGAN	G	4
	1.1	Auftra	g	4
	1.2	Frages	stellung	4
	1.3	Projek	tbezogene Unterlagen	5
2	BE	SCHRE	BUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES	6
	2.1	Geom	orphologie, Bewuchs und Schutzgebiete	6
	2.2	Geolo	gische Rahmenbedingungen	7
		2.2.1	Geologische Verhältnisse	7
		2.2.2	Gefüge/Tektonik	8
	2.3	Hydro	logische/Hydrogeologische Rahmenbedingungen	9
3	DU	RCHGE	EFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	10
	3.1	Feldur	ntersuchungen	10
	3.2	Felsm	echanische Laboruntersuchungen	11
4	UN [.]	TERSU	CHUNGSERGEBNISSE / FELSMECHANISCHE ANGABEN	12
	4.1	Ausbil	dung und Orientierung der Klüftung	12
	4.2	Ausbil	dung und Orientierung der Schieferung	15
	4.3	Gefüg	e und Tunnelbauwerk	16
	4.4	Minera	albestand	17
	4.5	Ergeb	nisse der Laborversuche	18
		4.5.1	Untersuchungsmethodik	
		4.5.2	Probenbeschreibung	19
		4.5.3	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	19
	4.6	Homo	genbereiche	21
		4.6.1	Homogenbereich B1 – Deckschichten/(Lockergestein)	
		4.6.2	Homogenbereich X1 – Gneise kompakt	23
		4.6.3	Homogenbereich X2 – Gneise zerlegt	24
	4.7	Boden	- bzw. felsmechanische Kennwerte	24
		4.7.1	Homogenbereich B1	24
		4.7.2	Homogenbereiche X1 und X2	25
	4.8	Grund	wasserverhältnisse	



5 \$	SCHLUSSBEMERKUNGEN	3	1
------	--------------------	---	---

Anlagen:

Anlage 1:	Planunterlagen
Anlage 1.1:	Übersichtslageplan
Anlage 1.2:	Detaillageplan mit Probenahmepunkten
Anlage 2:	Felsmechanische Laborergebnisse
Anlage 3:	Fotoaufnahmen
Anlage 3.1:	Kernkisten
Anlage 3.2:	Fotoaufnahmen vom 26.08.2021

Tabellen:

Tabelle 1:	Übersicht der durchgeführten Bohrungen	11
Tabelle 2:	Mineralbestand "Schiefriger Perlgneis" gem. GK25	18
Tabelle 3:	Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	20
Tabelle 4:	Bodenmechanische Kennwerte	25
Tabelle 5:	Felsmechanische Kennwerte Teil 1	26
Tabelle 6:	Felsmechanische Kennwerte Teil 2	27
Tabelle 7:	Felsmechanische Kennwerte Teil 3	27
Tabelle 8:	Felsmechanische Kennwerte Teil 4	28
Tabelle 9:	Mantelreibungswerte (aus: Grundbau-Taschenbuch Teil 2, Tab. 3 [6])	29

Abbildungen:

Abbildung 1:	Ausschnitt aus der geologischen Karte M 1 : 25.000 [1], ergänzt	8
Abbildung 2:	Gefügemessungen Klüftung, Polpunktdarstellung, stereographi sche	
	Projektion	14
Abbildung 3:	Gefügemessungen Schieferung, Polpunktdarstellung, stereogra phische	
	Projektion	16
Abbildung 4:	Winkelbeziehungen zwischen Trennflächen und Tunnelachse	17



1 <u>VORGANG</u>

1.1 Auftrag

Die Stadt Passau plant die Errichtung eines Tunnels für Radfahrer durch den Georgsberg in Passau.

Mit Schreiben vom 29.07.2021 wurde die IFB Eigenschenk GmbH, Deggendorf, mit der Erstellung eines geotechnischen Gutachtens einschließlich der Durchführung von Feld- und Laboruntersuchungen zur Ergänzung des Geotechnischen Berichtes Nr. 10.06.1493 der IFB Eigenschenk GmbH vom 06.03.2007 (Straßenverbreiterung Angerstraße, Passau. Felsmechanische Machbarkeitsstudie) beauftragt.

Grundlage der Auftragserteilung ist das Angebot der IFB Eigenschenk GmbH vom 27.07.2021 in Verbindung mit dem Werkvertrag.

Gemäß Anfrage und Auftrag sollen sich die Untersuchungen nur auf die Portalbereiche des geplanten Tunnels beschränken. Weitere Aufschlüsse entlang der etwa 100 m langen Vortriebsstrecke des Tunnels sollen nicht ausgeführt werden.

Der vorliegende Bericht enthält die zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse.

1.2 Fragestellung

Mit der vorliegenden geotechnischen Baugrundbeurteilung soll im Wesentlichen geklärt werden:

- ⇒ welche geologischen Verhältnisse im Bereich des geplanten Nordportals und des geplanten Südportals vorliegen;
- \Rightarrow welche Homogenbereiche im Untersuchungsgebiet vorkommen,
- \Rightarrow welche einaxialen Druckfestigkeiten im anstehenden Gestein zu erwarten sind,
- \Rightarrow welche einaxialen Zugfestigkeiten im anstehenden Gestein zu erwarten sind,
- \Rightarrow welche Abrasivität im anstehenden Gestein zu erwarten sind,
- \Rightarrow welche Lösbarkeit des Felses mit mechanischen Mitteln vorliegt.



1.3 Projektbezogene Unterlagen

Für die Ausarbeitung dieses Gutachtens standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.) (1984): Geologische Karte von Bayern M 1 : 25.000 Blatt 7446 Passau.
- [2] IFB Eigenschenk (2007): Geotechnischer Bericht Nr. 10.06.1493. Straßenverbreiterung Angerstraße, Passau. Felsmechanische Machbarkeitsstudie.
- [3] EDR GmbH (2012): Fuß- und Radverkehrsverbindung Georgsberg. Entwurfsplanung, Übersichtslageplan M 1 : 500
- [4] EDR GmbH (2012): Fuß- und Radverkehrsverbindung Georgsberg. Entwurfsplanung, Südportal. Plannummer BW-01, Lageplan, Schnitte M 1 : 100
- [5] EDR GmbH (2012): Fuß- und Radverkehrsverbindung Georgsberg. Entwurfsplanung, Nordportal. Plannummer BW-02, Lageplan, Schnitte M 1 : 100
- [6] SMOLTCZYK, U. (Hrsg.) (1996): Grundbau-Taschenbuch, Teil 2. 820 S.; Berlin (Ernst und Sohn).
- [7] Bayerisches Landesamt f
 ür Umwelt (2011): Geowissenschaftliche Landesaufnahme in der Planungsregion 12 Donau-Wald. Hydrogeologische Karte 1 : 100.000. Augsburg.
- [8] BayernAtlas Plus der Bayerischen Landesvermessungsverwaltung (www.geoportal.bayern.de)
- [9] WYLLIE, D. & MAH, W. (2004): Rock slope engineering. Civil and mining. 4th edition.430 S.; New York (Spon Press)
- [10] MUTSCHLER, T. (2004): Neufassung der Empfehlung Nr. 1 "Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern" des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. – Bautechnik, 81, 825-834.
- [11] LEPIQUE, M. (2008): Empfehlung Nr. 10 "Indirekter Druckversuch an Gesteinsproben-Spaltzugversuch" des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik. – Bautechnik, 85: 9, 623-627.



[12] KÄSLING, H. & PLINNINGER, R. J. (2016): Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.: Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch. – Bautechnik, 93, 6: 409-415.

2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES

2.1 Geomorphologie, Bewuchs und Schutzgebiete

Das Untersuchungsgebiet liegt südlich und nördlich des Georgsberges im Stadtgebiet Passau, nördlich der Donau und westlich der IIz auf den Grundstücken mit den Flurnummern 1083 und 1087 (Gemarkung Passau). Die geplanten Tunnelportale liegen auf einer Höhe von etwa 302 m ü. NHN, wobei der Georgsberg im Bereich der Festungsanlage der Veste Oberhaus eine Höhe von etwa 350 m ü. NHN erreicht.

Der Nordhang ist bewaldet und überwiegend mit Hangschutt überdeckt, wobei einzelne Felsfreistellungen zutage treten, vor allem im oberen Hangdrittel. Zum Teil bestehen Sicherungsbauwerke gegen Steinschlag.

Am Südhang bestehen mehrere Felsbereiche entlang des Ludwigsteiges sowie Bereiche, die bewaldet und mit Hangschutt überdeckt sind. Nördlich entlang der Bundesstraße B 12, vom geplanten Südportal bis zum Ilztunnel, verläuft ein Steilhang. Im gesamten Hangbereich existieren mehrere Steinschlagzäune sowie lokale Sicherungen durch Felsnägel und Vernetzungen.

Die geplante Lage des Südportals befindet sich nördlich der Bundesstraße B 12 gegenüber der Prinzregent-Luitpold-Brücke unterhalb des Ludwigsteiges. Das Nordportal ist etwas nördlich der Kirche St. Salvator westlich der Ferdinand-Wagner-Straße geplant.

Da im Bereich der geplanten Tunnelportale das anstehende Festgestein verbaut oder überdeckt ist, umfasst das Untersuchungsgebiet im Bereich des Südportals den östlich gelegenen Felsbereich bis zum Westportal des Ilztunnels auf einer Länge von etwa 53 m.

Im Bereich des geplanten Nordportals umfasst das Untersuchungsgebiet den nördlich an die Salvatorkirche anschließenden Felsbereich.

Das Untersuchungsgebiet liegt gemäß [10] im Bereich des FFH-Gebietes Donauleiten von Passau bis Jochenstein, ID 7446-301.



2.2 Geologische Rahmenbedingungen

2.2.1 Geologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bayerischen Wald, im Bereich der Moldanubischen Zone des variszischen Grundgebirges, welches von metamorphem Gestein und Graniten dominiert wird. Die mehrfach tektonisch überprägten Gneise zeigen eine heterogene Schieferung auf.

Nach der Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt 7446 Passau (GK25; [1]) steht am Standort schiefriger Perlgneis des kristallinen Grundgebirges sowohl im Bereich des Südportals, des Nordportals als auch zwischen den beiden geplanten Tunnelportalen an. In der Generallegende der digitalen Geologischen Karte 1 : 25.000 von Bayern (dGK25, abrufbar unter www.umweltatlas.bayern.de) wird das Gestein als eine Wechsellagerung von Gneis und Diatexit angesprochen und wie folgt charakterisiert: "Wechselfolge von Metablastischem Biotit-Plagioklas-Gneis, Metatektischem Cordierit-Sillimanit-Kalifeldspat-Gneis, Diatektischem Gneis und Diatexit; Gefügevariation zwischen lagig, schlierig und massig."

Im Bereich des Nordhanges besteht eine Überdeckung mit Hangschutt, welche stellenweise Mächtigkeiten bis 70 cm erreichen kann.

Die im Gelände vorgefundenen geologischen Verhältnisse entsprechen den Angaben der GK25.

In [2] wird das anstehende Gestein wie folgt beschrieben:

Bei den angetroffenen Gesteinen handelt es sich um meist straff geschieferte Perlgneise, deren internes Schieferungsgefüge durch lagenweise Anreicherungen von Dunkelglimmern und helleren Quarz und Feldspatlagen optisch deutlich in Erscheinung tritt. Namensgeben für die Bezeichnung "Perlgneise" ist das charakteristische Aussehend der Feldspatporphyroblasten, die oftmals entlang der Schieferungsrichtung perlschnurartig aneinandergereiht auftreten. Vereinzelt – technisch jedoch unbedeutend – treten gangartige Quarzmobilisate auf. Die Gesteine zeigen selbst im Bereich der relativ frischen, künstlichen Felsböschung eine deutlich rostbraune Färbung, die vor allem entlang der Klüfte weit in das Gebirge eindringt. Bezug nehmend auf die Klassifizierung nach ISRM-Empfehlung 1978 und IAEG-Empfehlung 1981, erweitert durch SPAUN ist das Gestein überwiegend als "angewittert" zu klassifizieren.



Obwohl durch die bereits eingetretene Verwitterung von einer Reduzierung der ursprünglichen Festigkeitseigenschaften ausgegangen werden muss, sind die anstehenden Gneise im Feldversuch (nach ISRM-Empfehlung 1978) mittels Hammerschlag als "sehr fest" (R5) anzusprechen, was auf Einaxiale Druckfestigkeiten > 100 MPa hinweist.

Bedingt durch das straffe Schieferungsgefüge ist zu erwarten, dass die Gneise ausgeprägt anisotrope Eigenschaften besitzen, d. h. Druck-, Zug- und Scherfestigkeit des Gesteins in erheblichem Maße von der jeweiligen Orientierung zur Schieferung abhängen.



Abbildung 1: Ausschnitt aus der geologischen Karte M 1 : 25.000 [1], ergänzt

2.2.2 Gefüge/Tektonik

Der im südlichen sowie im nördlichen Untersuchungsbereich anstehende Fels weist eine ausgeprägte Schieferung auf, welche subparallel zu den variszischen Großstörungen westnordwest bis ostsüdost streicht und steil nach nordnordwest bzw. süsüdwest einfällt. Zum Teil ist die Schieferung bruchtektonisch reaktiviert. Die Ausbildung der Böschung nahe des geplanten Südportals wird durch Schieferungsflächen beeinflusst.



Die Klüftung ist von nordnordwest-südsüdost bis nordost-südwest streichenden, steil einfallenden konjugierten Trennflächenscharen dominiert. Harnischflächen konnten nicht festgestellt werden. Die Ausstrichlänge der Trennflächen erreicht vielfach wenige Dezimeter teilweise aber auch bis hin zu mehreren Metern. Die Kluftflächen sind ganz überwiegend rostig gefärbt und geringfügig angewittert.

