



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt  
der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea  
attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



## AUSBAU EISENBAHNACHSE MÜNCHEN-VERONA BRENNER BASISTUNNEL

Ausschreibungsphase

POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA

## GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Fase d'appalto

### Fachbereich GEO-HYDRO Settore GEO-IDRO

#### Projekteinheit

Geologisch-hydrogeologisch-geomechanische  
Planung

#### Dokumentenart

Technischer Bericht

#### Dokumenteninhalt

NHS Innsbruck

#### Unità di progetto

Progettazione geologica-idrogeologica-  
geomeccanica

#### Tipo Documento

Relazione tecnica

#### Contenuto documento

NHS Innsbruck

Planer / Progettista



**Galleria di Base del Brennero  
Brenner Basistunnel BBT SE**

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO - BRENNER BASISTUNNEL BBT SE

Piazza Stazione 1 • I-39100 Bolzano  
Tel.: +39 0471 0622-10 • Fax: +39 0471 0622-11  
Amraser Str. 8 • A-6020 Innsbruck  
Tel.: +43 512 4030 • Fax: +43 512 4030-110  
Email: bbt@bbt-se.com • www.bbt-se.com

Bearbeitet /  
elaborato

Datum / data

Name / nome

13.09.2013

GPT Rn

Geprüft /  
verificato

Freigegeben /  
autorizzato

27.06.2013

John

Planfreigabe  
Projektleitung /  
delibera direzione  
progetto

Masstab / scala

-

Projekt-  
kilometer /  
progressiva di  
progetto

von / da  
bis / a  
bei / al

Bau-  
kilometer /  
Chilometro  
opera

von / da  
bis / a  
bei / al

Status  
Dokument /  
Stato  
documento  
freigegeben

Staat  
Stato  
01

Los  
Lotto  
GH4

Einheit  
Unità  
GP

Nummer  
Numero  
004

Dokumentenart  
Tipo Documento  
GTB

Vertrag  
Contratto  
--

Nummer  
Codice  
00001

Revision  
Revisione  
07

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
00	Erstversion / Prima Versione	Rn	15.05.2013
01	Überarbeitung nach Review rev00 Dr. John	Rn	10.06.2013
02	Überarbeitung nach Review rev01 Dr. John	Rn	21.06.2013
03	Überarbeitung nach Review rev03 Dr. John	Rn	25.06.2013
04	Ergänzung Abschnitte 4 und 6	Rn	26.06.2013
05	Ergänzung Querschlag 6/1	Rn	20.08.2013
06	Anpassung Bauwerksgeometrie Nothaltestelle, Lage Querschlag	Rn	04.09.2013
07	Kaipitel Verteilung der GVT's entfernt	Rn	13.09.2013

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	
<b>1</b>	<b>IMPOSTAZIONE DEL LAVORO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>GELTUNGSBEREICH</b>	
<b>2</b>	<b>CAMPO DI APPLICAZIONE.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>GRUNDLAGEN</b>	
<b>3</b>	<b>BASI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
3.1	LITERATUR	
3.1	BIBLIOGRAFIA: .....	8
3.2	ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE	
3.2	DOCUMENTI COLLEGATI.....	8
<b>4</b>	<b>GEBIRGE</b>	
<b>4</b>	<b>AMMASSO ROCCIOSO .....</b>	<b>9</b>
4.1	DEFINITIONEN	
4.1	DEFINIZIONI .....	9
4.1.1	Bezeichnung der Homogenbereiche	
4.1.1	Denominazione delle zone omogenee .....	9
4.1.2	Joints / faults	
4.1.2	Joints / faults .....	9
4.1.3	System zur Bezeichnung der Gebirgsarten	
4.1.3	Sistema per la denominazione delle tipologie di ammasso roccioso .....	9
4.2	VORGEHEN ZUR ERMITTLUNG DER GEBIRGSARTEN	
4.2	MODO DI PROCEDERE PER LA DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI AMMASSO ROCCIOSO .....	10
4.3	ERMITTLUNG DER GESTEINSKENNWERTE	
4.3	DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DELLA ROCCIA .....	11
4.4	ERMITTLUNG DER GEBIRGSKENNWERTE	
4.4	DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DELL'AMMASSO ROCCIOSO .....	11
4.4.1	Hoek-Brown Failure Criterion (2002 Edition)	
4.4.1	Hoek-Brown Failure Criterion (2002 Edition) .....	11
4.4.2	Bestimmung des E-Moduls	
4.4.2	Determinazione del modulo E .....	14
4.5	IN-SITU GEBIRGSKENNWERTE (BLA)	
4.5	PARAMETRI DELLA ROCCIA IN SITU (DTM) .....	15
<b>5</b>	<b>STÖRUNGSZONEN</b>	
<b>5</b>	<b>ZONE DI FAGLIA .....</b>	<b>16</b>
5.1	LOKALISIERUNG DER STÖRUNGSZONEN	
5.1	LOCALIZZAZIONE DELLE ZONE DI FAGLIA .....	16
5.2	STÖRUNGSGESTEINE	

5.2	ROCCE DI FAGLIA .....	16
5.3	STÖRUNGSSYSTEME	
5.3	SISTEMI DI FAGLIA.....	18
5.4	GEOTECHNISCHE RELEVANZ VON STÖRUNGEN	
5.4	RILEVANZA GEOTECNICA DI FAGLIE.....	19
<b>6</b>	<b>GEBIRGSVERHALTEN</b>	
<b>6</b>	<b>COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....</b>	<b>21</b>
6.1	VORGEHENSWEISE ZUR ERMITTLUNG DES GEBIRGSVERHALTENS	
6.1	PROCEDIMENTO PER LA DETERMINAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO .....	21
6.1.1	Allgemeines	
6.1.1	Generalità.....	21
6.1.2	Empirische Bestimmung der Gebirgsbeanspruchung	
6.1.2	Determinazione empirica della sollecitazione dell'ammasso roccioso.....	21
6.1.3	Analytische Ermittlung der Radialdeformation und des plastischen Radius mit dem Kennlinienverfahren	
6.1.3	Determinazione analitica della deformazione radiale e del raggio plastico con il metodo delle linee caratteristiche .....	21
6.1.4	Blockgleitverfahren	
6.1.4	Metodo di calcolo sull'instabilità dei blocchi.....	23
6.1.5	Numerische Berechnungen zur Ermittlung des Gebirgsverhaltens	
6.1.5	Calcolazione numerica per la determinazione del comportamento dell'ammasso roccioso.....	23
6.1.6	Gebirgsverhalten der Störzonen	
6.1.6	Comportamento dell'ammasso roccioso delle zone di faglia.....	24
<b>7</b>	<b>KURZBESCHREIBUNG GEBIRGSARTEN UND GEBIRGSVERHALTEN</b>	
<b>7</b>	<b>DESCRIZIONE SINTETICA TIPOLOGIA E COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....</b>	<b>25</b>
7.1	GEBIRGE	
7.1	AMMASSO ROCCIOSO.....	25
7.1.1	Gebirgsart	
7.1.1	Tipologia dell'ammasso roccioso.....	25
7.1.2	Gebirgsverhalten	
7.1.2	Comportamento dell'ammasso roccioso.....	26
7.2	STÖRUNGSZONEN	
7.2	ZONE DI FAGLIA .....	29
7.2.1	SZ-IQP-ESI-f4158	
7.2.1	SZ-IQP-ESI-f4158 .....	29
7.2.2	SZ-IQP-AS-2	
7.2.2	SZ-IQP-AS-2 .....	33
<b>8</b>	<b>DATENBLÄTTER</b>	

<b>8</b>	<b>SCHEDE DATI.....</b>	<b>35</b>
8.1	GEBIRGSARTEN GA	
8.1	TIPI DI AMMASSI ROCCIOSI GA.....	35
8.1.1	GA IQP-QP-1c-NHSIbk	
8.1.1	GA IQP-QP-1c-NHSIbk .....	36
8.1.2	GA IQP-QP-1d-NHSIbk	
8.1.2	GA IQP-QP-1d-NHSIbk .....	39
8.1.3	GA IQP-QS-1c-NHSIbk	
8.1.3	GA IQP-QS-1c-NHSIbk .....	42
8.1.4	GA IQP-QS-1d-NHSIbk	
8.1.4	GA IQP-QS-1d-NHSIbk .....	45
8.1.5	GA SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk	
8.1.5	GA SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk.....	48
8.1.6	GA SZ-IQP-AS2-NHSIbk	
8.1.6	GA SZ-IQP-AS2-NHSIbk.....	50
8.2	GEBIRGSVERHALTESNTYPEN (GVT)	
8.2	TIPI DI COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO .....	52
8.2.1	IQP-QP-1c-NHSIbk-HT/MS-GVT3	
8.2.1	IQP-QP-1c-NHSIbk-HT/MS-GVT3.....	53
8.2.2	IQP-QP-1c-NHSIbk--VS/AS-GVT2	
8.2.2	IQP-QP-1c-NHSIbk-VS/AS-GVT2 .....	55
8.2.3	IQP-QP-1d-NHSIbk-HT/MS-GVT3	
8.2.3	IQP-QP-1d-NHSIbk-HT/MS-GVT3 .....	57
8.2.4	IQP-QP-1d-NHSIbk-VS/AS-GVT2	
8.2.4	IQP-QP-1d-NHSIbk-VS/AS-GVT2.....	59
8.2.5	IQP-QS-1c-NHSIbk-GVT2	
8.2.5	IQP-QS-1c-NHSIbk-GVT2.....	61
8.2.6	IQP-QS-1d-NHSIbk-GVT2	
8.2.6	IQP-QS-1d-NHSIbk-GVT2.....	63
8.2.7	SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk-GVT4-1	
8.2.7	SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk-GVT4-1 .....	65
8.2.8	SZ-IQP-AS2-NHSIbk-GVT3	
8.2.8	SZ-IQP-AS2-NHSIbk-GVT3 .....	69
8.3	ÜBERSICHTSTABELLE DER EIGENSCHAFTEN UND PARAMETER DES GEBIRGES UND DER STÖRUNGSZONEN	
8.3	TABELLA SOMMARIA DELLE CARATTERISTICHE E DEI PARAMETRI DELL'AMMASSO ROCCIOSO E DELLE ZONE DI FAGLIA .....	71

8.3.1	Gestein	
8.3.1	Roccia .....	71
8.3.2	Gebirge	
8.3.2	Ammasso roccioso .....	72
8.3.3	Störungszonen	
8.3.3	Zone di faglia .....	73

## 1 AUFGABENSTELLUNG

Die Aufgabenstellung, auf welcher die Darstellungen im gegenständlichen Bericht beruhen, ist die geologisch-geotechnische Planung des Bereiches der Nothaltestelle Innsbruck.

Die geologisch-geotechnische Prognose beinhaltet dabei die Bestimmung der zu erwartenden Eigenschaften des Gebirges und der Störungszonen, die Klassifizierung dieser in Gebirgsarten und schlussendlich die Bestimmung des zu erwartenden Gebirgsverhaltens.

Grundlage für die Prognose sind dabei sowohl die Ergebnisse der Erkundungen aus der Einreichphase des Brenner-Basistunnels, als auch insbesondere die im Zuge des Vortriebes des Erkundungsstollens Innsbruck-Ahrental gewonnenen Erkenntnisse.

## 2 GELTUNGSBEREICH

Der Geltungsbereich dieses Berichtes beschränkt sich auf den Bereich der Nothaltestelle Innsbruck. Dieser Bereich liegt zwischen der Querkaverne im Norden und dem Ende des Mittelstollens der Nothaltestelle im Süden.

Die Nothaltestelle besteht dabei aus den folgenden Bauwerken die sämtlich in diesem Bericht behandelt werden:

- Haupttunnel Oströhre (km 5+980,000 bis km 6+790,000)
- Haupttunnel Weströhre (km 6+007,133 bis km 6+817,310)
- Mittelstollen (km 0+000 bis km 0+840,556)
- Verbindungsstollen 1 bis 6
- Abluftquerstollen 1 bis 6
- Entlastungsstollen
- Querschlag 6/1 bei km 6+030,000

Die Querkaverne liegt bei km 5+980,000 der Oströhre des BBT bzw. km 6+007,133 der Weströhre des BBT.

Der Mittelstollen beginnt unmittelbar in der Querkaverne. Das Ende des Mittelstollens im Süden und damit das südliche Ende des Geltungsbereiches dieses Berichtes liegt bei km 0+840,556 des Mittelstollens, km 6+790,000 der Oströhre des BBT bzw. km 6+817,310 der Weströhre des BBT.

## 1 IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

Le mansioni su cui si basano le illustrazioni della relazione in oggetto riguardano la progettazione geologico-geotecnica del settore della fermata di emergenza di Innsbruck.

La previsione geologico-geotecnica comprende la definizione delle caratteristiche attese dell'ammasso roccioso e delle zone di faglia, la classificazione delle faglie nelle rispettive tipologie di ammasso roccioso ed infine l'individuazione del comportamento atteso dell'ammasso roccioso.

La previsione si basa sia sui risultati delle prospezioni effettuate in fase di progettazione definitiva della Galleria di Base del Brennero, sia, in particolare, sulle conoscenze acquisite nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo Innsbruck – Ahrental.

## 2 CAMPO DI APPLICAZIONE

L'ambito di applicazione della presente relazione è limitato al settore della fermata di emergenza di Innsbruck. Il settore in oggetto è ubicato tra il camerone trasversale a nord e la fine del cunicolo centrale della fermata di emergenza a sud.

La fermata di emergenza si compone delle seguenti opere che sono tutte trattate nella presente relazione:

- Galleria principale canna est (km 5+980,000 fino a km 6+790,000)
- Galleria principale canna ovest (km 6+007,133 fino a km 6+817,310)
- Cunicolo centrale (km 0+000 fino a km 0+840,556)
- Cunicoli di collegamento 1 - 6
- Cunicoli trasversale di estrazione dell'aria viziata 1 - 6
- Cunicolo di scarico
- Cunicolo trasversale di collegamento 6/1 a km 6+030,000

Il camerone trasversale è collocato al km 5+980,000 della canna est di BBT ovvero al km 6+007,133 della canna ovest di BBT.

Il cunicolo centrale inizia direttamente nel camerone trasversale. La fine del cunicolo centrale a sud e quindi la fine meridionale dell'ambito di applicazione della presente relazione è collocata al km 0+840,556 del cunicolo centrale, al km 6+790,000 della canna est di BBT ovvero al km 6+817,310 della canna ovest di BBT.

Die Gesamtübersicht über die Bauwerke der Nothaltestelle ist in folgendem Plan dargestellt:

00 Ü01 GD 001 D0616 V 11 SN 05752: Bauwerksplanung Haupttunnel, Gesamtübersicht Nothaltestelle Typ 1 (Innsbruck)

Die Regelquerschnitte der einzelnen Bauwerksteile sind in folgenden Plänen dargestellt:

00 Ü01 GD 001 D0616 V 04 RP 15575: Bauwerksplanung Nothaltestellen Regelprofil Mittelstollen NHS

00 Ü01 GD 001 D0616 V 02 RP 05067: Bauwerksplanung Haupttunnel Regelquerschnitt Nothaltestelle zyklischer Vortrieb, zweischaliger Ausbau mit Sohlplatte

00 Ü01 GD 001 D0616 V 02 RP 05066: Bauwerksplanung Haupttunnel Regelquerschnitt Nothaltestelle zyklischer Vortrieb, zweischaliger Ausbau mit Sohlgewölbe

00 Ü01 GD 001 D0616 V 02 RP 05064: Bauwerksplanung Haupttunnel Regelquerschnitt zyklischer Vortrieb, zweischaliger Ausbau mit Sohlplatte

00 Ü01 GD 001 D0616 V 04 RP 05207: Bauwerksplanung Querschläge Regelquerschnitt Querschlag Typ 1

Für die Bestimmung des Gebirgsverhaltens und die Erarbeitung der Gebirgsverhaltenstypen muss eine Vortriebsrichtung angenommen werden (Einfluss der Trennflächenrichtungen auf das Gebirgsverhalten). Bei der Ausarbeitung der gegenständlichen Unterlagen wird davon ausgegangen, dass der Mittelstollen und die Hauptröhren ausgehend von der Querkaverne Richtung Süden vorgetrieben werden.

Anmerkung:

Im zugehörigen Plan 01 GH4 GP 004 GLS - 00003 ist sowohl der geotechnische Längenschnitt als auch der Horizontalschnitt im Bereich der NHS Innsbruck dargestellt. Der Längenschnitt verläuft dabei durch die Achse des Mittelstollens. Im Horizontalschnitt ist sowohl der Mittelstollen, als auch Ost und Weströhre mit der jeweils zugehörigen Projektkilometrierung dargestellt.

Il seguente elaborato grafico fornisce un quadro generale delle opere inerenti alla fermata di emergenza:

00 Ü01 GD 001 D0616 V 11 SN 05752: Progettazione dell'opera della galleria principale, quadro generale fermata di emergenza del tipo 1 (Innsbruck)

Le sezioni tipo delle singole parti dell'opera sono indicate negli elaborati grafici elencati di seguito:

00 Ü01 GD 001 D0616 V 04 RP 15575: Progettazione dell'opera delle fermate di emergenza sezione tipo del cunicolo centrale FDE

00 Ü01 GD 001 D0616 V 02 RP 05067: Progettazione dell'opera della galleria principale sezione tipo della fermata di emergenza scavo tradizionale, rivestimento a due anelli con platea

00 Ü01 GD 001 D0616 V 02 RP 05066: Progettazione dell'opera della galleria principale sezione tipo della fermata di emergenza scavo tradizionale, rivestimento a due anelli con arco rovescio

00 Ü01 GD 001 D0616 V 02 RP 05064: Progettazione dell'opera della galleria principale sezioni tipo scavo tradizionale, rivestimento a due anelli con platea

00 Ü01 GD 001 D0616 V 04 RP 05207: Progettazione dell'opera dei cunicoli trasversali di collegamento sezione tipo cunicolo di collegamento del tipo 1

Ai fine della determinazione del comportamento dell'ammasso roccioso e della definizione dei tipi di comportamento dell'ammasso roccioso è necessario presumere una direzione di scavo (impatto delle direzioni delle discontinuità sul comportamento dell'ammasso roccioso). Nell'elaborazione dei presenti documenti si parte dal presupposto che il cunicolo centrale e le canne principali vengano scavati a partire dal camerone trasversale verso sud.

Nota bene:

Nell'attinente elaborato grafico 01 GH4 GP 004 GLS - 00003 viene rappresentato sia il profilo longitudinale geotecnico sia la sezione orizzontale nel settore della FDE di Innsbruck. Il profilo longitudinale si sviluppa nell'asse del cunicolo centrale. La sezione orizzontale rappresenta sia il cunicolo centrale sia le canne est ed ovest con le rispettive progressive chilometriche.



### 3 GRUNDLAGEN

#### 3.1 LITERATUR

- ÖGG: Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, 2. überarbeitete Auflage, 2008
- Bieniawski Z.T. (1978): Determining rock mass deformability. Experience from case histories, Int. J. of Rock. Mech and Min. Sci., Vol. 15, 237-247
- Boyd, R.D. (1993): Elastic properties of jointed rock masses with regard to their rock mass rating value, The Engineering Rock Mass
- Hoek, E., Marinos, P. (2000): Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogeneous rock masses; Tunnels and Tunnelling International
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., Corkum, B. (2002): Hoek-Brown Failure Criterion
- Hoek, E., Diederichs, M.S. (2006): Empirical estimation of rock mass modulus, Int. J. of Rock. Mech. and Min. Sci., Vol. 43, 203-215
- Serafim, J.L., Pereira, J.P. (1983): Considerations of the Geomechanics Classification of Bieniawski, Proc. Int. Symp. Eng. Geol. Underground Constr., Lisbon, Vol. 1 (II), 33-42
- Sulem J., Panet M., Guenot A. (1987): An Analytical Solution for Time-dependent Displacements in a Circular Tunnel, Int. J. of Rock Mech. and Min. Sci. & Geomechanics Abstract 24, 155-164

#### 3.2 ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE

01 GH4 GP 004 GHS – 00002

Geologischer Längenschnitt NHS Innsbruck

01 GH4 GP 004 GLS – 00003

Geotechnischer Längenschnitt NHS Innsbruck

### 3 BASI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 BIBLIOGRAFIA:

- Direttiva ÖGG (Società Austriaca per la Geomeccanica) : Direttiva relativa alla progettazione geotecnica di opere in sotterranea con avanzamento ciclico, 2° edizione del 2008.
- Bieniawski Z.T. (1978): Determining rock mass deformability. Experience from case histories, Int. J. of Rock. Mech and Min. Sci., Vol. 15, 237-247
- Boyd, R.D. (1993): Elastic properties of jointed rock masses with regard to their rock mass rating value, The Engineering Rock Mass
- Hoek, E., Marinos, P. (2000): Predicting tunnel squeezing problems in weak heterogeneous rock masses; Tunnels and Tunnelling International
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., Corkum, B. (2002): Hoek-Brown Failure Criterion
- Hoek, E., Diederichs, M.S. (2006): Empirical estimation of rock mass modulus, Int. J. of Rock. Mech. and Min. Sci., Vol. 43, 203-215
- Serafim, J.L., Pereira, J.P. (1983): Considerations of the Geomechanics Classification of Bieniawski, Proc. Int. Symp. Eng. Geol. Underground Constr., Lisbon, Vol. 1 (II), 33-42
- Sulem J., Panet M., Guenot A. (1987): An Analytical Solution for Time-dependent Displacements in a Circular Tunnel, Int. J. of Rock Mech. and Min. Sci. & Geomechanics Abstract 24, 155-164

#### 3.2 DOCUMENTI COLLEGATI

01 GH4 GP 004 GHS – 00002

Profilo longitudinale geologico FDE Innsbruck

01 GH4 GP 004 GLS – 00003

Profilo longitudinale geotecnico FDE Innsbruck

## 4 GEBIRGE

### 4.1 DEFINITIONEN

#### 4.1.1 Bezeichnung der Homogenbereiche

NHSIbk = Nothaltestelle Innsbruck

NHSIbk-MS = Nothaltestelle Innsbruck Mittelstollen

NHSIbk-O = Nothaltestelle Innsbruck Oströhre

NHSIbk-W = Nothaltestelle Innsbruck Weströhre

#### 4.1.2 Joints / faults

j / f = Die unter der Bezeichnung joints (j) geführten Trennflächen bezeichnen ungeöffnete Klüfte ohne Füllmaterial. Die als faults (f) bezeichneten Trennflächen stellen Störungen mit Störungsmaterial im Bereich weniger Zentimeter dar, die aufgrund ihrer Geringmächtigkeit zur Gebirgsart gezählt werden.

#### 4.1.3 System zur Bezeichnung der Gebirgsarten

Für die eindeutige Bezeichnung der Gebirgsarten wurde ein 4-teiliges System verwendet.

##### 1. Stelle: Tektonische Charakterisierung

IQP – Innsbrucker Quarzphyllit

##### 2. Stelle: Lithologische Kurzcharakterisierung

QP – Quarzphyllit

QS – Quarzitschiefer

##### 3. Stelle: Strukturgeologischer Homogenbereich (fortlaufende Nummerierung)

1c / 1d

##### 4. Stelle: Kurzbezeichnung des Hohlraumbauwerkes

NHS-MS = Nothaltestelle Innsbruck Mittelstollen

NHS-O = Nothaltestelle Innsbruck Oströhre

NHS-W = Nothaltestelle Innsbruck Weströhre

Die für die Trassen der im gegenständlichen Bericht behandelten Bauwerke relevanten Gebirgsarten sind in den Datenblättern im Abschnitt 5.1 dargestellt. Folgende Gebirgsarten kommen zum Tragen:

## 4 AMMASSO ROCCIOSO

### 4.1 DEFINIZIONI

#### 4.1.1 Denominazione delle zone omogenee

NHSIbk = Fermata di emergenza di Innsbruck

NHSIbk-MS = Fermata di emergenza di Innsbruck cunicolo centrale

NHSIbk-O = Fermata di emergenza di Innsbruck canna est

NHSIbk-W = Fermata di emergenza di Innsbruck canna ovest

#### 4.1.2 Joints / faults

j / f = per le discontinuità intitolate "joints (j)" si intendono delle fratture chiuse senza materiale di riempimento. Per le discontinuità intitolate "faults (f)" si intendono delle faglie con materiale dell'ordine di pochi centimetri che per il loro ridotto spessore rientrano nella categoria "tipo di ammasso roccioso".