Die mittleren Raumlagen der Hauptkluftrichtungen liegen in K1 (Schwerpunkt der Polpunktkonzentration) bei 137/06, in K2 bei 262/84 und in K3 bei 150/82. Bei der Klüftung K1 handelt es sich um Druckentlastungsklüfte, welche im nördlichen Hangbereich aufgrund der Morphologie nicht auffallen, jedoch mutmaßlich auch dort vorhanden sind. Die mittlere Raumlage der Schieferung Sf liegt bei 010/86.

Zusammen mit schieferungsparallelen Brüchen erzeugen diese Trennflächenscharen rhomboide bis prismatische Kluftkörper.

Die Ergebnisse der Gefügemessungen sind graphisch in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.

Die in [2] dargestellten Ergebnisse können bestätigt werden und es ist anzunehmen, dass die im Rahmen der damaligen Aufgabenstellung ermittelten geologischen Verhältnisse auf den Bereich des Südportals und des Nordportals übertragbar sind.

2.3 <u>Hydrologische/Hydrogeologische Rahmenbedingungen</u>

Gemäß [7] stehen am Standort Gesteine des kristallinen Grundgebirges an, welche als Kluftgrundwasserleiter mit geringen Durchlässigkeiten und vielfach ohne zusammenhängenden Grundwasserkörper klassifiziert werden. Im Engtal der Donau liegt in den quartären Ablagerungen ein hochdurchlässiger Porengrundwasserleiter mit einer Wasserspiegelhöhe im Bereich des Donaupegels Passau-Ilzstadt von ca. 291 bis 293 m ü. NHN vor.

Es kann zumindest bereichsweise von einer lateralen hydraulischen Anbindung des kristallinen Kluftgrundwasserleiters an den quartären Porengrundwasserleiter ausgegangen werden, sodass am Standort ein Kluftwasserspiegel auf Höhe des Donaupegels bzw. etwas darüber zu erwarten ist.

In der untersuchten Felsböschung im Bereich des Nordportals und Südportals wurden keine Vernässungen oder Austritte von Berg-/Kluftwasser angetroffen.



Im Untersuchungsgebiet kann jedoch nach längeren Regenperioden sowie nach der Schneeschmelze mit lokal begrenztem Vorkommen von oberflächennah versickerndem Niederschlagswasser aus offenen Trennflächen gerechnet werden. Ein dauerhafter Bergwasserspiegel ist in der Höhenlage des Vorhabens nicht vorhanden.

3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Felduntersuchungen

Die geologische Aufnahme wurde am 05.08.2021 durchgeführt. Die Aufnahme erfolgte durch den geotechnischen Fachgutachter von IFB Eigenschenk GmbH.

Im Bereich des Südportals wurden Gefügemessungen am anstehenden Festgestein westlich des bestehenden südlichen Tunnelportals der B 12 sowie an Felsfreistellungen entlang des Ludwigsteiges bis hin zum östlichen Wehrgang durchgeführt.

Im Bereich des Nordportals wurde das Gefüge an der Felsfreistellung nördlich der St. Salvatorkirche aufgenommen.

Im Bereich des anstehenden Festgesteins beim Süd- und Nordportal wurden am 26.08.2021 jeweils zwei horizontale Bohrungen mit einem Durchmesser von 102 mm durchgeführt, um Proben für felsmechanische Versuche zu gewinnen.

Gemäß Anfrage und Auftrag sollen sich die Untersuchungen nur auf die Portalbereiche beschränken. Weitere Aufschlüsse entlang der etwa 100 m langen Vortriebsstrecke des Tunnels sollen nicht ausgeführt werden.

Aufgrund der teilweise engständigen Klüftung wurden die geplante Anzahl und die Bohrtiefe der vorgesehenen Bohrungen erhöht, um ausreichend lange Probekörper für die felsmechanischen Laboruntersuchungen zu erhalten. Eine Übersicht über die Länge und die Lage der Bohrungen wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.



Erkundungsart	Bohrtiefe Ø 102 mm [cm]	Gestein	Lage	
Bohrung B1	125	Gneis	Felsfreistellung	
Bohrung B2	200	Gneis	sudlich des Nordportals	
Bohrung B3	220	Gneis	Felsfreistellung	
Bohrung B4	105	Gneis	Südportals	

Tabelle 1: Übersicht der durchgeführten Bohrungen

3.2 Felsmechanische Laboruntersuchungen

Zur Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit (UCS) nach E1 des AK 3.3 DGGT [10] wurden an insgesamt 6 Proben einaxiale Druckversuche mit unbehinderter Seitendehnung durchgeführt.

Zur indirekten Ermittlung der Spaltzugfestigkeit nach E10 des AK 3.3 DGGT [11] wurden an insgesamt 6 Proben Spaltzugversuche durchgeführt.

Zur Ermittlung er Abrasivität wurden an insgesamt 6 Proben Cerchar-Abrasivitätsversuche nach E23 des AK 3.3 der DGGT [12] durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Anlage 2 zusammengefasst. Sie werden im Folgenden bei der Beschreibung der Untergrundverhältnisse näher erläutert.



4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE / FELSMECHANISCHE ANGABEN

4.1 Ausbildung und Orientierung der Klüftung

Die Raumlagen der eingemessenen Trennflächen werden mit Fallrichtung/Fallwinkel (sog. Clar-Wert) angegeben. Die nachfolgenden Ausführungen wurden teilweise von [2] übernommen und ggf. an neue Erkenntnisse angepasst.

Die Ausbildung der Felsböschung wird im untersuchten Bereich neben der metamorphen Schieferungsrichtung durch eine Vielzahl weiterer unterschiedlicher Kluftflächen beeinflusst. Die Erstreckung dieser Flächen reicht von nur wenige Zentimeter bis Dezimeter lang verfolgbaren Kleinklüften bis hin zu über Meter bis Dekameter verfolgbaren Großklüften und Störzonen/Scherzonen.

Die Kluftflächen sind im Makromaßstab z. T. eben, relativ oft aber wellig/gebogen geformt. Im kleineren Maßstab betrachtet herrschen raue Kluftoberflächen gegenüber glatten Flächen vor, z.T. sind auch stufige Oberflächen zu beobachten. Extrem glatte, oder glänzende Flächen (Harnische) wurden nicht beobachtet. Die kartierten Kluftflächen sind ganz überwiegend rostig gefärbt und angewittert, insbesondere bei Kleinklüften können jedoch auch völlig frische Oberflächen beobachtet werden. Einheitliche Abstände innerhalb der Kluftscharen sind infolge der Heterogenität des Gebirgsverbands nicht anzugeben. Ganz überwiegend herrscht ein kompaktes bzw. weitständig geklüftetes Gebirge vor, welches nur bereichs- und zonenweise von engeren Kluftabständen beeinflusst wird. Im Bereich am Westportal des Ilztunnels sind eng- bis mittelständige (6 - 60 cm) Kluftabstände in den dort dominierenden flachlagernden Flächen der Richtung K1 zu beobachten. Lokal treten auch Flächen der Richtung K2 in eng- bis mittelständigen Abständen auf.

Auch in Bereichen, die sich aufgrund auffallend dichter Vegetation einer näheren Untersuchung entziehen, ist pauschal mit einer stärkeren Zerlegung des Gebirges zu rechnen ("Störzonen"). Hier liegen zahlreiche Kluftflächen durch Auflockerung und Wurzeldruck geöffnet vor. Vor allem im Bereich oberhalb der "frischen" Böschung des Ilztunnelportals – entlang dem Ludwigssteig, im Hang und der auf halber Höhe zur Feste existenten, verwachsenen Berme – ist zu beobachten, dass durch oberflächennahe Auflockerungs- und Kriechvorgänge sowie Vegetationseinfluss zahlreiche geöffnete, klaffende Kluft- und Schieferungsflächen entstanden sind.



Auf Basis der durchgeführten Dokumentation können zwei dominante Hauptkluftrichtungen eingemessen werden, die nachfolgend als K1 und K2 bezeichnet werden (siehe auch nachstehende Abbildung 2) und gemeinsam mit der Schieferung ein orthogonales System bilden:

Bei Kluftsystem K1 handelt es sich um flachliegende (bis ca. 25°), nahezu oberflächenparallele Klüfte, die vom Portal weg bis zur Hängebrücke vor allem auf Niveau des Gehsteigs bis in eine Höhe von ca. 5 m zu beobachten sind. In dieser Zone dominieren sie das Felsgefüge. Im Mittel über 14 Messwerte ist eine Orientierung von 137/06 (Clar-Wert) anzusetzen. Die einzelnen, z. T. über mehrere Meter verfolgbaren Großklüfte sind nicht parallel und schneiden sich z. T. in sehr spitzen Winkeln. In den höheren und weiter von der Bundesstraße entfernten Partien der Wand entlang der B 12 ist dieses System nicht mehr zu beobachten, weswegen auch ein Zusammenhang mit künstlichen Eingriffen (u.a. Sprengauflockerung bzw. Druckentlastung durch Felsabtrag) nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann. Trennflächen dieses Systems wurden jedoch vereinzelt auch im Bereich nördlich der Salvatorkirche und damit in größerer Entfernung zum Straßentunnel bzw. dem Straßeneinschnitt der B 12 festgestellt, sodass ein tektonischer Ursprung (z. B. Hebungsprozesse) ebenso plausibel ist.

• Bei Kluftsystem K2 handelt es sich um Flächen eines sehr steil bis senkrecht stehenden Systems mit zahlreichen ebenen Flächen, welches nahezu senkrecht auf die Schieferungsrichtung orientiert ist. Im Mittel über 18 Messwerte ist eine Orientierung von 262/84 (Clar-Wert) anzusetzen. Das System bildet eine Vielzahl der zu beobachtenden Absätze in der Böschung. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung vorgenommenen zusätzlichen Messungen führten dazu, dass das in [2] ausgegliederte Kluftsystem K3 in die Dichteverteilung von K2 übergeht und nicht mehr eindeutig als eigene Trennflächenschar erkennbar ist. Aus diesem Grund wurde es mit K2 zusammengefasst. Aufgrund der kompakten Ausbildung und der relativ kleinen freiliegenden Felsfläche am Nordportal des geplanten Fahrradtunnels konnten Trennflächen dieser Kluftschar dort nicht eingemessen werden.

Neben diesen beiden Hauptrichtungen sind weitere Nebensysteme zu beobachten:

• Kluftsystem K3 (in [2] als K4 bezeichnet) streicht ostnordost—westsüdwest mit stark variierenden Fallwinkeln. Im Mittel fallen die Trennflächen dieser Schar steil nach SSE (150/82 Clar-Wert) ein. Untergeordnet wurden zudem noch mittelsteil in nördliche bis nordwestliche Richtung einfallende Einzelklüfte festgestellt, welche aber aufgrund ihrer geringen Anzahl vorliegend nicht als eigene Trennflächensysteme definiert wurden.



Grundsätzlich konnten im Bereich des geplanten Nordportals aufgrund der dort relativ kleinen Aufschlussflächen und dem verhältnismäßig massigen Erscheinungsbild des Festgesteins nur wenige Trennflächen eingemessen werden.



Abbildung 2: Gefügemessungen Klüftung, Polpunktdarstellung, stereographische Projektion



4.2 Ausbildung und Orientierung der Schieferung

Die Raumlagen der eingemessenen Schieferungsflächen werden mit Fallrichtung/Fallwinkel (sog. Clar-Wert) angegeben. Die nachfolgenden Ausführungen wurden teilweise von [2] übernommen und ggf. an neue Erkenntnisse angepasst.

Trotz ihrer Relevanz im Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften des Gesteins zeigt sich im Aufschluss, dass die im mm bis cm-Abstand ausgeprägte, interne Schieferung im größermaßstäblichen Rahmen meist nur untergeordnet bruchtektonisch reaktiviert ist. Über weite Bereiche besitzen die Gneise eine massige Ausprägung.

Eine Ausnahme bilden die unmittelbar westlich oberhalb des Portals dominierenden überhängenden Wände, die schieferungsparallel angelegt sind und vermutlich durch schieferungsparalle Scherzonen, entlang derer eine weitere mechanische Zerlegung des Gesteins stattgefunden hat, gebildet wurden. Hier ist zu beobachten, dass die Gneispakete zum Teil bankigen Charakter aufweisen, d. h. mechanisch wirksame Schieferungsflächen in Abständen von 20 - 60 cm ("mittelbankig") vorhanden sind.

Auf eine bruchtektonische Reaktivierung von Schieferungsflächen als Kluft- bzw. Störungszonen deutet auch der dazu subparallele morphologische Verlauf des Donautals hin. Eine schieferungsparallele Anlage morphologischer Lineamente ist charakteristisch für viele Talverläufe im kristallinen Grundgebirge.

Die Schieferungsrichtung ist im kartierten Bereich zwischen Tunnelportal und Hängebrücke bis auf Höhe der Veste wie auch im Bereich des Nordportals an der Salvatorkirche mit wenigen Ausreißern mehr oder minder einheitlich mit einer über 30 Messwerte gemittelten Orientierung von 010/86.

Bedingt durch die steilen bis nahezu senkrechten Einfallwinkel und die wellig-gebogene Ausbildung der Schieferung führen bereits geringe Änderungen des Fallwinkels zum "Umklappen" der Fallrichtung, was bei mehreren Messwerten mit südlicher Einfallrichtung zu beobachten ist. Insbesondere im Bereich des geplanten Nordportals fällt die Schieferung ausschließlich in südliche Richtung ein.



4.3 Gefüge und Tunnelbauwerk

Abbildung 3:

.000

0

0

0

phische Projektion

Abbildung 4 zeigt die Winkelbeziehungen zwischen den mittleren Hauptkluftrichtungen sowie der metamorphen Schieferung und dem Verlauf der geplanten Tunnelachse. Demnach durchörtert der Tunnel die steilstehende Schieferung spitzwinklig bzw. nahezu senkrecht, was hinsichtlich der Vermeidung einer plattigen Ablösung schieferungsparalleler Schollen aus der Tunnelfirste, sogenannter "Sargdeckel", als günstig zu bewerten ist. Problematisch ist diesbezüglich das Trennflächensystem K1, welches jedoch lokal begrenzt bzw. weitständig bis sehr weitständig auftritt.