#### 4.1.3 Sistema per la denominazione delle tipologie di ammasso roccioso

Al fine di garantire una denominazione chiara ed inequivocabile delle tipologie di ammasso roccioso ci si è avvalsi di un sistema a 4 elementi.

##### 1. Posizione: Caratterizzazione tettonica

IQP – fillade quarzifera di Innsbrucker

##### 2. Posizione: Caratterizzazione litologica sintetica

QP – fillade quarzifera

QS – scisti quarzitici

##### 3. Posizione: Zona omogenea dal punto di vista geologico-strutturale (numerazione progressiva)

1c / 1d

##### 4. Posizione: Denominazione breve della cavità

NHS-MS = Fermata di emergenza di Innsbruck cunicolo centrale

NHS-O = Fermata di emergenza di Innsbruck canna est

NHS-W = Fermata di emergenza di Innsbruck canna ovest

I tipi di ammasso roccioso rilevanti per le opere trattate dalla presente relazione vengono illustrati nelle schede dati nella sezione 5.1. Sono essenziali le seguenti tipologie di ammasso roccioso:

**Gebirgsarten:**

- IQP-QP-1c-NHSIbk
- IQP-QS-1c-NHSIbk
- IQP-QP-1d-NHSIbk
- IQP-QS-1d-NHSIbk

**Störungszonen:**

- SZ-IQP-ESI-f4158
- SZ-IQP-ESI-f4202
- SZ-IQP-ESI-f4293
- SZ-IQP-AS2

**Tipologie di ammasso roccioso:**

- IQP-QP-1c-NHSIbk
- IQP-QS-1c-NHSIbk
- IQP-QP-1d-NHSIbk
- IQP-QS-1d-NHSIbk

**Zone di faglia:**

- SZ-IQP-ESI-f4158
- SZ-IQP-ESI-f4202
- SZ-IQP-ESI-f4293
- SZ-IQP-AS2

**4.2 VORGEHEN ZUR ERMITTLUNG DER GEBIRGSARTEN**

Die Ermittlung der Gebirgsarten (GA) erfolgte auf Basis der „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb“ der ÖGG.

Bei der Ermittlung der Gebirgskennwerte wurde wie folgt vorgegangen:

- Auswertung des geologischen Modells und vorab Festlegung der geotechnischen Homogenbereiche anhand der tektonischen Einheiten, der lithologischen Einheiten und der sich daraus abgeleiteten geologischen Homogenbereiche.
- Auswertung der vorliegenden Laborversuche zur Festlegung der Gesteins- und Trennflächenkennwerte.
- Auswertung der vorliegenden in-Situ Versuche z. B. zur Erfassung des Verformungsmoduls des Gebirges oder der Primärspannungen.
- Bestimmung der Gebirgskennwerte aus den Gesteinskennwerten und den in-Situ Gebirgskennwerten (GSI, RMR) nach verschiedenen Verfahren gemäß dem Stand der Technik.
- Auswertung bereits aufgefahrener Hohlräume unter jeweils vergleichbaren geologischen und geotechnischen Randbedingungen (z. B. Auswertung der Vortriebsdokumentation des Erkundungsstollen Innsbruck-Ahrental).
- Abschließende Festlegung der geotechnischen Homogenbereiche, Zuweisung der entsprechenden Gebirgsarten und geotechnischen Kennwerte.

**4.2 MODO DI PROCEDERE PER LA DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI AMMASSO ROCCIOSO**

La definizione delle tipologie di ammasso roccioso è stata eseguita sulla base della "Direttiva per la progettazione geotecnica di opere in sotterraneo realizzate con metodo di scavo in tradizionale" della ÖGG.

Nell'ambito della definizione dei parametri relativi all'ammasso roccioso si è proceduti nel modo seguente:

- Restituzione del modello geologico e determinazione preliminare delle zone geotecniche omogenee sulla base delle unità tettoniche e litologiche nonché delle zone geologiche omogenee ivi risultanti.
- Restituzione delle prove in laboratorio disponibili ai fini della determinazione dei parametri relativi a roccia e zone di discontinuità.
- Restituzione delle prove in situ disponibili, ad esempio, ai fini della definizione del modulo di deformazione dell'ammasso roccioso oppure delle tensioni primarie.
- Determinazione dei parametri relativi all'ammasso roccioso sulla base dei parametri relativi alla roccia ed alle prove in situ sull'ammasso roccioso (GSI, RMR) tramite diverse procedure ai sensi dello stato dell'arte.
- Restituzione delle cavità già scavate a condizioni quadro geologiche e geotecniche rispettivamente paragonabili (ad es. restituzione della documentazione di scavo del cunicolo esplorativo di Innsbruck-Ahrental).
- Determinazione conclusiva delle zone geotecniche omogenee, attribuzione delle relative tipologie di ammasso roccioso e dei parametri geotecnici.

#### 4.3 ERMITTLUNG DER GESTEINSKENNWERTE

Zur Ermittlung der Gesteinskennwerte der Gebirgsarten wurden die Ergebnisse der vorliegenden Laborversuche einer grundlegenden Bewertung unterzogen und anschließend statistisch ausgewertet. Die Art und Anzahl der Versuche, welche dem jeweiligen Kennwert zu Grunde liegen sind im entsprechenden Datenblatt jeweils angegeben.

Folgende Gesteinsparameter wurden ausgewertet:

$\gamma$  ... Wichte [ $\text{kN/m}^3$ ]  
 $\sigma_{ci}$  ... Einaxiale Druckfestigkeit [MPa]  
 $I_s$  ... Punktlastindex [MPa]  
 $E$  ... Elastizitätsmodul [MPa]  
 $\nu$  ... Querdehnzahl [-]  
SPZ ... Spaltzugfestigkeit [MPa]  
CAI ... Cerchar Abrasivitäts Index [-]  
 $\ddot{a}_{Qu}$  ... äquivalenter Quarzgehalt [-]  
 $m_i$  ... Hoek-Brown Konstante [-]  
 $c$  ... Kohäsion (triaxial) (Mohr-Coulomb) [MPa]  
 $\phi$  ... Reibungswinkel (triaxial) (Mohr-Coulomb) [°]  
 $c$  [MPa] und  $\phi$  [°] ... Trennflächenkennwerte

#### 4.4 ERMITTLUNG DER GEBIRGSKENNWERTE

Die Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Gebirges erfolgte auf Grundlage der folgenden Berechnungsmethoden:

- Hoek-Brown Failure Criterion (2002 Edition) zur Bestimmung der Festigkeitskennwerte
- Hoek & Diederichs (2006), Boyd (1993), Serafim & Pereira (1983) sowie Bieniawski (1987) zur Ermittlung der E-Moduli

##### 4.4.1 Hoek-Brown Failure Criterion (2002 Edition)

Die Berechnung der Festigkeitskennwerte erfolgte gemäß dem Hoek-Brown Failure Criterion. Das Bruchkriterium wird dabei als Beziehung zwischen der maximalen und der minimalen Hauptspannung sowie der einaxialen Druckfestigkeit des intakten Gebirges angegeben:

#### 4.3 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DELLA ROCCIA

Al fine di determinare i parametri della roccia dei singoli tipi di ammasso roccioso, i risultati delle prove in laboratorio sono stati sottoposti ad una valutazione elementare e, in seguito, interpretati statisticamente. Il tipo e il numero delle prove su cui si basa il rispettivo parametro sono indicati nella rispettiva scheda tecnica.

Sono stati interpretati i seguenti parametri della roccia:

$\gamma$  ... peso specifico [ $\text{kN/m}^3$ ]  
 $\sigma_{ci}$  ... resistenza alla compressione uniassiale [MPa]  
 $I_s$  ... indice di carico puntuale [MPa]  
 $E$  ... modulo di elasticità [MPa]  
 $\nu$  ... coefficiente di dilatazione trasversale [-]  
SPZ ... resistenza alla trazione [MPa]  
CAI ... indice di abrasività Cerchar [-]  
 $\ddot{a}_{Qu}$  ... contenuto in quarzo equivalente [-]  
 $m_i$  ... costante di Hoek-Brown [-]  
 $c$  ... coesione (triassiale) (Mohr-Coulomb) [MPa]  
 $\phi$  ... coefficiente di attrito (triassiale) (Mohr-Coulomb) [°]  
 $c$  [MPa] e  $\phi$  [°] ... parametri delle discontinuità

#### 4.4 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Le caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso sono state individuate in base ai seguenti metodi di calcolo:

- Hoek-Brown Failure Criterion (2002 Edition) per l'individuazione dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso
- Hoek & Diederichs (2006), Boyd (1993), Serafim & Pereira (1983) nonché Bieniawski (1987) per l'individuazione dei moduli E

##### 4.4.1 Hoek-Brown Failure Criterion (2002 Edition)

I parametri di resistenza dell'ammasso roccioso sono stati calcolati in base al Hoek-Brown Failure Criterion. In tale ambito, il criterio di rottura è inteso come rapporto tra la tensione principale massima e quella minima nonché la resistenza alla compressione monoassiale dell'ammasso roccioso intatto:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} * (m_b * \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^a$$

$\sigma_1, \sigma_3$  ...maximale und minimale Hauptspannung

$\sigma_1, \sigma_3$  ...tensione principale massima e minima

$\sigma_{ci}$  ...Einaxiale Druckfestigkeit des intakten Gesteins

$\sigma_{ci}$  ...compressione monoassiale dell'ammasso roccioso intatto

s, a,  $m_b$  ...Gebirgsparameter nach Hoek-Brown

s, a,  $m_b$  ...parametri della roccia secondo Hoek-Brown

Die Gebirgsparameter s, a,  $m_b$  ergeben sich aus dem Geological Strength Index (GSI), der Hoek-Brown Konstante  $m_i$  des intakten Gebirges sowie dem Disturbance Factor D. Der Disturbance Factor ist abhängig vom Grad der Störung, welche das Gebirge durch äußere Einflüsse wie Sprengen und Spannungsrelaxation erfährt. Er reicht von 0 für ungestörtes Gebirge bis 1 für stark gestörtes Gebirge. Da der Ausbruch der betrachteten Hohlräume nach den Grundsätzen der NATM erfolgt und somit davon ausgegangen wird, dass der Hohlraumausbruch gebirgsschonend erfolgt, wird D als 0 angenommen.

I parametri della roccia s, a,  $m_b$  risultano dall'indice GSI (Geological Strength Index), dalla costante Hoek-Brown  $m_i$  dell'ammasso roccioso intatto nonché dal Disturbance Factor D. Il Disturbance Factor dipende dal grado di perturbazione subito dall'ammasso roccioso, dovuto a cause esterne quali i brillamenti e il rilassamento della tensione. Arriva dal valore 0 per la roccia non fratturata fino al valore 1 per la roccia fortemente fratturata. Dato che le cavità in esame vengono scavate secondo i principi del nuovo metodo austriaco di costruzione di gallerie (NATM) e che pertanto si parte dal presupposto che lo scavo sarà effettuato minimizzando il disturbo dell'ammasso roccioso, viene ipotizzato un valore per il fattore D pari a 0.

Lediglich im Bereich der Damage Zonen der Störungen in denen das Gebirge einen hohen Zerlegungsgrad, eine erhöhte Trennflächendichte sowie schieferungsparallele Entfestigung aufweist, wird zur Berücksichtigung der unvermeidlichen Auflockerung in diesen Bereichen während des Vortriebes der Faktor D zu 0,5 angenommen.

Soltanto nella zona della Damage Zone delle faglie in cui la roccia mostra una fratturazione elevata, una frequenza di discontinuità elevata come anche un detensionamento parallelo alla scistosità, viene considerato a causa dell'inevitabile detensionamento in queste zone durante lo scavo il fattore D 0,5.