Gefügemessungen Schieferung, Polpunktdarstellung, stereogra-

Südportal

◊ 2007 [2], Südseite



Die weiteren, steil einfallenden bis saigeren Hauptkluftsysteme streichen spitzwinklig bis subparallel zur Tunnelachse.



Abbildung 4: Winkelbeziehungen zwischen Trennflächen und Tunnelachse

4.4 Mineralbestand

Der Mineralbestand des anstehenden Festgesteins ("geschieferter Perlgneis") wurde dem Erläuterungsband der geologischen Karte [1] entnommen, in welchem anhand von vier Dünnschliffanalysen folgende Mineralgehalte ermittelt wurden:



	Mineralbestand [Vol%]					
Mineral	repräsentative Nor-	migmatische, gra-	Körnelgneis-ähnliche Varietät			
	malausbildung	nitische Varietät	min.	max.		
Quarz	31	23,6	26,5	31,9		
Kalifeldspat	2,9	21	18,1	30,3		
Plagioklas	50,9	28,2	31,5	33,1		
Biotit	13,1	21,7	9,6	17,7		
Muscovit	0,3	3,5	-			
Chlorit	1,3	-	-			
Cordierit	-	0,7	-			
Granat	0,5	-	-			

Tabelle 2: Mineralbestand "Schiefriger Perlgneis" gem. GK25

Gemäß Feldansprache ist auf dem Baugelände von der "repräsentativen Normalausbildung", teilweise auch von der "Körnelgneis-ähnlichen Varietät" auszugehen.

4.5 Ergebnisse der Laborversuche

4.5.1 Untersuchungsmethodik

Die Laboruntersuchungen zur einaxialen Druckfestigkeit, Spaltzugfestigkeit sowie Abrasivität sowie die Ableitung felsmechanischer Kennwerte erfolgten gemäß den einschlägigen DGGT-Empfehlungen ([10], [11], [12]) durch das felsmechanische Labor des Lehrstuhls für Ingenieurgeologie an der Technischen Universität München (TUM).

Die jeweilige Untersuchungsmethodik ist im Prüfbericht der TUM (Anlage 2) detailliert dargelegt.



4.5.2 Probenbeschreibung

Aus den Felsfreistellungen des geplanten Nord- und Südportals wurden mittels Kernbohrgerät jeweils zwei Bohrungen mit einem Durchmesser von 102 mm und Gesamtkernlängen zwischen 105 und 220 cm niedergebracht (vgl. Kapitel 3.1). Die Bohrungen wurden möglichst senkrecht zur metamorphen Schieferung vorgetrieben.

Dabei konnten je nach Zerlegungsgrad intakte Kernlängen von < 2 cm bis ca. 45 cm gewonnen werden. Aufgrund der massigeren Ausbildung konnten im Bereich des Nordportals tendenziell längere Kernstücke gewonnen werden als im Bereich des Südportals. Rostig verfärbte Bruchflächen, meist quer zur metamorphen Schieferung, sind auf bereits im ungestörten Gesteinsverband vorhandene Trennflächen zurückzuführen. Frische, unverwitterte Brüche parallel zur Schieferung entstehen erfahrungsgemäß meist während des Bohrvorgangs und sind nicht tektonischen Ursprungs.

Die Bohrkerne sind in Anlage 1.2 fotografisch dokumentiert.

4.5.3 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Die Ergebnisse der felsmechanischen Laboruntersuchungen sind im Prüfbericht in Anlage 2 detailliert beschrieben und in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Hinsichtlich der einaxialen Druckfestigkeit ist festzustellen, dass der aus den Einzelversuchen berechnete Mittelwert mit rund 81 MPa unter dem für das angetroffene Gestein in [2] abgeschätzten Wert von > 100 MPa liegt (vgl. Kapitel 2.2.1). Lediglich der Maximalwert von 126 MPa liegt im Bereich der Erwartungswerte. Auch ist die Spannweite der ermittelten Druckfestigkeiten von mehr als 75 MPa zwischen Minimal- und Maximalwert verhältnismäßig hoch.

Gemäß Prüfbericht liegen die Verformungsmoduli mit 36 bis 50 GPa im charakteristischen Bereich für glimmerreiche Gneise.

Die mittlere Spaltzugfestigkeit liegt bei rund 9 MPa, wobei im Prüfbericht auf einen starken Einfluss von Verwitterung bzw. Trennflächengefüge auf das Ergebnis hingewiesen wird.

Der Cerchar-Abrasivitäts-Index (CAI) liegt im Mittel bei 2,8 und ist gemäß Klassifikation als stark abrasiv einzustufen.



Tabelle 3:	Zusammenfassung der	Versuchsergebnisse
------------	---------------------	--------------------

Bohrung / Lage	Proben-	Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins gem. DIN 14689, Tab. 2		Spaltzugfetig- keit nach DGGT- Empfehlung	Verfor- mungs- modul	Abrasivität CAI
Domaing / Lage	nummer	nummer $\sigma_u \qquad \sigma_{u(2)} \qquad \begin{array}{c} \text{Nr. 10, AK 3.3} \\ \sigma_t \end{array}$		Nr. 10, AK 3.3 σ _t	V	
		[MPa]	[MPa]	[MPa]	[GPa]	[-]
B1/Nordportal	IFB-B1/Nord- SPZ-1	-	-	9,4	-	3,1
B1/Nordportal	IFB-B1/Nord- 1DV-1	125,9 ¹⁾	125,7	-	49,98	-
B2/Nordportal	IFB-B2/Nord- SPZ-2	-	-	5,2 ³⁾		3,0
B2/Nordportal	IFB-B2/Nord- 1DV-2	90,5 ¹⁾	88,8	-	36,18	-
B2/Nordportal	IFB-B2/Nord- SPZ-3	-	-	12,0	-	2,6
B2/Nordportal	IFB-B2/Nord- 1DV-3	104,0 ¹⁾	101,9	-	38,62	-
B3/Südportal	IFB-B3Sued- SPZ-4	-	-	2,2 ³⁾	-	2,3
B3/Südportal	IFB-B3/Süd- 1DV-4	53,5 ¹⁾	49,3	-	17,58 ²⁾	-
B3/Südportal	IFB-B3Sued- SPZ-5	-	-	7,0	-	2,6
B4/Südportal	IFB-B4/Süd- 1DV-5	52,9 ¹⁾	52,7	-	24,5	-
B4/Südportal	IFB-B4/Süd- 1DV-6	70,8 ¹⁾	67,0	-	27,31 ²⁾	-
B4/Südportal	IFB-B4Sued- SPZ-6	-	-	7,0	-	3,0
Min		4	9,3	7,0	24,5	2,3
Mittelw	ert	8	0,9	8,9	37,32	2,8
Media	n	7	7,9	8,2	37,40	2,8
Мах		12	25,7	12,0	49,98	3,1
Längen-Durchmesser-Verhältnis der Probe kleiner 2; Einaxiale Druckfestigkeit daher korrigiert (vgl. Gl. 2 im Prüfbericht).						

⁹ Längen-Durchmesserverhältnis des Probekörpers kleiner 1,5; Verformungsmodul nur informativ, aus Statistik ausgeschlossen.

Ungültiger Versuch, da kein Trennbruch zwischen den Lasteinleitstreifen, aus Statistik ausgeschlossen.



4.6 Homogenbereiche

Gemäß DIN 18 300:2015-08 sind Boden und Fels "entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist."

Für Baumaßnahmen im Fels sind folgende Angaben erforderlich:

- ortsübliche Bezeichnung,
- Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14 689-1,
- Dichte nach DIN EN ISO 17 892-2 oder DIN 18125-2,
- Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14 689-1,
- einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1: "Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern des AK 3.3 "Versuchstechnik Fels",
- Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14 689-1.

Für die Beschreibung der Lockergesteinsdeckschichten (Boden) sind folgende Angaben erforderlich:

- ortsübliche Bezeichnung,
- Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN 18 123,
- Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14 688-1; Bestimmung durch Aussortieren und Vermessen bzw. Sieben, anschließend Wiegen und dann auf die zugehörige Aushubmasse beziehen,
- Dichte nach DIN EN ISO 17 892-2 oder DIN 18 125-2,
- undränierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18 136 oder DIN 18 137-2,
- Wassergehalt nach DIN EN ISO 17 892-1,
- Plastizitätszahl nach DIN 18 122-1,
- Konsistenzzahl nach DIN 18 122-1,
- Lagerungsdichte: Definition nach DIN EN ISO 14 688-2, Bestimmung nach DIN 18 126,
- organischer Anteil nach DIN 18 128 sowie
- Bodengruppen nach DIN 18 196



Die oben genannten Angaben zu fels- bzw. bodenmechanischen Kennwerten sowie die Ableitung der Homogenbereiche erfolgten auf Grundlage der örtlichen visuellen Aufnahme, der Laboruntersuchungen und von Tabellen- bzw. Erfahrungswerten (Grundbau-Taschenbuch, Teil 2).

Einige Angaben zur Beschreibung von Boden sind für die vorliegende Fragestellung von untergeordneter Relevanz und werden daher nur im Bedarfsfall angegeben.

Grundsätzlich sind Homogenbereiche hinsichtlich der vorgesehenen Bauverfahren (insbesondere Erdarbeiten/Lösen von Fels bzw. Boden und Bohrarbeiten) zu definieren. Vorliegend ergeben sich für Bohr- und Erd- bzw. Aushubarbeiten keine unterschiedlichen Homogenbereiche sodass in diesem Fall diesbezüglich keine Differenzierung vorgenommen wurde.

Die im folgenden beschriebenen Homogenbereiche wurden auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse in den Portalbereichen definiert. Über die Verteilung der Homogenbereiche entlang der Vortriebsstrecke und das mögliche Antreffen von Bodenund Felsschichten, die von den beschriebenen Homogenbereichen abweichen, können keine Angaben gemacht werden. Dies betrifft auch das mögliche Antreffen von Störungszonen entlang der Vortriebsstrecke.

4.6.1 <u>Homogenbereich B1 – Deckschichten/(Lockergestein)</u>

Homogenbereich B1 besteht hauptsächlich aus Hangschuttdecken bzw. Fließerden, welche mit größeren Blöcken durchsetzt sind. Es kann mit den Böden dieses Homogenbereiches im Überhangbereich des Südportals sowie des Nordportals gerechnet werden, wobei die Mächtigkeit und die flächige Verteilung im nördlichen Hangbereich größer ist.

In den sandig-grusigen Deckschichten befinden sich zahlreiche Steine und Blöcke in der Lockergesteinsmatrix, welche nach fortschreitender Erosion (z. B. infolge von Niederschlagsereignissen) freigelegt werden können.

Die Böden des Homogenbereiches B1 finden sich im gesamten Untersuchungsgebiet, überwiegend im Nordhang oberhalb des geplanten Nordportals, wo sie die Felsbereiche des Homogenbereiches X1 bzw. X2 überdecken sowie unterhalb von Steilwänden und in Bereichen mit einer Hangneigung ≤ 40°.



Die Böden dieses Homogenbereiches erreichen Mächtigkeiten von in der Regel 0,0 bis 0,7 m und können mit Erdbaugeräten gelöst werden. Im Rahmen der Installation eines Felssicherungsnetzes im Jahr 2012 nahe des geplanten Tunnelportals wurden im Bereich des steilen Hangfußes Deckschichtenmächtigkeiten zwischen 0 und 0,4 m, in flacheren, höher gelegenen Hangbereichen zwischen 0,2 und 0,7 m erbohrt.

4.6.2 Homogenbereich X1 – Gneise kompakt

Der Fels des Homogenbereiches X1 besteht aus einem massigen Gneis mit ausgeprägter metamorpher Schieferung. Diese Schieferung streicht in etwa Richtung westnordwest-ostsüdost und fällt steil nach nordnordost bzw. südsüdwest ein.

Die Kluftflächen streichen Richtung nordnordwest-südsüdost bis nordost-südwest und fallen steil nach südost und nach west ein. Zudem bestehen oberflächenparallele Druckentlastungsklüfte (K1), welche ggf. auf Sprengauflockerung im (südlichen) Untersuchungsbereich zurückzuführen sind. Diese Klüftung besteht mutmaßlich auch im nördlichen Untersuchungsgebiet.

Im Übergangsbereich zum Homogenbereich B1 ist mit einer kleinteilige Klüftung, verbunden mit stärkerer Verwitterung des anstehenden Gesteins, zu rechnen. Es ist zu erwarten, dass Festgestein von der Deckschicht des Homogenbereiches B1 in stark unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert wird.

Die kompakten Gneise dieses Homogenbereiches treten im Bereich des Nord- und des Südportals auf sowie im Bereich des geplanten Tunnels dazwischen, zumindest bereichsweise und in Verbindung mit dem Festgestein des Homogenbereiches X2.

Der kompakte Gneis ist mit mechanischen Mitteln (Greifarbeit und Reißarbeit) nicht lösbar.



4.6.3 Homogenbereich X2 – Gneise zerlegt

Der Fels des Homogenbereiches X2 besteht aus einem massigen Gneis mit ausgeprägter metamorpher Schieferung. Die Fallrichtung und der Fallwinkel der Trennflächen und der Schieferung ist bei dem Festgestein dieses Homogenbereiches mit Homogenbereich X1 vergleichbar.

Aufgrund der engständigeren Klüftung und der geringfügig fortgeschritteneren Verwitterung kann mit geringeren einaxialen Druckfestigkeiten, Spaltzugfestigkeiten sowie Reibungswinkeln auf Kluftflächen als bei dem Festgestein des Homogenbereiches X1 gerechnet werden.

Basierend auf der Druckentlastungsklüftung und der Bohrkernansprache der Bohrung B3 und B4 ist damit zu rechnen, dass der Fels dieses Homogenbereiches im Bereich des Südportals verstärkt vorhanden ist. Die zerlegten Gneise treten mutmaßlich im Bereich des Nordportals, unterhalb von Homogenbereich B1 auf.

Es besteht mutmaßlich keine scharfe Grenze zwischen Homogenbereich X1 und X2 und der Fels dieses Homogenbereiches kann im geplanten Tunnelverlauf zwischen den Tunnelportalen in unregelmäßigen Abständen vorhanden sein.

Eine Lösbarkeit mit mechanischen Mitteln ist bei engständiger Klüftung mit Kluftabständen < 35 cm durch Reißarbeit möglich (gemäß Kommentar zu ZTV E-StB).

4.7 Boden- bzw. felsmechanische Kennwerte

4.7.1 Homogenbereich B1

In der nachfolgenden Tabelle sind geschätzte mittlere bodenmechanische Kennwerte als charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen zusammengefasst. Sie basieren auf örtlichen Erfahrungen sowie den Angaben der DIN 1055 und DIN 1054.



Homogen- bereich	Wichte erd- feucht γ	Wichte unter Auftrieb γ΄	Winkel der in- neren Reibung φ΄	Kohäsion c´	Durchlässigkeits- beiwert k _f
	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[m/s]
B1	19 - 21 ¹⁾	11 - 11,5 ¹⁾	32,5 - 37,5 ¹⁾	-	1·10 ⁻⁵ - 1·10 ^{-8 1)}

Tabelle 4: Bodenmechanische Kennwerte

1) geschätzt nach Erfahrungswerten

Soweit möglich wurden als bodenmechanische Kennwerte vorsichtige Schätzwerte des Mittelwertes nach DIN 4020 angegeben. Sofern in der Tabelle für einzelne Kennwerte Spannen angegeben worden sind, kann im Regelfall mit den Mittelwerten gerechnet werden. Bei Nachweis des Grenzzustandes des Verlustes der Lagesicherheit, des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen sind jedoch die jeweils ungünstigsten Werte anzusetzen.

4.7.2 Homogenbereiche X1 und X2

In den nachfolgenden Tabellen werden felsmechanische Kennwerte auf Grundlage der örtlichen qualitativen bzw. semiquantitativen Aufnahme gemäß DIN EN ISO 14 689-1 aufgeführt.



Tabelle 5: Felsmechanische Kennwerte Teil 1

Homogen- bereich	Ortsübliche Bezeichnung gem. geo- logischer Karte	Benennung nach DIN EN ISO 14 689-1 a) genetische Einheit b) geologische Struktur c) Korngröße d) mineralogische Zusam- mensetzung e) Poren- und Hohlrauman- teil	Dichte ρ [mg/m³]	Wichte γ [kN/m³]	Verfor- mungs- modul V [MN/m²]
X1. Gneise kompakt	Schiefriger Perlgneis	 a) metamorph b) geschiefert c) mittel- bis grobkörnig d) Silikate; Quarz, Feldspat, Glimmer e) ≤ 1 % 	2,6 – 2,8 ¹⁾	26 – 28 ¹⁾	24,5 – 50,0
X2. Gneise zerlegt	Schiefriger Perlgneis	 a) metamorph b) geschiefert c) mittel- bis grobkörnig d) Silikate; Quarz, Feldspat, Glimmer e) ≤ 1 % 	2,3 – 2,8 ¹⁾	23 – 28 ¹⁾	24,5 – 50,0

1) geschätzt nach Erfahrungswerten



Tabelle 6: Felsmechanische Kennwerte Teil 2

Homogen- bereich	Verwitterung / Ver- änderlichkeit gem. DIN 14689, Tab. 15 und Tab. 5 [qualitativ]	Einaxiale Druckfes- tigkeit des Gesteins gem. DIN 14689, Tab. 2, Mittelwert [MN/m ²]	Spaltzugfestig- keit nach DGGT- Empfehlung Nr. 10, AK 3.3, MIttel- wert [MN/m ²]	Abrasivität CAI nach KÄSLING & THURO (2010), MIt- telwert [0,1 mm]
X1. Gneise kompakt	frisch/ nicht veränderlich	49 – 126	7 – 12	2,3 – 3,1
X2. Gneise zerlegt	frisch bis schwach verwittert/ nicht veränderlich	49 – 126	7 – 12	2,3 – 3,1

Tabelle 7: Felsmechanische Kennwerte Teil 3

Homogen- bereich	Trennflächenab- stand	Form des Gesteins	Reibungswinkel, intaktes Gestein Φ	Reibungswinkel auf Trennflächen Φ [°]	
	[qualitativ]	[qualitativ]	[°]		
X1. Gneise kompakt	mittelständig bis weitständig	vielflächig bis pris- matisch, teils tafelförmig	30 – 40 ¹⁾	30 – 35 ¹⁾	
X2. Gneise zerlegt	sehr engständig bis mittelständig	vielflächig bis pris- matisch, teils tafelförmig	30 – 40 ¹⁾	25 – 35 ¹⁾	

1) geschätzt nach Erfahrungswerten



Tabelle 8: Felsmechanische Kennwerte Teil 4

Homogen- bereich	mittlere Fallrichtung / Fallwinkel von Schichtung (S _s), Schieferung (S _f) und Klüftung (K)	Klaffweiten von Trennflächen [qualitativ]	Kluftfüllungen [qualitativ]	Gebirgsdurchlässig- keit nach DIN EN ISO 14689-1
X1. Gneise kompakt	K1: 137/06 K2: 262/84 K3: 150/82 Sr: 010/86	sehr eng bis eng	teils bräunliche Verfärbungen (Eisenoxid)	1.10 ⁻⁶ – 1.10 ^{-9 1)}
X2. Gneise zerlegt	K1: 137/06 K2: 262/84 K3: 150/82 Sr: 010/86	sehr eng bis offen	teils tonig-san- dige Kluftletten	1.10 ⁻⁶ – 1.10 ^{-9 1)}

1) geschätzt nach Erfahrungswerten

Aufgrund lokal vorhandener offener Klüfte ist bereichsweise ein Verlust von Injektionsgut bei der Herstellung von Verpressankern bzw. -nägeln nicht auszuschließen. In Bereichen mit hohem Zerklüftungsgrad wird daher die Verwendung von Geotextilschläuchen ("Ankerstrümpfen") empfohlen.

Aus den oben angegebenen Kennwerten lassen sich auf Grundlage der im Grundbau-Taschenbuch, Teil 2, veröffentlichten Daten die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen mittleren Mantelreibungswerte ableiten.

Die aufgeführten Tabellenwerte stellen Anhaltswerte für die Vorbemessung von Felsnägeln dar. Die tatsächlichen Untergrundverhältnisse können lokal signifikant variieren und sind daher mittels Zugversuchen an repräsentativen Prüfnägeln zu verifizieren.



Tabelle 9:Mantelreibungswerte (aus: Grundbau-Taschenbuch Teil 2, Tab. 3 [6])

a) Verwitterungzustand b) Grad der mineralischen Bindung	Massige Erstar- rungsgesteine und Metamorphite	Konglomerate, Breccien, Sand- stein, Kalkstein, Dolomitstein	Mergelstein, Schluffstein, Ton- stein
c) Trennflächenabstände	Mantelreibung [MN/m²]	Mantelreibung [MN/m²]	Mantelreibung [MN/m²]
a) unverwittert b) sehr gute mineralisch Bindung c) größer 0,5 bis 1,0 m	1,5	1	0,7
a) angewittert b) gute mineralische Bindung c) im Dezimeterbereich (0,1 - 0,2 m)	1	0,7	0,4
a) stark verwittert b) mäßige mineralische Bindung c) im cm-Bereich	0,5	0,3	0,15

Im vorliegenden Fall werden für die Vordimensionierung von Verpressankern in den jeweiligen Homogenbereichen folgende Ausziehwiderstände angegeben:

Homogenbereich X1. Gneise kompakt und X2. Gneise zerlegt:

1,25 MN/m² (Mittelwert aus unverwittertem und angewittertem Gneis)

Aufgrund des sehr heterogenen Aufbaus der oberflächennahen Lockergesteinsschichten können dort die Ausziehwiderstände je nach Grad der Verwitterung und Lagerungsdichte stark variieren.

Zum Zwecke der Vorbemessung wird hierfür ein maximaler Ausziehwiderstand von 35 kN/m im Lockergestein abgeschätzt.

Für die Herstellung von Verpressankern/-nägeln im untersuchten Festgestein sind für die weitere Bemessung Ausziehversuche an Prüfnägeln vorzunehmen, welche den ungünstigsten Fall hinsichtlich der Gebirgsfestigkeit abbilden sollen.



4.8 Grundwasserverhältnisse

Im Untersuchungsgebiet kann mit einem Kluftwasserspiegel etwa auf Höhe des Donaupegels (in der Regel ca. 291 bis 294 m ü. NHN) gerechnet werden. Die geplante Tunneltrasse liegt somit oberhalb des anzunehmenden Kluftwasserspiegels.

Als höchster zu erwartender Grundwasserstand wird mangels Grundwassermessstellen in der Umgebung des Baugeländes behelfsweise der maximal gemessene Donauwasserstand am Donaupegel IIzstadt von 299,02 m ü. NHN (03.06.2013) herangezogen.

Mit Berg- oder Schichtwasser ist nicht in nennenswerten Mengen zu rechnen. Nach längeren Regenperioden sowie nach der Schneeschmelze kann lokal begrenzt oberflächennah versickerndes Niederschlagswasser aus offenen Trennflächen austreten.

Mangels Bergwasseraustritten im Bereich des Untersuchungsgeländes konnte keine Wasserprobe zur Analyse hinsichtlich der Betonaggressivität entnommen werden. Gemäß DIN 4030 gelten saure Wässer mit einem pH-Wert < 6,5 als betonangreifend. Oberflächennahes Grundwasser bzw. Sickerwasser im kristallinen Grundgebirge kann einen pH-Wert von 6,5 unterschreiten. Es ist somit nicht auszuschließen, dass etwaig anfallendes Sicker- bzw. Kluftwasser betonaggressiv wirkt.

Das Gelände liegt außerhalb von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten.



5 <u>SCHLUSSBEMERKUNGEN</u>

Im Zuge der Baugrunduntersuchung wurden Erkundungen niedergebracht und der aufgeschlossene Boden bzw. Fels beurteilt. Die für die Ausschreibung, Planung und Baudurchführung erforderlichen Hinweise und bodenmechanischen Kennwerte wurden erarbeitet und sind im Text- und Anlagenteil dokumentiert.

Die im vorliegenden Gutachten beschriebenen Homogenbereiche wurden auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse in den Portalbereichen definiert. Über die Verteilung der Homogenbereiche entlang der Vortriebsstrecke und das mögliche Antreffen von Boden- und Felsschichten, die von den beschriebenen Homogenbereichen abweichen, können keine Angaben gemacht werden. Dies betrifft auch das mögliche Antreffen von Störungszonen entlang der Vortriebsstrecke. Direkte Aufschlüsse entlang der Vortriebsstrecke waren nicht Teil der Bauftragung.

IFB Eigenschenk ist zu verständigen, falls sich Abweichungen vom vorliegenden Gutachten oder planungsbedingte Änderungen ergeben. Zwischenzeitlich aufgetretene oder eventuell von der Planung abweichend erörterte Fragen werden in einer ergänzenden Stellungnahme kurzfristig nachgereicht.



Bei den durchgeführten Untersuchungen handelt es sich naturgemäß nur um punktförmige Aufschlüsse, weshalb Abweichungen im flächenhaften Anschnitt nicht auszuschließen sind. Eine Überprüfung des Baugrundaufbaus während des Aushubs und eine Inspektion der Baugrubensohle bleibt damit erforderlich. Ohne örtliche Abnahme gilt die Untersuchung des Baugrundes als nicht abgeschlossen.