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

Wird in der Gleichung für die Hauptspannung  $\sigma_3=0$  gesetzt erhält man die einaxiale Gebirgsfestigkeit  $\sigma_c$ :

Se nell'equazione per la tensione principale si ipotizza  $\sigma_3=0$ , si ottiene la compressione monoassiale dell'ammasso  $\sigma_c$ :

$$\sigma_c = \sigma_{ci} * s^a$$

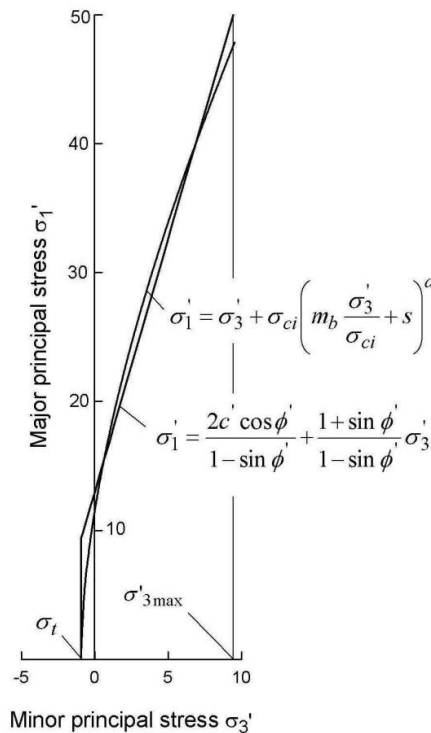


Abb. 1 Beziehung zwischen der maximalen und minimalen Hauptspannung für das Hoek-Brown und das Mohr-Coulomb Bruchkriterium (Hoek-Brown 2000)

III. 1 Rapporto tra la tensione principale massima e quella minima per il criterio di rottura Hoek-Brown e Mohr-Coulomb (Hoek-Brown 2000)

Das Hoek-Brown Modell berücksichtigt einen nichtlinearen spannungsabhängigen Verlauf der Bruchgerade. Da jedoch die Kennwerte des Hoek-Brown Kriteriums als physikalische Kennwerte nicht interpretierbar sind, wurden zusätzlich die Parameter nach Mohr-Coulomb ermittelt. Die Anpassung des Mohr-Coulomb Kriteriums an das Hoek-Brown Kriterium, zur Ermittlung der Parameter  $\phi$  und  $c$ , erfolgt über eine bilineare Beziehung zwischen der maximalen und minimalen Hauptspannung. Die Parameter Reibungswinkel und Kohäsion des Mohr-Coulomb'schen Bruchkriterium werden dabei derart bestimmt, dass bei der Überlagerung der beiden Bruchgeraden im Bereich des vorhandenen Spannungsniveaus ein Flächenausgleich erreicht wird.

Il modello Hoek-Brown tiene conto di un andamento della retta di rottura non lineare in funzione della tensione. Dato che i parametri del criterio Hoek-Brown non possono essere interpretati come parametri fisici, sono stati individuati anche i parametri secondo Mohr-Coulomb. L'adattamento del criterio Mohr-Coulomb al criterio Hoek-Brown per l'individuazione dei parametri  $\phi$  e  $c$  viene effettuato attraverso una relazione bilineare tra la tensione principale massima e quella minima. In tale ambito, i parametri coefficiente di attrito e coesione del criterio di rottura Mohr-Coulomb vengono individuati in modo tale da ottenere, con la sovrapposizione delle due rette di rottura nell'area del livello di tensione sussistente, una compensazione delle superfici.

Im Folgenden werden die abgeleiteten Formeln nach Mohr-Coulomb für  $\phi$  und  $c$  dargestellt:

In seguito vengono riportate le formule sviluppate secondo Mohr-Coulomb per  $\phi$  e  $c$ :

$$\phi' = \sin^{-1} \left[ \frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci}[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}](s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}}$$

wobei  $\sigma'_{3n} = \sigma'_{3max} / \sigma_{ci}$  entspricht.

ove:  $\sigma'_{3n} = \sigma'_{3max} / \sigma_{ci}$ .

$\sigma'_{3max}$  ist die obere Grenze der kleinen Hauptspannung, die den Gültigkeitsbereich der abgeleiteten Mohr-Coulomb

$\sigma'_{3max}$  è il limite superiore della tensione principale minore che limita verso l'alto il campo di validità dei parametri di rottura

Bruchparameter nach oben begrenzt. Sie wird gemäß folgender Formel ermittelt:

Mohr-Coulomb sviluppati. Viene individuato secondo la seguente formula:

$$\frac{\sigma'_{3max}}{\sigma'_{cm}} = 0.47 \left( \frac{\sigma'_{cm}}{\gamma H} \right)^{-0.94}$$

$\gamma$  wurde dabei mit 26 kN/m<sup>3</sup> angesetzt. H stellt die Überlagerungshöhe dar.  $\gamma \cdot H$  definiert die vertikale Überlagerungsspannung. Für den Fall, dass die Horizontalspannung größer als die Vertikalspannung ist, wird  $\gamma \cdot H$  durch  $\gamma \cdot H \cdot K_0$  ersetzt. Die Gebirgsfestigkeit (rock mass strength)  $\sigma'_{cm}$  liegt folgender Beziehung zu Grunde:

ove per  $\gamma$  è stato ipotizzato il valore di 26 kN/m<sup>3</sup>. H sta per l'altezza di sovrapposizione.  $\gamma \cdot H$  definisce la tensione verticale di sovrapposizione. Nel caso in cui la tensione orizzontale dovesse essere superiore alla tensione verticale,  $\gamma \cdot H$  viene sostituito con  $\gamma \cdot H \cdot K_0$ . La resistenza dell'ammasso roccioso  $\sigma'_{cm}$  (rock mass strength) sta alla base della seguente relazione:

$$\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} * \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s)) \left( \frac{m_b}{4} + s \right)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)}$$

#### 4.4.2 Bestimmung des E-Moduls

Der E-Modul wurde nach verschiedenen aus der Literatur bekannten Verfahren ermittelt (Hoek 2002, Hoek 2005, Hoek & Diederichs 2006, Boyd 1993, Serafim & Pereira 1983, Bieniawski 1978), wobei die Anwendungsgrenzen des jeweiligen Verfahrens zu berücksichtigen sind. Für die Ermittlung des Verformungsmoduls des Gebirges sind zwei wesentliche Ansätze zu unterscheiden: zum ersten Ansätze welche den GSI als Parameter zur Berücksichtigung der Gebirgsstruktur verwenden; zum zweiten Ansätze welche den RMR zur Berücksichtigung der Gebirgsstruktur zu Grunde legen.

##### HOEK 2002:

Hoek 2002 gibt zwei Formeln an, welche sich nach der Größe der einaxialen Gesteinsfestigkeit  $\sigma_{ci}$  richten.

Für  $\sigma_{ci} \leq 100$  MPa ist der E-Modul definiert durch:

$$E_m(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} * 10^{((GSI-10)/40)}$$

Für  $\sigma_{ci} > 100$  MPa ist der E-Modul definiert durch:

$$E_m(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) * 10^{((GSI-10)/40)}$$

##### Hoek 2005:

$$E_m(GPa) = 100.000 \left( \frac{1 - D/2}{1 + e^{((75+25D-GSI)/11)}} \right)$$

##### Hoek-Diederichs 2006:

$$E_m = E_i \left( 0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((60+15D-GSI)/11)}} \right)$$

#### 4.4.2 Determinazione del modulo E

Il modulo E è stato determinato in base alle differenti procedure note dalla bibliografia (Hoek 2002, Hoek 2005, Hoek & Diederichs 2006, Boyd 1993, Serafim & Pereira 1983, Bieniawski 1978) considerando i rispettivi limiti di applicazione a cui sono soggette le suddette procedure. Per l'individuazione del modulo di deformazione dell'ammasso roccioso si distinguono due approcci fondamentali: il primo approccio si basa sul parametro GSI per considerare la struttura dell'ammasso; il secondo approccio si basa sull'indice RMR per considerare la struttura dell'ammasso.

##### HOEK 2002:

Hoek 2002 indica due formule che si attengono al valore della resistenza monoassiale della roccia  $\sigma_{ci}$ .

Per  $\sigma_{ci} \leq 100$  MPa, il modulo E viene definito come segue:

Per  $\sigma_{ci} > 100$  MPa, il modulo E viene definito come segue:

Bei den nach diesen verschiedenen Verfahren ermittelten E-Moduli ergeben sich teilweise maßgebliche Unterschiede in der Größenordnung. Die Festlegung des schlussendlich empfohlenen Wertes erfolgte im Wesentlichen auf Basis einer ingenieurmäßigen Beurteilung, Plausibilitätsprüfungen basierend auf Vergleichsberechnungen sowie der Berücksichtigung von Rückrechnungen bereits aufgefahrener Hohlräume unter vergleichbaren Randbedingungen.

#### 4.5 IN-SITU GEBIRGSKENNWERTE (BLA)

Die Bohrlochaufweitungsversuche (Dilatometerversuche) dienen zur Bestimmung der in-Situ Verformungseigenschaften des Gebirges. Die in den Datenblättern angegebenen Kennwerte wurden aus den empfohlenen Werten der entsprechenden Versuchsprotokolle abgeleitet. Sämtliche ausgewertete Versuche wurden durchweg in Bereichen mit sehr geringen Zerlegungsgraden (RQD-Werte 100 bzw. nahe 100) ausgeführt. Die ermittelten Moduln sind daher eher einem Gesteinsmodul, als einem Gebirgsmodul, zuzuordnen. Die Größenordnung der in-Situ ermittelten Moduln stimmen sehr gut mit den im Labor ermittelten Moduln überein. Die Werte wurden daher in die Auswertung der Gesteinskennwerte einbezogen.

Dai moduli E individuati secondo le differenti procedure di cui sopra risultano, in parte, differenze rilevanti dei valori. La definizione del valore infine consigliato è stata effettuata, in sostanza, in base ad una valutazione ingegneristica, a delle verifiche di plausibilità basate su calcoli di confronto nonché tenendo conto delle back-analysis di cavità già realizzati in condizioni quadro paragonabili.

#### 4.5 PARAMETRI DELLA ROCCIA IN SITU (DTM)

Le prove dilatometriche in foro servono ad individuare le caratteristiche di deformazione dell'ammasso roccioso in situ. I parametri indicati nelle schede tecniche sono stati dedotti dai valori consigliati nei relativi verbali delle prove. Tutte le prove restituite sono state eseguite in zone con scarso grado di erosione (i valori RQD sono pari a 100 o vicino a 100). Di conseguenza i moduli determinati corrispondono più ad un modulo dei litotipi e meno ad un modulo dell'ammasso roccioso. L'ordine di grandezza dei moduli individuati in sito coincide bene con i moduli individuati in laboratorio. I valori sono quindi parte integrante della restituzione dei parametri della roccia.



## 5 STÖRUNGSZONEN

### 5.1 LOKALISIERUNG DER STÖRUNGSZONEN

Bei den im geotechnischen Längenschnitt eingezeichneten und in den Datenblättern dargestellten Störungen handelt es sich einerseits um diskrete Störungen die beim Auffahren des Erkundungsstollens angetroffen wurden (ESI-f4158, ESI-f4202, ESI-f4293) und somit mit einer geringen Schwankungsbreite für die gegenständlichen Bauwerke lokalisiert werden können. Diese sind in den geotechnischen Längenschnitten in Zeile 26, 30 und 34 unter „Störungszonen lokalisiert“ angegeben. Die Prognoseunsicherheit für diese Störungen ist als gering einzustufen.

Zusätzlich wird im betrachteten Abschnitt eine weitere Störung des regionalgeologischen Wipptal-Störungssystems (AS2) prognostiziert.

Beim Vortrieb des Erkundungsstollens wurden Störungen dieses Systems aufgeföhren und deren Auftreten im vorliegenden Planungsbereich dokumentiert. Aufgrund des achsparallelen Verlaufes dieses Störungssystems (AS Systeme streichen annähernd Nord-Süd) kann jedoch keine diskrete Störung dieses Systems direkt aus dem Erkundungsstollen in den betrachteten Abschnitt projiziert werden. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass eine entsprechende Störung im Bereich der gegenständlichen Bauwerke durchaus auftreten kann. Dies betrifft jedoch nur die beiden Haupttröhren. Da der Mittelstollen unmittelbar oberhalb des Erkundungsstollens liegt, kann ein solches System im Bereich des Mittelstollens ausgeschlossen werden. Diese Störung ist im geotechnischen Längenschnitt in Zeile 26, 30 und 34 unter „Störungszonen ohne exakte Lokalisierung“ angegeben. Die Prognoseunsicherheit für diese Störungen ist als hoch einzustufen.