IFB Eigenschenk GmbH

Dipl.-Geol. Dr. Roland Kunz^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) Geschäftsführer} Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl ⁹⁾ Abteilungsleiter Geotechnik

Dr. Matthias Zeitlhöfler ^{10) 11)} Fachbereichsleiter Hydrogeologie/Georisiken

Guðjón Ólafsson B. Sc. Sachbearbeiter

- ¹⁾ Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Hydrogeologie
- ²⁾ Leiter des Prüflaboratoriums nach DIN EN ISO 17025:2005
- ³⁾ Fachkundiger für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit in kontaminierten Bereichen und Sachkundiger nach DGUV Regel 101-004, Anhang 6 A (BGR 128)
- ⁴⁾ Privater Sachverständiger in der Wasserwirtschaft für thermische Nutzung, Bauabnahme Grundwasserbenutzungsanlagen, Beschneiungsanlagen, Eigenüberwachung von Wasserversorgungsanlagen gemäß § 1 VPSW 2010
- ⁵⁾ zugelassener Probenehmer gemäß § 15 Abs. 4 TrinkwV
- ⁶⁾ Lehrbeauftragter der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg für Gebäuderückbau: Probenahme, Bewertung, Planung (MB-BB-23.1), Masterstudiengang Bauen im Bestand
- 7) Leiter der Untersuchungsstelle gemäß § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz
- ⁸⁾ geprüfter Probenehmer nach LAGA PN 98
- ⁹⁾ Von der Industrie- und Handelskammer für Niederbayern in Passau öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugrunderkundung und Gründung von Hochbauten
- ¹⁰⁾ Privater Sachverständiger in der Wasserwirtschaft für thermische Nutzung (offene Systeme) und Bauabnahme Grundwasserbenutzungsanlagen gemäß § 1 VPSW 2010
- ¹¹⁾ Radon-Fachperson (Fortbildung Bayerisches Landesamt für Umwelt)



FI	ојек	20	JZ 1-0	519 A	uitra	y sz	1128	74	

Anlage 1.1	Planformat: DIN A4
Datum: 30.09.2021	Maßstab 1:7.500

Bearbeiter: Dr. M. Zeitlhöfler





ТЛП

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Ingenieurgeologie

Prof. Dr. Kurosch Thuro 80290 München Sekretariat: +49 89 289 25851 Telefax: +49 89 289 25852 email: thuro@tum.de

Projekt: IFB Eigenschenk Passau - Oberhausberg

Bericht über die Ergebnisse der Laboruntersuchungen

14 Seiten, 6 Abbildung, 5 Tabellen, 3 Anlagengruppen

erstattet an: IFB Eigenschenk Mettener Str. 33 D-94469 Deggendorf

Dr. H. Käsling G. Stockinger M.Sc. Prof. Dr. K. Thuro

München, 24.09.2021

Inhaltsverzeichnis

1		Gegenstand und Veranlassung3					
2		Herkunft und Beschreibung der Proben3					
3		Verwend	ete Unterlagen4	ŀ			
4		Methodik	<	5			
	4.1 Einaxialer Druckversuch						
		4.1.1	Prüfkörpervorbereitung	5			
		4.1.2	Prüfeinrichtung	5			
		4.1.3	Versuchsdurchführung	5			
		4.1.4	Auswertung6	5			
	4.2	2 Spaltzi	ugversuch	3			
		4.2.1	Probenvorbereitung٤	3			
		4.2.2	Versuchsdurchführung	3			
		4.2.3	Belastungseinrichtungen)			
		4.2.4	Versuchsauswertung)			
	4.3	3 CERCH	IAR-Abrasivitätsversuch)			
		4.3.1	Prüfkörpervorbereitung)			
		4.3.2	Prüfeinrichtung10)			
		4.3.3	Versuchsdurchführung11	L			
		4.3.4	Auswertung11	L			
5		Ergebniss	e der Untersuchungen	3			

Anlagen:

Anlage 1:	7 Seiten	Dokumentation der Einaxialen Druckversuche
Anlage 2:	7 Seiten	Dokumentation der Spaltzugversuche
Anlage 3:	7 Seiten	Dokumentation der CERCHAR-Abrasivitätsversuche
1 Gegenstand und Veranlassung

Im Auftrag des Ingenieurbüros IFB Eigenschenk wurden für das Projekt "Passau Oberhausberg" an Festgesteinsproben felsmechanische Untersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungen umfassten die Bestimmung der Einaxialen Druckfestigkeit, der Spaltzugfestigkeit und des CERCHAR-Abrasivitäts-Index. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen.

2 Herkunft und Beschreibung der Proben

Die Proben wurden vom Auftraggeber persönlich an den Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der Technischen Universität München geliefert. Alle verwendeten Proben sowie die durchgeführten Versuchen sind in Tab. 1 aufgeführt.

Herkunft		Brobon Nr	Einaxialer	Spaltzug-	CERCHAR-		
Bohrung	Entnahme- tiefe [m]	Froben-Nr.	Druckversuch	versuch	versuch		
B1N	0,65	IFB-B1/Nord-SPZ-1	-	1	1		
B1N	0,80-1,00	IFB-B1/Nord-1DV-1	1	-	-		
B2N	0,60	IFB-B2Nord-SPZ-2	-	1	1		
B2N	1,05-1,25	IFB-B2/Nord-1DV-2	1	-	-		
B2N	1,65	IFB-B2Nord-SPZ-3	-	1	1		
B2N	1,70-1,90	IFB-B2/Nord-1DV-3	1	-	-		
B3S	0,10	IFB-B3Süd-SPZ-4	-	1	1		
B3S	1,20-1,35	IFB-B3/Süd-1DV-4	1	-	-		
B3S	1,40	IFB-B3Süd-SPZ-5	-	1	1		
B4S	0,10-0,30	IFB-B4/Süd-1DV-5	1	-	-		
B4S	0,35-0,55	IFB-B4/Süd-1DV-6	1	-	-		
B4S	1,10	IFB-B4Süd-SPZ-6	-	1	1		
		Anzahl	6	6	6		

Tab. 1: Probenherkunft sowie Auflistung der durchgeführten Versuche.

3 Verwendete Unterlagen

- [1] MUTSCHLER, T. (2004): Neufassung der Empfehlung Nr. 1 "Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern" des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. – Bautechnik, 81, 825-834.
- [2] OBERT, L. & DUVALL, W. I. (1967): Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock, John Wiley & Sons, New York.
- [3] LEPIQUE, M. (2008): Empfehlung Nr. 10 "Indirekter Druckversuch an Gesteinsproben-Spaltzugversuch" des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik. – Bautechnik, 85: 9, 623-627.
- KÄSLING, H. & PLINNINGER, R. J. (2016): Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik
 Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.: Bestimmung der Abrasivität von
 Gesteinen mit dem CERCHAR-Versuch. Bautechnik, 93, 6: 409-415.
- [5] NF P94-430-1 (2000): Roches Détermination du pouvoir abrasif d'une roche, Partie 1: Essai de rayure avec une pointe (de: Gestein Bestimmung der Schleifwirkung von Gestein, Teil 1: Ritzversuch mit einer Prüfspitze), Paris (AFNOR).
- [6] CENTRE D'ETUDES DE CHARBONNAGES DE FRANCE (1986): The Cerchar Abrasiveness Index. 8 S., 4 Taf., Verneuil.
- [7] ALBER, M., YARALI, O., DAHL, F., BRULAND, A., KÄSLING, H., MICHALAKOPOULOS, T.N., CARDU, M., HAGAN,
 P., AYDIN, H., OZARSLAN, A., (2014): ISRM suggested method for determining the abrasivity of rock
 by the cerchar abrasivity test. Rock Mech. Rock Eng. 47, 261–266.
- [8] WEST, G. (1989): Technical Note: Rock abrasiveness Testing for Tunneling. Int. J. Rock Mech.
 Min. Sci. & Geomech. Abstr., 26, 2: 151-160.
- KÄSLING, H., THIELE, I. & THURO, K. (2007): Abrasivitätsuntersuchungen mit dem Cerchar-Test eine Evaluierung der Versuchsbedingungen. – In: Otto, F. (ed.): Veröffentlichungen von der 16. Tagung für Ingenieurgeologie, 7.-10. März 2007, Bochum. – 492 S., Bochum (Technische Fachhochschule Georg Agricola), 229-235.

4 Methodik

4.1 Einaxialer Druckversuch

An den Prüfkörpern wurde der Einaxiale Druckversuch mit unbehinderter Seitendehnung als Zylinderdruckversuch mit Aufzeichnung der Spannungs-Längsverformungskurve entsprechend der Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. nach MUTSCHLER (2004) [1] mit Versuchsoption 3 durchgeführt. Der Versuch beinhaltet die Ermittlung der Einaxialen Druckfestigkeit σ_u , des Verformungsmoduls Vsowie die Aufzeichnung der kompletten Spannungs-Verformungskurve.

4.1.1 Prüfkörpervorbereitung

Aus den angelieferten Bohrkernabschnitten wurden mit Hilfe einer Diamantgesteinssäge Zylinder mit einem Längen-Durchmesser-Verhältnis von ca. 2:1 formatiert. Die Stirnflächen wurden mit einem Präzisions-Endflächenschleifgerät exakt rechtwinklig zur Prüfkörperachse plan abgeschliffen. Die fertig bearbeiteten Proben wurden auf Rissfreiheit untersucht, es wurde eine Gesteinsbeschreibung angefertigt sowie die Prüfkörpergeometrie vermessen.



4.1.2 Prüfeinrichtung

Abb. 1: Frontansicht der eingesetzten ToniNorm-Druckprüfanlage (nach Herstellervorgaben).

- ① Lastrahmen 1 (2000 kN Nennlast)
- $\ensuremath{\textcircled{}}$ "Powerbox" (hydraulische Anlage)

- ② Lastrahmen 2 (200 kN Nennlast)
- ④ "ToniTrol" Steuereinheit
- ⑤+⑥ Messverstärker für Verformungs- und Kraftaufzeichnung
- \oslash PC mit Steuer- und Auswertesoftware TestXpert

Lastauftrag und Messung der Bruchlast wurden mit einer verformungssteuerbaren Druckprüfanlage vom Typ ToniNorm (Abb. 1) durchgeführt. Die Anlage entspricht den Genauigkeitsanforderungen der Klasse 1 nach DIN 51220/51223. Die Längsverformung wurde mit drei parallel geschalteten, induktiven Wegaufnehmern gemessen und gemeinsam mit der aufgebrachten Last über die Steuer- und Auswertesoftware TestXpert[®] der Firma Zwick/ Roell (Geschäftsbereich: Toni Technik) aufgezeichnet. Die Auswertung inkl. Versuchsprotokoll erfolgt ebenfalls mit Hilfe des Programms TestXpert[®]. Die erhaltenen Protokolle sind in der Anlage 1 beigefügt.

4.1.3 Versuchsdurchführung

Die Belastung erfolgte verformungsgesteuert bis zum Bruch mit einer konstanten Verformungsrate. Aufgrund des duktilen Verhaltens der Probekörper erfolgte kurz nach Erreichen der maximalen Festigkeit die Abschaltung der Maschine. Das Überschreiten der maximalen Festigkeit ist in Anlage 1 an dem Abfall der Spannungs-Verformungskurve sowie den entstandenen Rissen zu erkennen.

4.1.4 Auswertung

Die Einaxiale Druckfestigkeit σ_u errechnet sich aus der maximalen Bruchlast und dem Prüfkörperquerschnitt nach Gleichung 1. Die Bestimmung des Verformungsmoduls V erfolgte bei der Erstbelastung im linearen, elastischen Bereich der Spannungsverformungskurve (Bereich B in Abb. 2) nach Gleichung 3 aus der Differenz der Spannung σ_u sowie der Differenz der Längsdehnung ε_l .

Gleichung 1: Berechnung der einaxialen Druckfestigkeit.

$$\sigma_u = \sigma_{u,\max} = \frac{F}{A}$$

mit σ_u Einaxiale Druckfestikeit [MPa] $\sigma_{u,max}$ maximale axiale Spannung [MPa]FKraft [N]APrüfkörperquerschnittsfläche [mm²]

Entsprechend der Prüfempfehlung (MUTSCHLER, 2004 [1]) für die Bestimmung der Einaxialen Druckfestigkeit an Festgesteinen, soll die Einaxiale Druckfestigkeit σ_u korrigiert werden, wenn das Längen-Durchmesserverhältnis der getesteten Gesteinsproben kleiner als 2:1 ist. Entsprechend der gegebenen Gleichung 2 (nach OBERT & DUVALL, [2]), wurden die Ergebnisse daher wenn notwendig umgerechnet. Die erhaltene korrigierte Einaxiale Druckfestigkeit $\sigma_{u(2)}$ ist der Ergebnistabelle (Tab. 4) zu entnehmen

Gleichung 2: Korrektur der einaxialen Druckfestigkeit aufgrund des Längen-Durchmesser-Verhältnisses.

$$\sigma_{u(2)} = \frac{8 \cdot \sigma_u}{7 + 2 \cdot \frac{d}{l}}$$

mit: $\sigma_{u(2)}$ längenkorrigierte Einaxiale Druckfestigkeit [MPa]

*σ*_u Einaxiale Druckfestigkeit [MPa]

d Durchmesser des Probekörpers [mm]

/ Länge des Probekörpers [mm]

Gleichung 3: Berechnung des Verformungsmoduls während der Erstbelastung.

$$V = \frac{\Delta \sigma_u}{\Delta \varepsilon}$$

mit

V Verformungs- bzw. Erstbelastungsmodul [GPa]
 Δσ Spannungsänderung im linear, elastischen Bereich der Spannungs-Verformungskurve bei der Erstbelastung [MPa]

Δε₁ Änderung der Längsdehnung im linear, elastischen Bereich der Spannungs-Verformungskurve bei der Erstbelastung [-]



Abb. 2: Arbeitslinien eines typisch spröden Prüfkörpers mit der Charakterisierung der maßgeblichen vier Kurvenabschnitte im Spannungs-Längsdehnungsdiagramm sowie Bereiche der Bestimmung des Verformungsmoduls V.

4.2 Spaltzugversuch

Die Spaltzugfestigkeit des Gesteins wurde anhand von Spaltzugversuchen an Zylinderproben nach Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. nach LEPIQUE (2008) [3] ermittelt.

4.2.1 Probenvorbereitung

Es wurden zylinderförmige Probenkörper mit einer wassergekühlten Diamantsäge zugeschnitten, deren Verhältnis von Länge zu Durchmesser (I : d) im Bereich zwischen 0,5 und 1 liegt. Auf eine Bearbeitung der Endflächen kann im Allgemeinen verzichtet werden. Die Maße des Prüfkörpers wurden mit der Schieblehre vermessen. Es werden der Durchmesser sowie die Länge der Probe mittels je drei Messungen bestimmt.

4.2.2 Versuchsdurchführung

Im Spaltzugversuch bzw. Brazilian Test wird die Zugfestigkeit eines Prüfkörpers indirekt über die Spaltzugfestigkeit (σ_t) ermittelt. Dabei wird ein liegender zylindrischer Prüfkörper durch eine Streifenlast längs zweier gegenüberliegender, gerader Mantellinien bis zum Bruch durch Spalten der Probe belastet. Die Zugbeanspruchung tritt dabei rechtwinklig zur Belastungsrichtung auf.

Unter der Kraft F bildet sich bei Gültigkeit des linearen Elastizitätsgesetzes für Streifenlasten in der Belastungsebene eine Spannungsverteilung entsprechend des Diagramms in Abb. 3 aus. Im Schnitt durch die Belastungsebene ist die Vertikalspannung σ_V eine Druckspannung, die Horizontalspannung σ_H ist über ca. 70% des Prüfkörperdurchmessers eine gleichmäßig verteilte Zugspannung. Lediglich in den Krafteinleitungszonen ist σ_H eine Druckspannung.



Abb. 3: Spaltzugversuch; Verlauf der horizontalen Spannungskomponente.

Der Test wird ebenso wie der Einaxiale Druckversuch in der ToniNorm Druckprüfanlage (Abb. 1) durchgeführt. Die für den Einaxialen Druckversuch gemachten Ausführungen gelten daher sinngemäß auch für den Spaltzugversuch. Abweichungen werden im Folgenden dargestellt.

4.2.3 Belastungseinrichtungen

Der Brazilian Test (BT) ist ein modifizierter Spaltzugversuch, bei dem die Last auf einen scheibenförmigen Prüfkörper (Längen-Durchmesserverhältnis 0,5 bis 1:1) geprüft wird. Die Last wird dabei über ein Belastungsjoch aufgebracht (Abb. 4).



Abb. 4: Belastungsjoch und Versuchsanordnung beim Spaltzugversuch bzw. Brazilian Test .

Das Belastungsjoch aus gehärtetem Werkzeugstahl (Mindesthärte HRC 58) ist mindestens so tief wie die Länge des Prüfkörpers; der Radius entspricht etwa dem 1,5-fachen Radius des Prüflings.

Die Last wird abweichend vom Einaxialen Druckversuch im kleinen Lastrahmen aufgebracht, der nur für Lasten bis 200 kN ausgelegt ist.

4.2.4 Versuchsauswertung

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem Programm TestXpert. Das komplette Testprotokoll kann in Anlage 2 eingesehen werden. Die Berechnung der Spaltzugfestigkeit erfolgte dabei wie folgt:

Gleichung 4: Berechnung der Spaltzugfestigkeit.

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot F}{d \cdot l \cdot \pi}$$

mit: σ_t Spaltzugfestigkeit [MPa]

F Bruchkraft [N]

d Durchmesser des Prüfkörpers [mm]

I Länge des Prüfkörpers [mm]

4.3 CERCHAR-Abrasivitätsversuch

An den zwei Proben wurde der CERCHAR-Abrasivitätsversuch nach der Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (KÄSLING & PLINNINGER, 2016) [4] durchgeführt. Die Empfehlung berücksichtigt die französische Norm NF P94-430-1 [5] sowie die grundlegende Beschreibung des Verfahrens nach CERCHAR (1986) [6]. Die Empfehlung Nr. 23 der DGGT [4] ist hinsichtlich Versuchsdurchführung und der Klassifikation konform mit den Angaben in der Empfehlung der International Society for Rock Mechanics (ALBER et al. 2014) [7]. Beim CERCHAR-Versuch wird der CERCHAR-Abrasiviäts-Index (CAI) ermittelt, der für die Klassifizierung der Abrasivität von Festgesteinen herangezogen wird.

4.3.1 Prüfkörpervorbereitung

Für die Prüfung mit dem CERCHAR-Verfahren wurden Spaltstücke mit bruchrauer Oberfläche eingesetzt.

4.3.2 Prüfeinrichtung

Das Prüfgerät vom Typ 2 entspricht dem nach WEST 1989 [8] modifizierten CERCHAR-Versuchsgerät.



Abb. 5: CERCHAR-Versuchsgerät vom Typ "2" zur Ermittlung des CERCHAR-Abrasivität-Index (nach WEST, 1989 [8], verändert).

4.3.3 Versuchsdurchführung

Beim CERCHAR-Abrasivitätsversuch wird ein mit einem statischen Gewicht von 7 kg belasteter Prüfstift mit definierter Geometrie und Härte (HRC 54-56) in jeweils 5 Einzelversuchen über eine Länge von 10 mm über die Oberfläche des Prüfkörpers gezogen. Die Einzelversuche wurden jeweils senkrecht zur Schichtung durchgeführt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche sind in Anlage 3 beigelegt.

4.3.4 Auswertung

Die Abnutzung des Konus wird mit Hilfe eines Auflicht-Binokulars mit Messskala auf eine Genauigkeit von 0,02 mm abgemessen. Entsprechend KÄSLING et. al (2007) [9] werden pro Prüfstift insgesamt 4 orientierte Ablesungen senkrecht aufeinander durchgeführt und hieraus die mittlere Prüfstiftabnutzung als arithmetischer Mittelwert berechnet. Der Cerchar-Abrasivitäts-Index (CAI) [-] bestimmt sich nach Gleichung aus der mittleren Abnutzung aller Stahlstifte.

Gleichung 5: Berechnung des CERCHAR-Abrasiviäts-Index CAI [-].

$$CAI = k \times D_M$$

mit

CAI CERCHAR-Abrasivitäts-Index [-]

- *k* Normierungswert (k = 10), damit CAI ein dimensionsloser Wert ist [mm⁻¹]
- *D_M* mittlere Prüfstiftabnutzung (arithmetischer Mittelwert der Prüfstiftabnutzung aller Einzelversuche [mm]

Die Bewertung der Abrasivität kann entweder nach CERCHAR (1986) (Tab. 2) oder nach den beiden aktuellen Empfehlungen der ISRM [7] bzw. DGGT [4] nach Tab. 3 durchgeführt werden. Zu beachten sind die unterschiedlichen Grenzen der einzelnen Klassen.

Tab. 2: Klassifizierung der Abrasivität beim CERCHAR-Versuch nach CERCHAR (1986) [6].

CAI	Classification	Bezeichnung
0,3-0,5	not very abrasive	kaum abrasiv
0,5-1,0	slightly abrasive	schwach abrasiv
1,0-2,0	medium abrasiveness	abrasiv
2,0-4,0	very abrasive	sehr abrasiv
4,0-6,0	extremely abrasive	extrem abrasiv

Tab. 3:Klassifizierung der Abrasivität nach DGGT-Empfehlung "Bestimmung der Abrasivität von Gesteinen mit
dem CERCHAR-Versuch" (Käsling & Plinninger, 2016) [4].

Klassifizierung
extrem niedrig
sehr niedrig
niedrig
mittel
hoch
sehr hoch
extrem hoch

5 Ergebnisse der Untersuchungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchungen an der Technischen Universität München beschrieben. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 und Tab. 5 zusammengefasst und ausführlich in den Formblättern in den Anlagen 1 bis 3 zu diesem Bericht dargestellt.

He	erkunft		Einaxiale festiç	e Druck- gkeit	Verformungs- modul	Spaltzug- festigkeit
Bohrung	Entnahme- tiefe [m]	Proben-Nr.	_{σu} [MPa]	σ _{u(2)} [MPa]	V [GPa]	σ _t [MPa]
B1N	0,65	IFB-B1/Nord-SPZ-1	-	-	-	9,4
B1N	0,80-1,00	IFB-B1/Nord-1DV-1	125,9 ¹⁾	125,7	49,98	-
B2N	0,60	IFB-B2Nord-SPZ-2	-	-	-	5,2 ³⁾
B2N	1,05-1,25	IFB-B2/Nord-1DV-2	90,5 ¹⁾	88,8	36,18	-
B2N	1,65	IFB-B2Nord-SPZ-3	-	-	-	12,0
B2N	1,70-1,90	IFB-B2/Nord-1DV-3	104,0 ¹⁾	101,9	38,62	-
B3S	0,10	IFB-B3Sued-SPZ-4	-	-	-	2,2 ³⁾
B3S	1,20-1,35	IFB-B3/Süd-1DV-4	53,5 ¹⁾	49,3	17,58 ²⁾	-
B3S	1,40	IFB-B3Sued-SPZ-5	-	-	-	7,0
B4S	0,10-0,30	IFB-B4/Süd-1DV-5	52,9 ¹⁾	52,7	24,5	-
B4S	0,35-0,55	IFB-B4/Süd-1DV-6	70,8 ¹⁾	67,0	27,31 ²⁾	-
B4S	1,10	IFB-B4Sued-SPZ-6	-	-	-	7,0
		Min	49	,3	24,50	7,0
		Mittel	80	,9	37,32	8,9
		Median	77	,9	37,40	8,2
		Max	125	5,7	49,98	12,0

Tab. 4: Ergebnisse der einaxialen Druckversuche sowie der Spaltzugve	ersuche.
--	----------

Legende: ¹⁾ Längen-Durchmesser-Verhältnis der Probe kleiner 2; Einaxiale Druckfestigkeit daher nach Gleichung 2 korrigiert.

²⁾ Längen-Durchmesserverhältnis des Probekörpers kleiner 1,5; Verformungsmodul nur informativ, aus Statistik ausgeschlossen.

³⁾ ungültiger Versuch, da kein Trennbruch zwischen den Lasteinleitstreifen, aus Statistik ausgeschlossen.

Aufgrund des Zerlegungsgrades der vorliegenden Bohrkerne konnten keine Probekörper mit einem Längen-Durchmesserverhältnis von größer 2:1 gewonnen werden. Daher mussten alle Einaxialen Druckfestigkeiten nach Gleichung 2 korrigiert werden. Wie in Anlage 1 auf den Laborformblättern zudem vermerkt ist, haben grundsätzlich alle Probekörper an einer vorgezeichneten Schwächezone (Riss, Schieferung) versagt. Es handelt sich somit ausschließlich um strukturelle Versagenstypen und die im Versuch gewonnene Druckfestigkeit ist beeinflusst durch Gebirgseinflüsse und entspricht damit nicht der Einaxialen Druckfestigkeit des Gesteins.

Die mittlere, längenkorrigierte **Einaxiale Druckfestigkeit** aller Proben liegt bei **80,9 MPa** (Minimum: 49,3 MPa; Median: 77,9 MPa; **Maximum: 125,7 MPa**). Erfahrungsgemäß entspricht der Maximalwert in etwa dem Erwartungswert der Einaxialen Druckfestigkeit für vergleichbare Gneise von 100 bis ca. 160 MPa.

Die Verformungsmoduli streuen zwischen 36,18 und 49,98 GPa und zeigen damit charakteristische Werte für glimmerreiche Gneise.

Die **Spaltzugfestigkeit** der Proben liegt im **Mittel** bei **8,9 MPa** (Minimum: 7,0 MPa; Median: 8,2; Maximum: 12,0 MPa). Zwei Versuche sind als ungültig zu werten, weil die Probekörper bei Belastung nicht empfehlungskonform entlang eines Trennbruches durch die Lasteinleitstreifen versagt haben, sondern sich entlang vorgezeichneter, wohl durch die Verwitterung aufgelockerter Risse zerlegt haben. Auch dies zeigt auf, wie wichtig die Einflüsse der Verwitterung bzw. der Trennflächen in dem vorliegenden Gebirge ist.

Der **CERCHAR-Abrasivitäts-Index (CAI)** der Proben liegt im Mittel bei **2,8** und kann nach CERCHAR (1986) [6] als **sehr abrasiv** klassifiziert werden. Nach der aktuellen Empfehlung der DGGT (KÄSLING & PLINNINGER, 2016) [4] ist die Abrasivität des Gesteins als **mittel** (an der Grenze zu hoch) zu klassifizieren. Zu beachten sind die grundsätzlich hohen Standardabweichungen der Ergebnisse, was auf die Heterogenität der Proben, durch die Korngröße, den Mineralgehalt und ggfs. die Verwitterung verstärkt wird.

He	erkunft			CERCH	AR-Abrasivitäts-I	ndex	
Bohrung	Entnahme- tiefe [m]	Proben-Nr.	CAI [-] Standard- abweichung		Klassifikation nach CERCHAR (1986) [3]	Klassifikation nach Käsling & Plinninger (2016) [1]	
B1N	0,65	IFB-B1/Nord-SPZ-1	3,1	1,05	sehr abrasiv	hoch	
B2N	0,60	IFB-B2Nord-SPZ-2	3,0	0,67	sehr abrasiv	hoch	
B2N	1,65	IFB-B2Nord-SPZ-3	2,6	0,33	sehr abrasiv	mittel	
B3S	0,10	IFB-B3Sued-SPZ-4	2,3	1,07	sehr abrasiv	mittel	
B3S	1,40	IFB-B3Sued-SPZ-5	2,6	0,47	sehr abrasiv	mittel	
B4S	1,10	IFB-B4Sued-SPZ-6	3,0	0,97	sehr abrasiv	hoch	
		Min	2,3	-	sehr abrasiv	mittel	
		Mittel	2,8	-	sehr abrasiv	mittel	
		Median	2,8	-	sehr abrasiv	mittel	
		Max	3,1	-	sehr abrasiv	hoch	

Tab. 5: Ergebnisse der CERCHAR-Abrasivitätsversuche.