### 5.2 STÖRUNGSGESTEINE

Die folgende Darstellung der Störungsgesteine bezieht sich lediglich auf eine Gesteinsbeschreibung. Das Auftreten und die Verteilung (z. B. in Core Zone und Damage Zone) erfolgt in den jeweiligen Gebirgsartendatenblättern der einzelnen Störungen.

Folgende Störungsgesteine werden prognostiziert:

#### **Fault gouge:**

bindig-kohäsives Gesteinszerreißel im Feinkornbereich; Kohäsion primär durch intergranulare Haftung im Feinkornbereich; im Projektraum häufig geschiefert.

isotropes Materialverhalten

## 5 ZONE DI FAGLIA

### 5.1 LOCALIZZAZIONE DELLE ZONE DI FAGLIA

Nel caso delle faglie indicate nel profilo longitudinale geotecnico e nelle schede dati si tratta di faglie discrete intercettate nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo (ESI-f4158, ESI-f4202, ESI-f4293) la cui localizzazione è quindi definibile con un grado molto basso di incertezza per le opere in oggetto. Le medesime sono indicate nei profili longitudinali geotecnici alle righe 26, 30 e 34 "Zone di faglia localizzate". Per queste faglie l'incertezza di previsione è bassa.

Nella sezione in esame viene pronosticata un'altra faglia rientrante nel sistema di faglie regionale-geologico del Wipptal (AS2).

Nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo sono state intercettate delle faglie rientranti nel suddetto sistema la cui presenza viene documentata per l'area di progettazione in oggetto. A causa dell'andamento del sistema di faglia in parallelo all'asse (i sistemi AS presentano una direzione pressoché nord-sud) non può però essere proiettata una faglia discreta del suddetto sistema direttamente dal cunicolo esplorativo alla sezione in esame. Si deve però presumere la possibile presenza di una tale faglia nell'area interessata dalle opere in oggetto. Ciò riguarda però esclusivamente le due canne principali. Dato l'andamento del cunicolo centrale direttamente al di sopra del cunicolo esplorativo è possibile escludere la presenza di un tale sistema nel settore interessato dal cunicolo centrale. Tale faglia è indicata nel profilo longitudinale geotecnico alle righe 26, 30 e 34 "Zone di faglia senza localizzazione esatta". Per questa faglia l'incertezza di previsione è elevata.

### 5.2 ROCCE DI FAGLIA

La seguente rappresentazione delle rocce di faglia si limita a una descrizione litologica. La loro presenza e suddivisione (ad es. in core zone e damage zone) vengono rappresentate nelle schede dati delle singole faglie.

Vengono pronosticate le rocce di faglia indicate di seguito:

#### **Fault gouge:**

roccia frantumata coerente-coesiva di grana fine; coesione grazie primariamente all'aderenza intergranulare del materiale fine; nell'area di progetto frequentemente scistoso.

comportamento isotropo del materiale



Abb. 2 Fault gouge im Oberflächenaufschluss und im Bohrkern



III. 2 Fault gouge con affioramento in superficie e nella carota

### Geschieferter Protokataklasit, entfestigt:

Sprödetektonisch mäßig bis stark durchbewegtes Gestein; geprägt durch engständige Schieferungs- und Scherflächen mit einer dominanten Vorzugsorientierung bei stark streuenden Orientierungswerten der einzelnen Flächen; typisches Sigmoidalgefüge; deutliche Entfestigung entlang dieser Trennflächen; oft intensiv und unregelmäßig verfaltet; Primärgefüge evt. noch reliktsch vorhanden; Matrixanteil <10% (Matrix: im Protokataklasit eingelagertes lockergesteinsartiges Störungsgestein abseits der „Hauptscherbahnen“); Festigkeit in Form von Restfestigkeit und untergeordnet durch Kornverband infolge von Mineral-Einregelung anstelle völligen Zerbrechens

anisotropes Materialverhalten

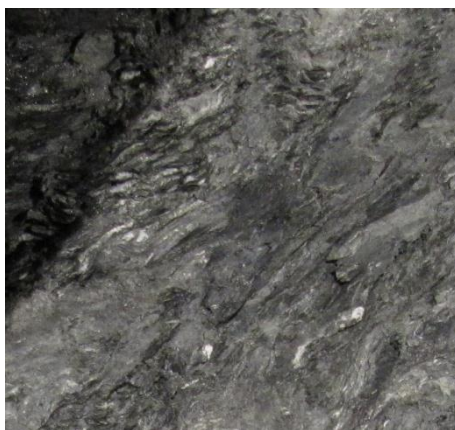
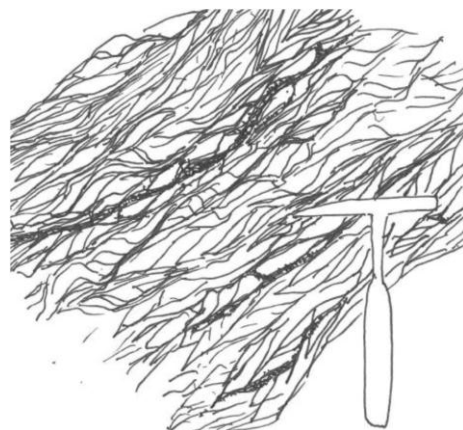


Abb. 3 Geschieferter Protokataklasit im Zugangstunnel Ahrental mit Detailskizze

### Protocataclasiti scistose, detensionate:

Roccia caratterizzata da movimenti da medi a forti sotto il profilo della tettonica fragile; roccia caratterizzata da superfici di scistosità e da piani di taglio fitti con una preferenza di orientamento dominante e valori di orientamento molto differenti delle singole superfici; struttura sigmoidale tipica; detensionamento sensibile lungo queste discontinuità; ripiegatura frequentemente intensa e irregolare; struttura primaria ancora eventualmente presente in forma relitta; aliquota matrice <10% (matrice: rocce di faglia sotto forma di materiale sciolto intercalate nelle protocataclasiti distanti dalle "shearband principali"); resistenza grazie a una resistenza residua e, in via subordinata, grazie alla granulometria risultante dall'orientamento preferenziale dei costituenti minerali al posto della frantumazione totale.

comportamento anisotropo del materiale



III. 3 Protocataclasiti scistose nella galleria di accesso Ahrental con disegno di dettaglio

### Zerrüttungszone (frac):

Gebirge mit deutlich erhöhter Trennflächendichte und schieferungsparalleler Entfestigung, sowie deutlich vermehrtes Auftreten von Harnischflächen. Das Gebirge ist

### Zona di fratturazione (frac):

Roccia con una frequenza di discontinuità molto elevata e detensionamento parallelo alla scistosità nonché presenza sensibilmente più frequente di specchi di faglia. La roccia è

zerrüttet und bereits an der Ortsbrust als deutlich gestört erkennbar.

fratturata e già presso il fronte di scavo è visibile il suo carattere disturbato.

#### Erhöhte Trennflächendichte (jrm - jointed rock mass):

Gebirge mit erhöhter Trennflächendichte, sowie vermehrtem Auftreten von Harnischflächen. Ein direkter Störungseinfluss ist nicht sofort zu erkennen. Die erhöhte Dichte an Trennflächen zeigt sich oft erst im Zuge der graphischen Darstellung oder nachfolgenden Auswertung des betreffenden Abschnittes (Tunnelband, GSI,...).

#### Frequenza elevata delle discontinuità (jrm - jointed rock mass):

Roccia con un'elevata frequenza delle discontinuità nonché presenza più frequente di specchi di faglia. Non si riconosce immediatamente un impatto diretto della faglia. Spesso la frequenza elevata delle discontinuità si presenta solo nel corso della rappresentazione grafica o la successiva restituzione del tratto in oggetto (scheda dati della galleria, GSI,...).

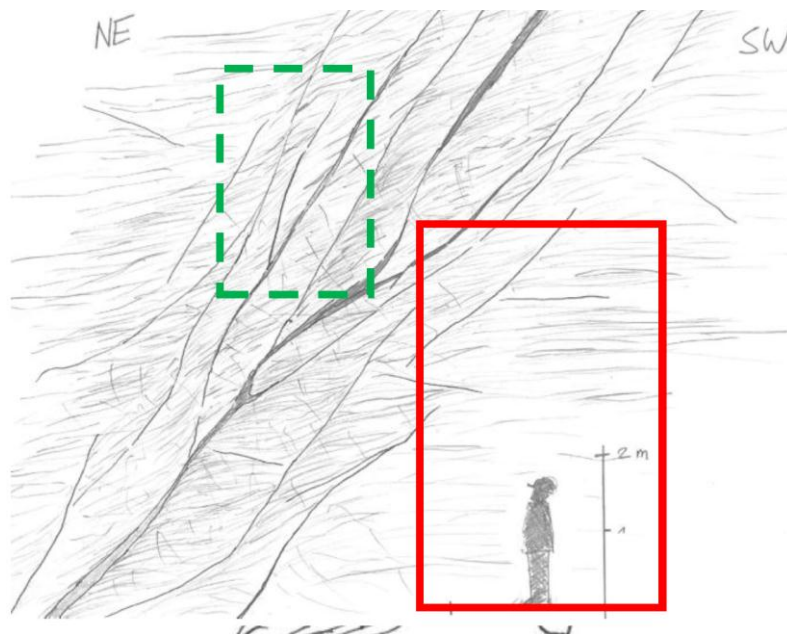


Abb. 4 Zerrüttungszone frac (grüner, strichlierter Rahmen), erhöhte Trennflächendichte (jrm) (roter Rahmen), Skizzen der Störungszonen ESI-f647

III. 4 Zona di fratturazione frac (quadro verde tratteggiato), frequenza elevata delle discontinuità (jrm) (quadro rosso), disegni delle zone di faglia ESI-f647

### 5.3 STÖRUNGSSYSTEME

Es werden folgende Störungssysteme prognostiziert, wobei die einzelnen Störungssysteme durch nachstehende Kurzbezeichnungen definiert sind:

### 5.3 SISTEMI DI FAGLIA

Si prevedono i sistemi di faglia sotto riportati; i singoli sistemi sono definiti da denominazioni sintetiche indicate tra parentesi:

SZ-IQP-AS2      Störungssystem Wipptal  
 (AS = Abschiebung)  
 Typ 2 = Abschiebung geringmächtig (Typ 1 - Abschiebung mächtig wird im betrachteten Bereich nicht prognostiziert)

#### 5.4 GEOTECHNISCHE RELEVANZ VON STÖRUNGEN

Die geotechnische Relevanz von Störungen wird in ein System aus 3 Stufen (Ampelsystem) eingeteilt. Diese Einstufung basiert maßgeblich auf den Erfahrungen des Systemverhaltens beim Vortrieb des Erkundungsstollens.

##### Nicht relevant (grün)

- Kein Einfluss auf das Gebirgsverhalten des umgebenden "intakten" Gebirges (gleicher GVT wie umgebendes Gebirge)
- Keine gesonderte statische Betrachtung erforderlich
- Kein Einfluss auf die Verformungen
- Keine zusätzlichen Stützmittel notwendig

##### Relevant (gelb)

- Einfluss auf das Gebirgsverhalten des umgebenden "intakten" Gebirges
- Gesonderte statische Betrachtung erforderlich
- Zunahme der Verformungen im Bereich der Störung
- Störung ist im Vortrieb spürbar
- zusätzliche Stützmittel (z. B. dichteres Ankerraster, längere Anker, Ortsbrustsicherungen) notwendig

##### Stark relevant (rot)

- Maßgeblicher Einfluss auf das Gebirgsverhalten im Vergleich zum umgebenden "intakten" Gebirge
- Gesonderte statische Betrachtung erforderlich
- Deutliche / maßgebliche Zunahme der Verformungen im Bereich der Störung
- Störung ist im Vortrieb deutlich spürbar
- zusätzliche Stützmittel (z. B. dichteres Ankerraster, längere Anker, Ortsbrustsicherungen) notwendig

Als nicht relevant (grün) werden im betrachteten Abschnitt folgende Störungen eingestuft.