München, 24. Sept 2021

Dr. Heiko Käsling

M.Sc. Georg Stockinger

M. Muro

Prof. Dr. Kurosch Thuro



Projekt:

IFB Eigenschenk Passau - Oberhausberg

Dokumentation der Einaxialen Druckversuche

Anlage 1



Zylinderdruckversuch nach Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2004)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	B1N (0,8-1,0 m)	Proben-ID	:	IFB-B1/Nord-1DV-1
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	22.09.2021
Entnahme-Bearb.	:	-	Bearb.Test/Auswert.	:	Käsling

Gesteinsbeschreibung : grauer mittelkörniger Gneis

 Inhomogenitäten, Trennflächen :
 deutlich ausgebildete Schieferung; deutlich rostbraune Verwitterungsspuren
 Größtkorn [mm] :

 Wassergehalt [%] :

l mm	d mm	l/d	A mm²	Masse	ρ a/cm³	σ₁(V) MPa	σ₂(V) MPa	ε _{l1}	E12 %	ει,∪ %	V GPa	σ _u MPa
185,3	93,7	1,98	6898,0	3513,3	2,749	60,0	75,0	0,1447	0,1747	0,2903	49,98	125,9



Versuchsparameter:

Prüfgeschw. : 0,13 mm/min

Winkel/Trennfl. [°] : 60

Versuchsablauf:

Versagen entlang vorgezeichnetem, angewittertem Riss parallel zur Schieferung; Strukturelles Versage entlang einer vorgezeichneten Schwächezone

Besonderheiten:





Zylinderdruckversuch nach Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2004)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	B2N (1,05-1,25 m)	Proben-ID	:	IFB-B2/Nord-1DV-2
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	22.09.2021
Entnahme-Bearb.	:	-	Bearb.Test/Auswert.	:	Käsling

Gesteinsbeschreibung : grauer mittelkörniger Gneis

 Inhomogenitäten, Trennflächen :
 deutlich ausgebildete Schieferung; deutlich rostbraune Verwitterungsspuren
 Größtkorn [mm] :

 Wassergehalt [%] :

 mm	d	l/d	A mm ²	Masse	ρ α/cm³	σ ₁ (V) MPo	σ ₂ (V)	EI1 9/2	ει2 0/	81,U 94	V	σu MPa	
111111	111111			g	g/cm	IVIFa	IVIFa	70	70	70	GFa	IVIFa	Ĺ
163,1	93,8	1,74	6902,9	3105,5	2,758	25,0	35,0	0,1139	0,1460	0,3271	31,12	90,5	



Versuchsparameter:

Prüfgeschw. : 0,10 mm/min

Winkel/Trennfl. [°]: 45

Versuchsablauf:

Versagen entlang vorgezeichnetem Riss parallel zur Schieferung; Strukturelles Versagen entlang einer vorgezeichneten Schwächezone

Besonderheiten:





Zylinderdruckversuch nach Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2004)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	B2N (1,7-1,9 m)	Proben-ID	:	IFB-B2/Nord-1DV-3
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	22.09.2021
Entnahme-Bearb.	:	-	Bearb.Test/Auswert.	:	Käsling

Gesteinsbeschreibung : grauer mittelkörniger Gneis

 Inhomogenitäten, Trennflächen :
 deutlich ausgebildete Schieferung; deutlich rostbraune Verwitterungsspuren
 Größtkorn [mm] :

 Wassergehalt [%] :

I	d	l/d	Α	Masse	ρ	σ ₁ (V)	σ ₂ (V)	£I1	£12	EI,U	V	σι
mm	mm		mm²	g	g/cm³	MPa	MPa	%	%	%	GPa	MPa
161,0	93,8	1,72	6910,3	3051,4	2,743	45,0	60,0	0,1757	0,2154	0,3395	37,71	104,0



Versuchsparameter:

Prüfgeschw. : 0,10 mm/min

Winkel/Trennfl. [°] : 50

Versuchsablauf:

Versagen entlang vorgezeichnetem, angewittertem Riss parallel zur Schieferung; Strukturelles Versage entlang einer vorgezeichneten Schwächezone

Besonderheiten:





Zylinderdruckversuch nach Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2004)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	B3S (1,2-1,35 m)	Proben-ID	:	IFB-B3/Süd-1DV-4
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	22.09.2021
Entnahme-Bearb.	:	-	Bearb.Test/Auswert.	:	Käsling

Gesteinsbeschreibung : grauer mittelkörniger Gneis

 Inhomogenitäten, Trennflächen :
 deutlich ausgebildete Schieferung; deutlich rostbraune Verwitterungsspuren
 Größtkorn [mm] :

 Wassergehalt [%] :

I	d	l/d	A	Masse	ρ	σ1(V)	σ ₂ (V)	£I1	£12	EI,U	V	σι
mm	mm		mm²	g	g/cm³	MPa	MPa	%	%	%	GPa	MPa
111,1	93,7	1,19	6898,0	2109,3	2,752	23,0	33,0	0,1422	0,1991	0,3669	17,58	53,5



Versuchsparameter:

Prüfgeschw. : 0,08 mm/min

Winkel/Trennfl. [°] : -

Versuchsablauf:

Versagen entlang vorgezeichnetem Riss parallel zur Schieferung; Strukturelles Versagen entlang einer vorgezeichneten Schwächezone

Besonderheiten:

Längen-Durchmesserverhältnis < 1,5! Bestimmung des Verformungsmoduls nur informativ





Zylinderdruckversuch nach Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2004)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	B4S (0,1-0,3 m)	Proben-ID	:	IFB-B4/Süd-1DV-5
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	22.09.2021
Entnahme-Bearb.	:	-	Bearb.Test/Auswert.	:	Käsling

Gesteinsbeschreibung : grauer mittelkörniger Gneis

 Inhomogenitäten, Trennflächen :
 deutlich ausgebildete Schieferung; deutlich rostbraune Verwitterungsspuren
 Größtkorn [mm] :

 Wassergehalt [%] :

I	d	l/d	Α	Masse	ρ	σ1(V)	σ ₂ (V)	EI1	£12	EI,U	V	σι
mm	mm		mm²	g	g/cm³	MPa	MPa	%	%	%	GPa	MPa
180,8	93,7	1,93	6900,5	3421,6	2,742	25,0	35,0	0,1208	0,1616	0,2460	24,50	52,9



Versuchsparameter:

Prüfgeschw. : 0,10 mm/min

Winkel/Trennfl. [°] : -

Versuchsablauf:

Versagen entlang vorgezeichnetem Riss parallel zur Schieferung; Strukturelles Versagen entlang einer vorgezeichneten Schwächezone

Besonderheiten:





Zylinderdruckversuch nach Empfehlung Nr. 1 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2004)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	B4S (0,35-0,55 m)	Proben-ID	:	IFB-B4/Süd-1DV-6
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	22.09.2021
Entnahme-Bearb.	:	-	Bearb.Test/Auswert.	:	Käsling

Gesteinsbeschreibung : grauer mittelkörniger Gneis

Inhomogenitäten, Trennflächen :	deutlich ausgebildete Schieferung;	Größtkorn [mm] : -
	deutlich rostbraune Verwitterungsspuren	Wassergehalt [%] :

Ι	d	l/d	Α	Masse	ρ	σ ₁ (V)	σ ₂ (V)	EI1	£12	€I,U	V	σι
mm	mm		mm²	g	g/cm³	MPa	MPa	%	%	%	GPa	MPa
129,2	2 93,8	1,38	6912,7	2429,9	2,722	23,0	33,0	0,1300	0,1695	0,3823	25,31	70,8



Versuchsparameter:

Prüfgeschw. : 0,08 mm/min

Winkel/Trennfl. [°] : -

Versuchsablauf:

Versagen entlang vorgezeichnetem Riss parallel zur Schieferung; Strukturelles Versagen entlang einer vorgezeichneten Schwächezone

Besonderheiten:

Längen-Durchmesserverhältnis < 1,5! Bestimmung des Verformungsmoduls nur informativ





Projekt:

IFB Eigenschenk Passau - Oberhausberg

Dokumentation der Spaltzugversuche

Anlage 2



Spaltzugversuch

Indirekter Zugversuch entsprechend Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2008)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	Passau - Oberhausberg Nord	Proben-ID	:	IFB-B1/Nord-SPZ-1
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	02.09.2021
Entnahme-Bearb.	:		Bearb.Test/Auswertung	:	Stockinger

Gesteinsbeschreibung : grauer Gneis

Inhomogenitäten, Trennflächen : -

Größtkorn [mm] : 3

Wassergehalt [%] : -

ID		d	l/d	Masse	ρ	Bel.fall [Nr.]	Fm	σ_t
	mm	mm		g	g/cm³		kN	MPa
IFB-B1/Nord-SPZ-1	50,0	93,7	0,5	926,4	2,687	1	69,10	9,4



IFB-B1Nord-SPZ-1.ZSE



 α = Winkel Trennflächenebene/Prüfkörperachse, β = Winkel Trennflächenebene/Belastungsrichtung

Spaltzugversuch

Indirekter Zugversuch entsprechend Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2008)



IFB-B2Nord-SPZ-2 bearbeitet.ZSE

α = Winkel Trennflächenebene/Prüfkörperachse, β = Winkel Trennflächenebene/Belastungsrichtung



Spaltzugversuch

Indirekter Zugversuch entsprechend Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2008)

Projekt	:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg	Gestein	:	Gneis
Entnahmeort	:	Passau - Oberhausberg Nord	Proben-ID	:	IFB-B2Nord-SPZ-3
Entnahmedatum	:	-	Datum des Tests	:	02.09.2021
Entnahme-Bearb.	:		Bearb.Test/Auswertung	:	Stockinger

Gesteinsbeschreibung : grauer Gneis, z.T. größere Pyritkristalle

Inhomogenitäten, Trennflächen :

Größtkorn [mm] : 3

Wassergehalt [%] : -

ID	I	d	l/d	Masse	ρ	Bel.fall [Nr.]	Fm	σ_t
	mm	mm		g	g/cm³		kN	MPa
IFB-B2Nord-SPZ-3	52,3	93,7	0,6	997,1	2,767	1	92,53	12,0





 $\alpha = \text{Winkel Trennflächenebene/Prüfkörperachse}, \\ \beta = \text{Winkel Trennflächenebene/Belastungsrichtung}$

Spaltzugversuch

Indirekter Zugversuch entsprechend Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2008)

	9	• •	0				· · · ·
Projekt Entnahmed Entnahmed Entnahme-	: IFB Eigens ort : Passau - C datum : - Bearb. :	schenk - Oberha)berhausberg S	ausberg üd	Gestein Proben-II Datum de Bearb.Te) es Tests st/Auswertung	: Gne : IFB : 02.0 g : Sto	eis -B3Sued-SPZ-4 09.2021 ckinger
Gesteinsbe	eschreibung : graue	r Gneis, z.T. grö	ößere Pyritl	kristalle			
Inhomoger	nitäten, Trennflächen	: durchzogen mit deutlich	von Kluftne angewittert	etzwerk, en Trennfläc	chen	Größtko Wasserg	rn [mm] : 3 gehalt [%] : -
					1		
	ID	l d mm mm	l/d Ma	asse p	Bel.fall [Nr.]	F _m kN	σ _t MPa
	IFB-B3Sued-SPZ-4	42,4 93,8	0,5 77	<u>g g/cm</u> 73,4 2,643	1	13,84	2,2
				Probe: Datum: Maßstab:	Spaltzugversuch IFB-B3/Süd-SPZ-4 September 2021		
				Probe: Datum: Maßstab:	Spaltzugversuch IFB-B3/Süd-SPZ-4 September 2021		
Sonderfall α =90°, β =0°	$\begin{bmatrix} \text{Zugfestigkeit} \\ \text{parallel} \\ \alpha = 0^{\circ}, \beta = 90^{\circ} \\ \hline 2 \\ 2 \\$	Zugfest rechtw α=0°, β	igkeit inklig B=0° 3	Zugfestigkeit (1) <> (2) $0^{\circ} < \alpha < 90^{\circ}, \beta = 90^{\circ}$	Zugfe (1) < $\alpha, \beta = 0^{\circ},$	estigkeit \rightarrow (3) $0^{\circ} < \gamma < 90^{\circ}$ 5 7 7 7 7 7 7 7 7	Scherfestigkeit (2) <> (3) $\alpha = 0^{\circ}, 0^{\circ} < \beta < 90^{\circ}$

 α = Winkel Trennflächenebene/Prüfkörperachse, β = Winkel Trennflächenebene/Belastungsrichtung

IFB-B3Sued-SPZ-4.ZSE



Spaltzugversuch

Indirekter Zugversuch entsprechend Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2008)

Projekt:IFB Eigenschenk - OberhausbergGestein:GneisEntnahmeort:Passau - Oberhausberg SüdProben-ID:IFB-B3Sued-SPZ-5Entnahmedatum:-Datum des Tests:02.09.2021Entnahme-Bearb.::Stockinger											
Gesteinsbeschreibung : grauer Gneis, z.T. größere Pyritkristalle											
Inhomoger	Inhomogenitäten, Trennflächen : durchzogen von zwei Klüften, Belastung senkrecht auf offenere Größtkorn [mm] : 3 Wassergehalt [%] : -										
						_					
	ID	l d mm mm	I/d Masse	ρ Bel.fa	all [Nr.] F _m	σ _t MPa					
	IFB-B3Sued-SPZ-5	52,7 93,8	0,6 979,7	2,693	1 54,02	7,0					
				Spaltzugvers	gversuch Sud-SPZ-5 heer 2021 1 cm						
			Prob Datu Maßs	e: FP-533443 m: September 2 stab: 1 cr	n						
Sonderfall	Zugfestigkeit parallel	Zugfestig rechtwir	gkeit Zugfe hklig (1) <	estigkeit <> (2) :90° 8=90°	Zugfestigkeit (1) <> (3) $\alpha \beta = 0^{\circ} 0^{\circ} < \omega < 0^{\circ}$	Scherfestigkeit (2) <> (3)					
					α,p = 0°, 0° < γ < 90 ⁰						
a = Winkel Trennfi	ichenebene/Prüfkörperachse, β = Winkel 7	rennflächenebene/Belastungsr		kel Trennflächenebene/Prü	üfkörperachse, β = Winkel Tre	nnflächenebene/Belastungsrichtung					



Spaltzugversuch

Indirekter Zugversuch entsprechend Empfehlung Nr. 10 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2008)

Projekt:IFB Eigenschenk - OberhausbergGestein:GneisEntnahmeort:Passau - Oberhausberg SüdProben-ID:IFB-B4Sued-SPZ-6Entnahmedatum:-Datum des Tests:02.09.2021Entnahme-Bearb.:Stockinger:Stockinger											
Gesteinsbeschreibung : grauer Gneis, z.T. größere Pyritkristalle											
Inhomogenitäten, Trennflächen : durchzogen von zwei Klüften, Belastung senkrecht auf offenere Größtkorn [mm] : 3 Wassergehalt [%] : -											
ID	l d	I/d Masse	ρ	Bel.fall [Nr.]	F _m	σ _t MPo					
IFB-B4Sued-SP	2-6 53,9 93,8	0,6 1011,0) 2,717	1	55,58	7,0					
			Probe: Datum: Maßstab:	paltzugversuch IFB-B4/Süd-SPZ-6 September 2021 1 cm							
			robe: atum: laßstab:	paltzugversuch IFB-B4/Süd-SPZ-6 September 2021							
Sonderfall Zugfestig paralle $\alpha = 90^{\circ}, \beta = 0^{\circ}$ $\alpha = 0^{\circ}, \beta $	eit Zugfes recht p ^o α=0 ^o , 2 2 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	stigkeit Zug winklig (1) $\beta = 0^{\circ}$ $0^{\circ} < \alpha$ 3 α = W	ffestigkeit <> (2) <90°, β=90°	Zugfes (1) < $\alpha,\beta = 0^{9}, 0$	tigkeit \rightarrow (3) $p^{\circ} < \gamma < 90^{\circ}$ 5 2 2 3 = Winkel Tren	ci ai Inflächenebenev/	Echerfestigkeit (2) <> (3) $=0^{\circ}, 0^{\circ} < \beta < 90^{\circ}$ 6 6 6 6 6 6 6 6				



Projekt:

IFB Eigenschenk Passau - Oberhausberg

Dokumentation der CERCHAR-Abrasivitätsversuche

Anlage 3



zur Bestimmung der Abrasivität von Festgesteinen nach Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2016)

Projekt: Entnahmeort: Entnahmedatum: Entnahme durch:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg B1N (0,65 m) - IFB Eigenschenk			Gestein: Proben-Nr.: Versuchsdatum: Bearbeiter:		Gneiss IFB-B1/Nord-CAI-1 05.09.2021 Stockinger	
Gesteinsbeschreihung	grauer mi	Zus Prüfob	tand der erfläche	rau gesägt	x o	Schichtung/ Schieferung:	senkrecht: x parallel: o
ocstemsbesetneibung.	deutlich g	geschiefer	t, teils de	utlich an	Rissen an	gewittert	
Lagerung der Prüfkörper: Probenlager TUM						Wasserg	gehalt: lufttrocken
Einzelversuch-Nr.	1	2	3	4	5		
Prüfstift-Nr.	190	180	112	101	194		
Ablesung 1 [mm]	0,24	0,28	0,20	0,48	0,44		
Ablesung 2 [mm]	0,24	0,12	0,26	0,50	0,28		
Ablesung 3 [mm]	0,22	0,20	0,22	0,46	0,32		
Ablesung 4 [mm]	0,22	0,20	0,30	0,48	0,44		
mittl. Abnutzung [mm]	0,23	0,20	0,25	0,48	0,37		
durchschnittl. Abnutzung	g [mm] :		0,31				
Cerchar-Abrasivitäts-Index (CAI) [] :		3,1					
Standardabweichung σ =			1,05	Sta	ndardfeh	ler s _m = 0,47	



Bemerkungen:

Prüfstifte gefertigt aus Werkstoff 1.2210 (115CrV3) mit Rockwell-Härte HRC 54 bis 56



zur Bestimmung der Abrasivität von Festgesteinen nach Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2016)

Projekt: Entnahmeort: Entnahmedatum: Entnahme durch:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg B2N (0,6 m) - IFB Eigenschenk				Gestein: Proben- Versuch Bearbeit	: Nr.: sdatum: ter:	Gneis IFB-F 05.09 Stock	s 32/Nord-CAI-2 .2021 inger
Gesteinsbeschreibung:	grauer m deutlich ş	Zus Prüfob ittelkörnig geschiefer	tand der erfläche ger Gneis t, teils der	rau gesägi utlich an	x o Rissen an	Schichtu Schieferu gewittert	ng/ ng:	senkrecht: x parallel: o
Lagerung der Prüfkörper:	Probenla	ger TUM				Wass	ergehalt:	lufttrocken
Einzelversuch-Nr.	1	2	3	4	5			
Prüfstift-Nr.	124	136	126	143	128			
Ablesung 1 [mm]	0,40	0,34	0,44	0,20	0,18			
Ablesung 2 [mm]	0,32	0,34	0,36	0,28	0,22			
Ablesung 3 [mm]	0,28	0,30	0,40	0,24	0,18			
Ablesung 4 [mm]	0,34	0,26	0,34	0,32	0,18			
mittl. Abnutzung [mm]	0,34	0,31	0,39	0,26	0,19	J		
durchschnittl. Abnutzun	g [mm] :		0,30					
Cerchar-Abrasivitäts-I	ndex (C	AI)[]:	3,0					
Standa	rdabweicł	nung σ =	0,67	Sta	ndardfeh	ller s _m = 0,3	0	
							CERC	HAR-

Abrasivitätsversuch Probe: IFB-B2/Nord-CAI-2 Datum: September 2021 Maßstab: 1 cm

Bemerkungen:

Prüfstifte gefertigt aus Werkstoff 1.2210 (115CrV3) mit Rockwell-Härte HRC 54 bis 56



zur Bestimmung der Abrasivität von Festgesteinen nach Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2016)

Projekt: Entnahmeort: Entnahmedatum: Entnahme durch:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg B2N (1,60 m) - IFB Eigenschenk				Gestein: Proben-Nr.: Versuchsdatum: Bearbeiter:		Gneiss IFB-B2/Nord-CAI-3 05.09.2021 Stockinger	
Gesteinsbeschreibung:	Zustand der rau Prüfoberfläche gesägt grauer mittelkörniger Gneis deutlich geschiefert, teils deutlich an l				x : o Rissen an	Schichtung Schieferung gewittert	/ :	senkrecht: x parallel: o
Lagerung der Prüfkörper:	Probenlag	ger TUM				Wasser	gehalt:	lufttrocken
Einzelversuch-Nr.	1	2	3	4	5			
Prüfstift-Nr.	106	158	113	188	183			
Ablesung 1 [mm]	0,22	0,36	0,18	0,30	0,24			
Ablesung 2 [mm]	0,32	0,30	0,20	0,30	0,22			
Ablesung 3 [mm]	0,20	0,24	0,24	0,30	0,30			
Ablesung 4 [mm]	0,18	0,26	0,24	0,30	0,30			
mittl. Abnutzung [mm]	0,23	0,29	0,22	0,30	0,27			
durchschnittl. Abnutzun	g [mm] :		0,26					
Cerchar-Abrasivitäts-Index (CAI) [] :								
Standa	0,33	Sta	ndardfeh	ller s _m = 0,15				

Bemerkungen:

Prüfstifte gefertigt aus Werkstoff 1.2210 (115CrV3) mit Rockwell-Härte HRC 54 bis 56

Probe:

Datum:

Maßstab:

CERCHAR-Abrasivitäts-

versuch IFB-B2/Nord-CAI-3

September 2021

1 cm



zur Bestimmung der Abrasivität von Festgesteinen nach Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2016)

Projekt: Entnahmeort: Entnahmedatum: Entnahme durch:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg B3S (0,1 m) - IFB Eigenschenk			Gestein: Proben-Nr.: Versuchsdatum: Bearbeiter:		Gneis IFB-I 05.09 Stock	Gneiss IFB-B3/Süd-CAI-4 05.09.2021 Stockinger	
Gesteinsbeschreibung:	Zustand der rau Prüfoberfläche gesägt grauer mittelkörniger Gneis deutlich geschiefert, teils deutlich an I					Schichtu Schieferu gewittert	ng/ ng:	senkrecht: x parallel: o
Lagerung der Prüfkörper:	Probenlag	ger TUM				Wass	ergehalt:	lufttrocken
Einzelversuch-Nr.	1	2	3	4	5			
Prüfstift-Nr.	183	178	115	192	119			
Ablesung 1 [mm]	0,44	0,10	0,16	0,24	0,22			
Ablesung 2 [mm]	0,40	0,12	0,18	0,22	0,24			
Ablesung 3 [mm]	0,50	0,14	0,18	0,22	0,22			
Ablesung 4 [mm]	0,40	0,18	0,10	0,18	0,24			
mittl. Abnutzung [mm]	0,44	0,14	0,16	0,22	0,23			
durchschnittl. Abnutzun	g [mm] :		0,23					
Cerchar-Abrasivitäts-I	ndex (C/	AI) []:	2,3					
Standa	1,07	Sta	ndardfeh	ller s _m = 0,4	.8			

Bemerkungen:

Prüfstifte gefertigt aus Werkstoff 1.2210 (115CrV3) mit Rockwell-Härte HRC 54 bis 56

Probe:

Datum:

Maßstab:

CERCHAR-Abrasivitätsversuch IFB-B3/Süd-CAI-4

September 2021

1 cm



zur Bestimmung der Abrasivität von Festgesteinen nach Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2016)

Projekt: Entnahmeort: Entnahmedatum: Entnahme durch:	IFB Eigen B3S (1,4 - IFB Eigen	nschenk - m) nschenk	Oberhaus	berg	Gestein:GneissProben-Nr.:IFB-B3/Süd-CAI-5Versuchsdatum:05.09.2021Bearbeiter:Stockinger			
Gesteinsbeschreibung: Lagerung der Prüfkörper:	Zustand der ra Prüfoberfläche gesä grauer mittelkörniger Gneis deutlich geschiefert, teils deutlich a Probenlager TUM				x o Rissen an	Schichtung/ Schieferung: gewittert Wasserg	senkrecht: x parallel: o ehalt: lufttrocken	
	1	2	2	4	E	Ū		
Drüfetift Nr	155	2 180	3 1/0	4	5 100			
Ablesung 1 [mm]	0.30	0.22	0.42	0.30	0.30			
Ablesung 2 [mm]	0,50	0,22	0,42	0,30	0,36			
Ablesung 3 [mm]	0,18	0,24	0,32	0,30	0,28			
Ablesung 4 [mm]	0,22	0,28	0,30	0,18	0,24			
mittl. Abnutzung [mm]	0,22	0,24	0,35	0,24	0,27			
durchschnittl. Abnutzun	g [mm] :		0,26					
Cerchar-Abrasivitäts-I	ndex (C/	AI) []:	2,6					
Standa	rdabweich	nung σ =	0,47	Sta	ndardfeh	ler s _m = 0,21		
				1	Probe:	CERC Abras vers IFB-B3/5	CHAR- ivitäts- such süd-CAI-5	

Bemerkungen:

Prüfstifte gefertigt aus Werkstoff 1.2210 (115CrV3) mit Rockwell-Härte HRC 54 bis 56

Datum:

Maßstab:

September 2021

1 cm



ſ

٦

Cerchar-Abrasivitätsversuch

zur Bestimmung der Abrasivität von Festgesteinen nach Empfehlung Nr. 23 des Arbeitskreises 3.3 der DGGT (2016)

Projekt:	IFB Eigenschenk - Oberhausberg				Gestein:	Gneiss					
Entnahmeort:	B4S (1,1	m)			Proben-N	lr.:	IFB-B4/Süd-CAI-6				
Entnahmedatum:	-				Versuchs	05.09.2021					
Entnahme durch:	IFB Eiger	nschenk			Bearbeite	er:	Stockinger				
		Zus	tand der	rau	х	Schichtung	/ senkrecht: x				
		Prüfob	erfläche	gesägt	0	Schieferung	parallel: o				
Gesteinsbeschreibung:	grauer mi	ittelkörnig	ger Gneis								
	deutlich g	geschiefer	t, teils de	utlich an	Rissen ang	gewittert					
Lagarung dar Drüfkörnari	Drohanla	TIM				Massar	nabaltı lufttraakan				
Lagerung der Pruikorper:	Probeinaş	ger TOM				wasser	genali: luttrocken				
Einzelversuch-Nr.	1	2	3	4	5						
Prüfstift-Nr.	131	108	116	129	137						
Ablesung 1 [mm]	0,30	0,22	0,60	0,38	0,30						
Ablesung 2 [mm]	0,20	0,20	0,40	0,30	0,30						
Ablesung 3 [mm]	0,20	0,20	0,50	0,28	0,40						
Ablesung 4 [mm]	0,18	0,18	0,40	0,30	0,18						
mitti. Adnutzung [mm]	0,22	0,20	0,48	0,32	0,30						
durchschnittl. Abnutzun	durchschnittl. Abnutzung [mm]: 0,30										
Cerchar-Abrasivitäts-	ndex (C/	AD []:	3.0								
	(/[]-	-,-								
Standa	rdabweich	nung σ =	0,97	Sta	ndardfehle	er s _m = 0,43					
			1.457								
							ALL ALL ALL PROPERTY.				
Charles and a state	tom and	and the second	-				and the second second				
		Sec.					and the second				
		Save the									
						CE	RCHAR-				
		XXX				Abra	asivitäts-				
State State	C. C.					ve	ersuch				
	and the second	S-42	-	-	Probe:	IFB-B	4/Sud-CAI-6				
	and the	Contract.	-	and a second	Datum	: Sept	ember 2021				
	in and	- Martin Contraction	5 E		Maßst	ah:	1 cm				

Bemerkungen:

Prüfstifte gefertigt aus Werkstoff 1.2210 (115CrV3) mit Rockwell-Härte HRC 54 bis 56

Bohrkernentnahme Oberhausberg Ø102 mm

Nordportal

B1



B2



Südportal

В3





Anlage 2.2: Fotoaufnahmen vom 26.08.2021 zu Bericht für Auftrag Nr. 3211294



3 B1. Kernbohrung. Nordportal

4 B2. Kernbohrung. Nordportal

Anlage 2.2: Fotoaufnahmen vom 26.08.2021 zu Bericht für Auftrag Nr. 3211294



5 B2. Kernbohrung. Nordportal



6 B3. Kernbohrung. Südportal



7 B3. Kernbohrung. Südportal



8 B3. Kernbohrung. Südportal
Seite 3 von 6



12 Nordhang

11 Felsfreistellung beim Nordportal

Seite 4 von 6





19 Südhang 20 Südhang

Seite 6 von 6



21 Südhang

22 Südhang