ESI-f4202

ESI-f4293

Diese Störungen wurden bereits beim Vortrieb des Erkundungsstollens durchörtert. Die Einstufung basiert daher maßgeblich auf den Erfahrungen bei diesen Vortrieben.

#### 5.4 RILEVANZA GEOTECNICA DI FAGLIE

La rilevanza geotecnica delle faglie viene suddivisa in tre livelli (sistema a semaforo). Questa classificazione si basa quindi sostanzialmente sulle esperienze relative al comportamento del sistema acquisite nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo.

##### Non rilevante (verde)

- Nessun impatto sul comportamento dell'ammasso roccioso "intatto" circostante (stesso tipo di comportamento della roccia circostante)
- Nessuna necessità di un esame statico a parte
- Nessun impatto sulle deformazioni
- Nessuna necessità di misure di sostegno aggiuntive

##### Rilevante (giallo)

- Impatto sul comportamento dell'ammasso roccioso "intatto" circostante
- Necessità di un esame statico a parte
- Aumento delle deformazioni nell'area interessata dalla faglia
- Faglia percepibile nel corso dello scavo
- Necessità di misure di sostegno aggiuntive (ad es. griglia di ancoraggi più fitta, ancoraggi più lunghi, stabilizzazione del fronte di scavo)

##### Molto rilevante (rosso)

- Impatto decisivo sul comportamento dell'ammasso roccioso rispetto all'ammasso roccioso "intatto" circostante
- Necessità di un esame statico a parte
- Aumento sensibile / decisivo delle deformazioni nell'area interessata dalla faglia
- Faglia ben percepibile nel corso dello scavo
- Necessità di misure di sostegno aggiuntive (ad es. griglia di ancoraggi più fitta, ancoraggi più lunghi, stabilizzazione del fronte di scavo)

Nella sezione in esame vengono classificate non rilevanti (verde) le faglie di seguito riportate.

ESI-f4202

ESI-f4293

Nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo queste faglie sono già state attraversate. La classificazione si basa quindi sostanzialmente sulle esperienze acquisite nel corso dei

suddetti scavi.

Als stark relevant (rot) wird im betrachteten Abschnitt die Störung ESI-f4158 eingestuft. Diese Störung war beim Vortrieb des Erkundungstollens ca. auf einer Länge von 80 m deutlich spürbar. Im Bereich der Störungszone zeigte sich ein maßgeblich anderes Gebirgsverhalten als es das umgebende Gebirge hatte. Während das umgebende Gebirge als GVT2 eingestuft wurde, wurde dem Bereich der Störungszone der GVT4-1 zugewiesen. Im Bereich der Störungszone waren zusätzliche Stützmittel, ein Sohlgewölbe sowie Ortsbrustsicherungen notwendig.

Weiterhin wird im Bereich der Hauptröhren eine nicht lokalisierbare Störung des Typs AS2 prognostiziert. Diese Störung wird als relevant (gelb) eingestuft.

Nella sezione in esame viene classificata molto rilevante (rosso) la faglia ESI-f4158. Nel corso dello scavo la suddetta faglia era ben percepibile su una lunghezza di circa 80 m. Nell'area interessata dalla zona di faglia il comportamento dell'ammasso roccioso si presenta decisamente diverso rispetto alla roccia circostante. Mentre alla roccia circostante è stato attribuito il comportamento dell'ammasso roccioso del tipo 2, all'area interessata dalla zona di faglia è stato assegnato il tipo 4-1. Nell'area interessata dalla zona di faglia si presentava la necessità di applicare delle misure di sostegno aggiuntive, realizzare un arco rovescio nonché eseguire delle stabilizzazioni del fronte di scavo.

Per la sezione delle canne principali viene pronosticata inoltre una faglia del tipo AS2 non localizzabile. Questa faglia viene classificata rilevante (giallo).

## 6 GEBIRGSVERHALTEN

### 6.1 VORGEHENSWEISE ZUR ERMITTLUNG DES GEBIRGSVERHALTENS

#### 6.1.1 Allgemeines

Das Gebirgsverhalten wird durch die Gesteinseigenschaften, das Trennflächengefüge und deren Eigenschaften, den in-Situ Spannungsverhältnissen, den Bergwasserverhältnissen sowie der Hohlraumform bestimmt.

Für die Ermittlung des Gebirgsverhaltens wird von einem ungestützten Hohlraum im Vollausschub ohne stützende Wirkung der Ortbrust ausgegangen.

Für die Ermittlung des Gebirgsverhaltens wurden unter anderem folgende Untersuchungsverfahren herangezogen:

- Empirische Verfahren (z. B. Gebirgsbeanspruchung nach Hoek)
- Analytische Berechnungsverfahren (z. B. Blockgleitverfahren, Kennlinienverfahren)
- Numerische Berechnungsverfahren (z. B. Finite Elemente, Finite Differenzen)

#### 6.1.2 Empirische Bestimmung der Gebirgsbeanspruchung

Zur Bestimmung der Gebirgsbeanspruchung wurde die Gebirgsfestigkeit (rock mass strength)  $\sigma_{cm}$  nach Hoek-Brown durch die maximale Hauptspannung (entweder vertikal oder horizontal) dividiert, und gemäß der Definition nach Hoek & Marinos beurteilt:

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} > 0,45$  nachbrüchig

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} 0,45-0,28$  leicht druckhaft

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} 0,28-0,20$  mittel druckhaft

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} < 0,20$  stark druckhaft

#### 6.1.3 Analytische Ermittlung der Radialdeformation und des plastischen Radius mit dem Kennlinienverfahren

Zur ersten Abschätzung der Radialdeformation / bzw. der bezogenen Radialverformung wurde das Kennlinienverfahren verwendet. Für die Berechnung nach dem Kennlinienverfahren wird eine rotationssymmetrische Belastung ( $K=1$ ) vorausgesetzt. Des Weiteren kann mit Hilfe des Kennlinienverfahrens eine erste Abschätzung der Tiefe der plastischen Zone im Gebirge über den plastischen Radius erfolgen.

## 6 COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO

### 6.1 PROCEDIMENTO PER LA DETERMINAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO

#### 6.1.1 Generalità

Il comportamento dell'ammasso roccioso è determinato dalle caratteristiche della roccia, dalle strutture di discontinuità e dalle caratteristiche delle stesse, dalle condizioni di tensione in situ, dalle condizioni delle acque ipogee nonché dalla forma della cavità.

Per l'individuazione del comportamento dell'ammasso roccioso si presume una cavità non consolidato realizzato a piena sezione senza effetto di sostegno del fronte di scavo.

Per l'individuazione del comportamento dell'ammasso roccioso ci si è basati tra l'altro sui seguenti metodi di indagine:

- Metodi empirici (ad es. sollecitazione dell'ammasso roccioso secondo Hoek)
- Metodi di calcolo analitici (ad es. metodo di calcolo sull'instabilità dei blocchi, metodo di calcolo delle curve caratteristiche)
- Metodi di calcolo numerici (ad es. elementi finiti, differenze finite)

#### 6.1.2 Determinazione empirica della sollecitazione dell'ammasso roccioso

Per determinare la sollecitazione dell'ammasso roccioso, la resistenza dello stesso (rock mass strength)  $\sigma_{cm}$  secondo Hoek-Brown è stata divisa per la tensione principale massima (o verticale o orizzontale) e valutata secondo la definizione di Hoek & Marinos:

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} > 0,45$  friabile

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} 0,45-0,28$  poco spingente

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} 0,28-0,20$  mediamente spingente

$\sigma_{cm}/\sigma_{max} < 0,20$  fortemente spingente

#### 6.1.3 Determinazione analitica della deformazione radiale e del raggio plastico con il metodo delle linee caratteristiche

Per una prima stima della deformazione radiale ovvero della deformazione radiale relativa è stato utilizzato il metodo di calcolo delle curve caratteristiche. Per il calcolo delle curve caratteristiche viene ipotizzato un carico rotativo simmetrico ( $K=1$ ). Oltre a ciò, con il metodo di calcolo delle curve caratteristiche è possibile effettuare una prima stima della profondità della zona plastica nell'ammasso roccioso attraverso il raggio plastico.

Die Kennlinie wurde nach der Methode Sulem/Panet (1987) ermittelt.

La curva caratteristica é stata in sostanza determinata secondo il metodo di Sulem/Panet (1987).

### Ansatz nach Sulem/Panet 1987

Gemäß dem Ansatz von Sulem/Panet (1987) ist der Plastische Radius durch folgende Gleichung definiert:

$$r_p = r_0 \left( \frac{2}{k+1} \frac{(k-1)p_0 + \sigma_{UCS}}{(k-1)p_i + \sigma_{UCS}} \right)^{\left(\frac{1}{k-1}\right)}$$

Die plastische Verformung am Ausbruchrand ergibt sich wie folgt:

$$u_r = \lambda * r_0 * \frac{p_0}{2G} \left( \frac{r_p}{r_0} \right)^2 \quad \dots \quad \lambda = \frac{1}{(k+1)} \left( k - 1 + \frac{\sigma_{UCS}}{p_0} \right)$$

$r_p$ ... Plastischer Radius [m]

$r_0$ ... Ausgangsradius [m]

$k$ ... Passiver Erddruckbeiwert [-]

$$k = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$p_0$ ... Überlagerungsspannung [MPa]

$\sigma_{UCS}$ ... Einaxiale Gebirgsdruckfestigkeit [MPa]

$$\sigma_{UCS} = \frac{2 * c * \cos \phi}{1 - \sin \phi}$$

$p_i$ ... Innendruck [MPa]

$u_r$ ... plastische Verformung am Ausbruchrand [m]

$\lambda$ ... Faktor Lambda [-]

$G$ ... Schubmodul [MPa]

Zusätzlich zur Radialverformung wird die bezogene Radialverformung zur Abschätzung des Squeezingpotentials ermittelt. Die bezogene Radialverformung ist durch das prozentuale Verhältnis der Radialverformung zum Ausgangsradius definiert. Für die Beurteilung des Squeezingpotential wird folgende Unterteilung verwendet:

„Kein Squeezing“ für 0.0% bis 1.0%

„Leichtere Squeezing Probleme“ für 1.0% bis 2.5%

„Ernstere Squeezing Probleme“ für 2.5% bis 5.0%

„Sehr Ernste Squeezing Probleme“ für 5.0% bis 10%

„Extreme Squeezing Probleme“ für >10%

### Metodo di Sulem/Panet 1987

Secondo il metodo di Sulem/Panet (1987), il raggio plastico viene definito attraverso la seguente equazione:

La deformazione plastica al contorno dello scavo viene determinata come segue:

$r_p$ ... raggio plastico [m]

$r_0$ ... raggio iniziale [m]

$k$ ... coefficiente di spinta passiva del terreno [-]

$$k = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$p_0$ ... tensione di sovrapposizione [MPa]

$\sigma_{UCS}$ ... compressione monoassiale dell'ammasso roccioso [MPa]

$$\sigma_{UCS} = \frac{2 * c * \cos \phi}{1 - \sin \phi}$$

$p_i$ ... pressione interna [MPa]

$u_r$ ... deformazione plastica al contorno dello scavo [m]

$\lambda$ ... fattore lambda [-]

$G$ ... modulo di spinta [MPa]

Oltre alla deformazione radiale viene determinata la deformazione radiale relativa per la stima dello squeezing potential. La deformazione radiale relativa viene definita dal rapporto percentuale tra la deformazione radiale e il raggio iniziale. Per la valutazione dello squeezing potential ci si basa sulla seguente suddivisione:

„Nessun squeezing“ per 0.0% fino a 1.0%

„Modesti problemi di squeezing“ per 1.0% fino a 2.5%

„Problemi di squeezing più gravi“ per 2.5% fino a 5.0%

„Problemi di squeezing molto gravi“ per 5.0% fino a 10%

„Problemi di squeezing estremamente gravi“ per >10%

#### 6.1.4 Blockgleitverfahren

Durch den Verschnitt der Strukturen (Trennflächen) im Gebirge mit dem Hohlraum werden ebene / räumliche Bruchkörper definiert. Aus der Lage und der Größe dieser Bruchkörper wird eine Analyse der möglichen kinematischen Versagensmechanismen durchgeführt. Dabei wird unterschieden zwischen:

- rein gravitativ induzierten Versagensmechanismen und
- spannungsinduzierten Versagensmechanismen.

Die Untersuchung von rein gravitativ induzierten Versagensmechanismen erfolgte unter Zuhilfenahme des Programmes Unwedge der Fa. Rocscience.

Die Untersuchung von spannungsinduzierten Versagensmechanismen erfolgte unter Zuhilfenahme des Programmes Phase2 der Fa. Rocscience. Dabei wurde das Trennflächengefüge voll modelliert und das Gestein mit seinen im Labor ermittelten Kennwerten abgebildet.

#### 6.1.5 Numerische Berechnungen zur Ermittlung des Gebirgsverhaltens

Für die numerischen Berechnungen wurden sowohl das Programm Phase2 der Fa. Rocscience als auch Plaxis verwendet. Dabei wurden die ebenen Berechnungsmodelle unter Verwendung von Phase 2, die räumlichen Modelle unter Verwendung von Plaxis durchgeführt.

Für die Modellierung des Gebirges wurden folgende Stoffgesetze im Zuge der Berechnungen verwendet:

- Mohr-Coulomb (Gebirge und Trennflächen)
- Hoek-Brown (Gebirge)

Je nach Grad der erforderlichen Detaillierung wurden folgende Varianten für die Erfassung der Gesteins-, Gebirgs- und Trennflächenparameter berücksichtigt:

- Ansatz der Mohr-Coulomb Gebirgsparameter ohne Modellierung der Trennflächen
- Ansatz der Hoek-Brown Gebirgsparameter ohne Modellierung der Trennflächen
- Ansatz der Gesteinsparameter einschließlich Modellierung des Trennflächengefüges

Den Berechnungen liegt immer der Ansatz eines Vollausschlusses zu Grunde.

#### 6.1.4 Metodo di calcolo sull'instabilità dei blocchi

Il taglio delle strutture (zone di discontinuità) nell'ammasso roccioso con la cavità permette la definizione di corpi di rottura piani/tridimensionali. Sulla base della posizione e della dimensione di tali corpi si esegue un'analisi dei possibili meccanismi cinematici di rottura. Al proposito si opera una distinzione tra:

- meccanismi di rottura indotti esclusivamente dalla gravitazione, e
- meccanismi di rottura indotti dalla tensione.

L'analisi dei meccanismi di rottura indotti esclusivamente dalla gravitazione è avvenuta grazie all'ausilio del programma Unwedge dell'azienda Rocscience.

L'analisi dei meccanismi di rottura indotti dalla tensione è avvenuta grazie all'ausilio del programma Phase2 dell'azienda Rocscience. La struttura delle zone di discontinuità è stata completamente modellata e la roccia è stata rappresentata con i relativi coefficienti determinati in laboratorio.

#### 6.1.5 Calcolazione numerica per la determinazione del comportamento dell'ammasso roccioso

Per la calcolazione numerica sono stati impiegati sia il programma Phase2 dell'azienda Rocscience, sia Plaxis. Il primo programma è stato utile al fine di eseguire i modelli di calcolo piani, il secondo per effettuare i modelli di calcolo spaziali.

Per la modellizzazione dell'ammasso roccioso, nei calcoli si sono impiegati i seguenti principi relativi ai materiali:

- Mohr-Coulomb (ammasso roccioso e zone di discontinuità)
- Hoek-Brown (ammasso roccioso)

A seconda del grado di dettaglio necessario sono state considerate le seguenti varianti per il rilevamento dei parametri relativi alla roccia, all'ammasso roccioso e alle zone di discontinuità:

- metodo dei parametri della roccia di Mohr-Coulomb senza modellizzazione delle zone di discontinuità
- metodo dei parametri della roccia di Hoek-Brown senza modellizzazione delle zone di discontinuità
- metodo dei parametri della roccia compresa la modellizzazione delle strutture delle zone di discontinuità

Tutti i calcoli si fondano sul metodo di una sezione piena.



#### 6.1.6 Gebirgsverhalten der Störzonen

Gemäß ÖGG „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb“ können Störzonen dem GVT 11 zugeordnet werden. Auf Grund der komplexen Ausbildung der Störzonen wurden diese als eigene Gebirgsart charakterisiert und dementsprechend das Gebirgsverhalten abgeleitet.

Für die Nothaltestelle Innsbruck wurde eine gesonderte Charakterisierung, mit Unterscheidung zwischen Core Zone und Damage Zone, verwendet. Diese steht jedoch nicht im Widerspruch zur ÖGG Richtlinie.

Für die Ermittlung des Gebirgsverhaltens der Störzonen sind folgende Einflussfaktoren besonders zu berücksichtigen:

- Orientierung der Störung zum Hohlraum
- Verschnittlänge im Hohlraum
- Mechanische Eigenschaften der Core Zone und der Damage Zone
- Deformationsverhalten der Core Zone und der Damage Zone
- Der Einfluss des Bergwassers.

Die rechnerische Erfassung des Gebirgsverhaltens der Störzonen ist mit empirischen und analytischen Verfahren kaum bis nicht möglich. Daher wurde zur rechnerischen Erfassung des Gebirgsverhaltens der Störzonen im Wesentlichen auf numerische Berechnungsverfahren zurückgegriffen. Es wurden ebene Berechnungsmodelle sowohl in Axial- als auch in Querrichtung zur Tunnelachse verwendet. Ergänzend wurden räumliche Berechnungen durchgeführt.

#### 6.1.6 Comportamento dell'ammasso roccioso delle zone di faglia

Ai sensi della direttiva ÖGG “Direttiva per la progettazione geotecnica di opere in sotterraneo realizzate con metodo di scavo tradizionale” le zone di faglia sono classificabili come GVT 11. In base alla conformazione complessa delle faglie, queste sono state classificate come tipo di ammasso roccioso peculiare, sulla base del quale si è derivato il tipo di comportamento dell'ammasso.

Per la fermata di emergenza di Innsbruck si è impiegata una caratterizzazione separata, basata sulla differenza tra core zone e damage zone. Tuttavia, quest'ultima non è in contrapposizione con quanto previsto dalla direttiva ÖGG.

Per determinare il comportamento dell'ammasso roccioso nelle zone di faglia è necessario considerare in particolare i seguenti fattori di influenza:

- orientamento della faglia rispetto alla cavità
- lunghezza di taglio nella cavità
- caratteristiche meccaniche della core zone e della damage zone
- deformazione tipica della core zone e della damage zone
- influsso delle acque ipogee.

Il calcolo del comportamento dell'ammasso roccioso nelle zone di faglia è difficilmente eseguibile, se non impossibile, con procedimenti empirici e analitici. Per tale motivo, al fine di determinare il comportamento dell'ammasso roccioso nelle zone di faglia, si è fatto ricorso principalmente al procedimento del calcolo numerico. Sono stati impiegati modelli di calcolo piani in direzione assiale e trasversale rispetto all'asse della galleria. Sono stati eseguiti anche calcoli spaziali.

## 7 KURZBESCHREIBUNG GEBIRGSARTEN UND GEBIRGSVERHALTEN

### 7.1 GEBIRGE

#### 7.1.1 Gebirgsart

Im betrachteten Abschnitt der Nothaltestelle Innsbruck, kommen die Gebirgsarten IQP-QP-1c/1d sowie IQP-QS-1c/1d zum Tragen.

Dabei tritt bestimmend mit ca. 95 % die Gebirgsart IQP-QP-1c/1d und untergeordnet mit ca. 5 % die Gebirgsart IQP-QS-1c/1d auf. Die untergeordnete Gebirgsart kann dabei auch über die gesamte Ortsbrust über mehrere Abschlüge hinweg angetroffen werden. Treten beide Gebirgsarten innerhalb der Ortsbrust gemischt auf, so ist für das Gebirgsverhalten die ungünstigere, die Gebirgsart IQP-QP-1c/1d, maßgebend.

Die Gebirgsarten IQP-QP-1c/1d werden maßgeblich durch die Lithologie Quarzphyllit charakterisiert. Quarzphyllit ist ein metamorphes Gestein mit den Hauptbestandteilen Quarz, Glimmer und Chlorid. Aufgrund der ausgeprägten, engständigen Schieferung verhält sich der Quarzphyllit sowohl bezüglich seiner Festigkeit als auch der Verformbarkeit deutlich anisotrop. Die größten Druckfestigkeiten treten bei senkrechter Belastungsrichtung zur Schieferung auf. Die kleinsten Druckfestigkeiten treten unter einem Winkel von ca. 30° zur Belastungsrichtung auf. Der Elastizitätsmodul schwankt in Abhängigkeit von der Belastungsrichtung zur Schieferung im Bereich zwischen 20.000 MPa und 43.000 MPa. Für die Gesteinscharakterisierung wird der Mittelwert aller gültigen Versuche von 30.000 MPa verwendet. Die Dilatometerversuche in den Bohrungen In-B-03/04s und La-B-03/09 bestätigen diesen im Labor ermittelten Wert.

Die Gebirgsarten IQP-QS-1c/1d werden maßgeblich durch die Lithologie Quarzit-Quarzitschiefer bestimmt. Es handelt sich ebenfalls um ein metamorphes Gestein das zum überwiegenden Teil aus Quarz, mit variierenden Bestandteilen an Glimmern, besteht. Sowohl die Festigkeiten als auch die Elastizitätsmoduln sind höher als beim Quarzphyllit. Gleiches gilt für den GSI und die Gebirgsfestigkeiten.

Bezüglich der Abrasivität sind alle Gebirgsarten als stark abrasiv zu bezeichnen. Die Cerchar Werte liegen zwischen 2,9 und 4,3. Die äquivalenten Quarzgehalte zwischen im Mittel 48 % für Quarzphyllit und 72 % für Quarzitschiefer..

Hinsichtlich Zähigkeit (definiert als das Verhältnis von einaxialer Druckfestigkeit zur Spaltzugfestigkeit) sind alle

## 7 DESCRIZIONE SINTETICA TIPOLOGIA E COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO

### 7.1 AMMASSO ROCCIOSO

#### 7.1.1 Tipologia dell'ammasso roccioso

Per l'area in esame della fermata di emergenza di Innsbruck sono essenziali i tipi di ammasso roccioso IQP-QP-1c/1d e IQP-QS-1c/1d.

Domina il tipo di ammasso roccioso IQP-QP-1c/1d con una presenza pari al circa 95 % ed è presente, in via subordinata, il tipo di ammasso roccioso IQP-QS-1c/1d con circa il 5 %. Il tipo di ammasso roccioso subordinato può interessare anche l'intero fronte di scavo per diverse volate. In presenza di entrambi i tipi di ammasso roccioso all'interno del fronte di scavo, il comportamento dell'ammasso roccioso viene determinato dal tipo di ammasso roccioso più svantaggioso ovvero dal tipo IQP-QP-1c/1d.

I tipi di roccia IQP-QP-1c/1d vengono caratterizzati in modo decisivo dal litotipo della fillade quarzifera. La fillade quarzifera è una roccia metamorfica composta principalmente dal quarzo, dalla mica e dal cloruro. A causa della sua scistosità pronunciata e fitta, la fillade quarzifera si comporta in modo decisamente anisotropo sia per quanto riguarda la sua resistenza che la sua deformabilità. Le resistenze alla pressione maggiori si presentano in caso di una direzione verticale del carico rispetto alla scistosità. Le resistenze alla pressione minori si presentano in caso di un angolo di circa 30° rispetto alla direzione di carico. Il modulo di elasticità varia tra 20.000 MPa e 43.000 MPa a seconda della direzione di carico rispetto alla scistosità. Per la caratterizzazione della roccia viene utilizzata il valore medio pari a 30.000 MPa individuato in base a tutte le prove valide eseguite. Le prove dilatometriche eseguite nei fori In-B-03/04s e La-B-03/09 confermano il suddetto valore individuato in laboratorio.

I tipi di roccia IQP-QS-1c/1d vengono caratterizzati in modo decisivo dal litotipo della quarzite - degli scisti quarziticci. Si tratta, di nuovo, di una roccia metamorfica composta maggiormente dal quarzo con elementi di mica in quantità variabile. Sia le resistenze sia i moduli di elasticità sono più elevati rispetto a quelli della fillade quarzifera. Parimente dicasi per il parametro GSI e le resistenze dell'ammasso roccioso.

Per quanto riguarda l'abrasività, tutti i tipi di roccia possono essere classificati come fortemente abrasivi. I valori Cerchar variano tra 2,9 e 4,3. I contenuti di quarzo equivalenti variano in media tra il 48 % nel caso della fillade quarzifera e il 72 % nel caso degli scisti quarziticci.

Per quanto riguarda la viscosità (definita come rapporto tra la resistenza alla compressione monoassiale e la resistenza alla

Gesteine als zäh zu bezeichnen.

Alle Homogenbereiche sind gekennzeichnet durch 4 Trennflächensysteme (Schieferung ausgenommen). Die an Trennflächen durchgeführten Scherversuche zeigen kein ausgeprägtes Nachbruchverhalten. Des Weiteren waren sowohl bei den ausgeführten Versuchen als auch bei den Beobachtungen im Erkundungsstollen die Trennflächenrauigkeiten sehr gering (JRC 2-4). Einige Trennflächensysteme zeigen geringmächtige Trennflächenfüllungen aus fault gouge. Im hohlraumnahen Bereich wird daher die Kohäsion auf den Trennflächen vernachlässigt.

Die strukturellen Homogenbereiche (1c/1d) unterscheiden sich im betrachteten Bereich im Wesentlichen durch die Orientierung der Schieferung. Während im strukturellen Homogenbereich 1c die Schieferung mit 0 bis 30° sehr flach einfällt, ist diese im strukturellen Homogenbereich 1d mit 40 bis 70° wesentlich steiler.

#### 7.1.2 Gebirgsverhalten

##### Orientierung der Trennflächen zum Hohlraum

*Haupttunnel und Mittelstollen:*

Im Homogenbereich 1 fällt die engständige Schieferung sehr flach gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt ist die Schieferung sehr flach bis nahezu horizontal orientiert. Im Homogenbereich 2 fällt die Schieferung mittelsteil bis steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt ist die Schieferung mittelsteil bis steil nach Osten fallend orientiert.

*Verbindungsstollen, Abluftquerstollen und Querschlag 6/1:*

Im Homogenbereich 1 fällt die engständige Schieferung flach in die Vortriebsrichtung ein (bei angenommener Vortriebsrichtung von West nach Ost). Im Querschnitt ist die Schieferung flach nach Norden orientiert. Im Homogenbereich 2 fällt die Schieferung mittelsteil bis steil in die Vortriebsrichtung ein (bei angenommener Vortriebsrichtung von West nach Ost). Im Querschnitt ist die Schieferung mittelsteil nach Norden fallend orientiert.

Die sonstigen Trennflächen fallen sehr flach bis mäßig steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt sind die sonstigen Trennflächen mittelsteil bis steil orientiert.

trazione), tutti i tipi di roccia possono essere classificati come viscosi.

Tutte le zone omogenee sono caratterizzate da 4 sistemi di discontinuità (ad eccezione della scistosità). Dalle prove di taglio eseguite in prossimità delle discontinuità non risulta una tendenza pronunciata a distacchi. Sia dalle prove eseguite sia dalle osservazioni fatte nel cunicolo esplorativo sono risultate delle rugosità delle discontinuità molto basse (JRC 2-4). Alcuni sistemi di discontinuità presentano dei riempimenti di fault gouge di spessore ridotto. Pertanto, nella sezione vicina alla cavità, la coesione sulle discontinuità viene trascurata.

Nell'area in esame le zone omogenee strutturali (1c/1d) si differenziano essenzialmente in base all'orientamento della scistosità. Mentre nella zona omogenea strutturale 1c la scistosità immerge con un angolo ridotto tra 0 a 30°, la medesima immerge con un angolo molto più elevato di 40 - 70° nella zona omogenea strutturale 1d.

#### 7.1.2 Comportamento dell'ammasso roccioso

##### Orientamento delle discontinuità rispetto alla cavità

*Gallerie principali e cunicolo centrale:*

Nella zona omogenea 1 la scistosità fitta immerge con pendenza molto ridotta contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento da molto piano a pressoché orizzontale. Nella zona omogenea 2 la scistosità immerge con pendenza da media ad elevata contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento da mediamente ripido a ripido verso est.

*Cunicoli di collegamento, cunicoli trasversali di estrazione dell'aria viziata e cunicolo trasversale di collegamento 6/1*

Nel settore omogeneo 1 la scistosità fitta immerge con pendenza ridotta nella direzione di scavo (con presunta direzione di scavo da ovest verso est). Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento poco inclinato verso nord. Nel settore omogeneo 2 la scistosità immerge con pendenza da media a elevata nella direzione di scavo (con presunta direzione di scavo da ovest verso est). Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento mediamente ripido verso nord.

Le altre discontinuità immergono con pendenza da molto ridotta a media contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale le altre discontinuità presentano un orientamento da mediamente ripido a ripido.

Aus dem Verschnitt der Trennflächen ergeben sich, insbesondere im Bereich der flachliegenden Schieferung, die maßgeblichen Bruchkörper in der Firste und den Kämpfern (Versagensmechanismus der Sargdeckelbildung).

### **Gebirgsbeanspruchung**

Die Gebirgsbeanspruchung nach HOEK, definiert durch das Verhältnis aus Gebirgsfestigkeit zur größten Hauptspannung auf Hohlraumniveau, nimmt durch die steigende Überlagerung von Norden nach Süden zu. An der nördlichen Grenze des betrachteten Bereiches ist die Gebirgsbeanspruchung nach HOEK für die Gebirgsart IQP-QP-1c/1d leicht druckhaft und nimmt nach Süden hin bis auf mittel druckhaft zu. Für die Gebirgsart IQP-QS-1c/1d nimmt die Gebirgsbeanspruchung nach HOEK von nachbrüchig auf leicht druckhaft zu.

### **Gebirgsverhaltenstyp**

Die Gebirgsverhaltenstypen werden gemäß der Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb der ÖGG definiert.

Das Gebirgsverhalten ist in allen Bereichen ausschließlich trennflächendominiert.

Für die Gebirgsart IQP-QP-1c/1d wird für die Haupttunnel und den Mittelstollen der Gebirgsverhaltenstyp GVT3 prognostiziert. Das Gebirgsverhalten wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw. –gleiten von Kluftkörpern. Die Gebirgsbeanspruchung bedingt hohlraumnahe Überbeanspruchungen verbunden mit hohlraumnaher, spannungsbedingter Entfestigung. Die Scherfestigkeit wird an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind gefügebedingt. Die Bruchzonentiefe wird mit 1 bis 3 m prognostiziert. Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle. Die Ortsbrust ist stabil. Aufgrund der Trennflächenorientierungen ist lediglich lokal mit dem Ausbruch kleinvolumiger Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.

Für die Gebirgsart IQP-QS-1c/1d wird für alle Bauwerke der Gebirgsverhaltenstyp GVT2 prognostiziert. Weiterhin wird der Gebirgsverhaltenstyp GVT2 auch für die Verbindungsstollen, die Abluftquerstollen und den Querschlag 6/1 bei Auftreten der Gebirgsart IQP-QP-1c/1d prognostiziert. Das Gebirgsverhalten ist trennflächendominiert. Es wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw. –gleiten von Kluftkörpern. Die Scherfestigkeit wird lokal an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind

I corpi di rottura determinanti in corrispondenza del colmo e delle traverse (meccanismo di rottura del distacco di massi "tipo coperchio") sono dovuti all'intersezione delle discontinuità, in particolare nell'area caratterizzata dalla scistosità pianeggiante.

### **Sollecitazione dell'ammasso roccioso**

La sollecitazione dell'ammasso roccioso secondo HOEK, definita in base al rapporto tra la resistenza dell'ammasso roccioso e la tensione principale maggiore, incrementa con l'aumentare della copertura da nord a sud. Al confine settentrionale dell'area in esame la sollecitazione dell'ammasso roccioso secondo HOEK è leggermente spingente per il tipo di ammasso roccioso IQP-QP-1c/1d e aumenta verso sud fino a diventare mediamente spingente. Per il tipo di ammasso roccioso IQP-QS-1c/1d la sollecitazione secondo HOEK aumenta da friabile fino a diventare leggermente spingente.

### **Tipo di comportamento dell'ammasso roccioso**

I tipi di comportamento dell'ammasso roccioso vengono definiti secondo la "direttiva per la progettazione geotecnica di opere in sotterraneo realizzate con metodo di scavo in tradizionale".

In tutte le aree il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato esclusivamente dalle discontinuità.

Per le canne principali e il cunicolo centrale nel tipo di ammasso roccioso IQP-QP-1c/1d viene pronosticato il tipo di comportamento dell'ammasso roccioso 3. Il comportamento dell'ammasso roccioso viene determinato dal crollo o dallo scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati. La sollecitazione dell'ammasso roccioso comporta delle sovrasollecitazioni nelle vicinanze della cavità in combinazione con il detensionamento della roccia vicino alla cavità dovuto alla tensione. La resistenza al taglio viene superata sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità da 1 a 3 m. Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo. Il fronte di scavo è stabile. A causa dell'orientamento delle discontinuità si prevedono solo dei distacchi locali di corpi di volume molto ridotto dal fronte di scavo.

Per tutte le opere costruttive nel tipo di ammasso roccioso QP-QS-1c/1d viene pronosticato il tipo di comportamento dell'ammasso roccioso 2. Per i cunicoli di collegamento, i cunicoli trasversali di estrazione dell'aria e il cunicolo trasversale di collegamento 6/1 viziata rimane invariata la previsione del comportamento dell'ammasso roccioso del tipo 2 nell'ammasso roccioso del tipo IQP-QP-1c/1d. Il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato dalle discontinuità. Viene determinato dal crollo o dallo

gefügebedingt. Die Bruchzonentiefe wird mit kleiner 1 m prognostiziert. Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle. Die Ortsbrust ist stabil. Aufgrund der Trennflächenorientierungen ist nur lokal mit dem Ausbruch sehr kleinvolumiger Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.

Im Bereich der Kreuzungen der Bauwerke ist außerhalb der Störungszonen jedenfalls der GVT3 maßgebend. Aufgrund der Störung des Gebirges während des Vortriebes ist insbesondere beim Öffnen der Querverbindungen mit einer verstärkten Auflockerung und daher mit verstärkten Ausbrüchen aus der Laibung und der Ortsbrust zu rechnen. Durch die verstärkten Spannungskonzentrationen in diesen Bereichen nehmen die hohlraumnahen Überbeanspruchungen und spannungsbedingten Entfestigungen ebenfalls zu.

Da die Gesteine als nicht wasserempfindlich zu beurteilen sind sowie aufgrund der sehr geringen prognostizierten Wassermengen hat das Bergwasser keinen Einfluss auf das Gebirgsverhalten.

scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati. Localmente viene superata la resistenza al taglio sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità inferiore a 1 m. Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo. Il fronte di scavo è stabile. A causa dell'orientamento delle discontinuità si prevedono solo dei distacchi locali di corpi di volume molto ridotto dal fronte di scavo.

In corrispondenza degli incroci delle opere, al di fuori delle zone di faglia, è in ogni caso determinate il tipo di comportamento 3. Nel corso dello scavo, in particolare al momento dell'avvio dello scavo dei cunicoli di collegamento si prevedono un allentamento rafforzato e quindi un aumento dei distacchi che interessano il contorno della cavità e il fronte di scavo. A causa delle concentrazioni maggiori delle tensioni in questi settori aumentano anche le sovrassollecitazioni nelle vicinanze della cavità e i detensionamenti dovuti alle tensioni.

Per la mancata sensibilità all'acqua della roccia e per le quantità d'acqua molto ridotte pronosticate, le acque ipogee non hanno alcun impatto sul comportamento dell'ammasso roccioso.

## 7.2 STÖRUNGSZONEN

Im Bereich der Nothaltestelle Innsbruck sind als geotechnisch relevant die Störungszone ESI-f4158 sowie eine Störung des Störungssystems SZ-IQP-AS2 prognostiziert.

### 7.2.1 SZ-IQP-ESI-f4158

Die Störung ESI-f4158 wurde beim Auffahren des Erkundungsstollens ca. zwischen EKS-km 4.140 bis 4.220 durchörtert.

Die Abbildungen 5 bis 8 zeigen beispielhaft einige ausgewählte geologische Ortsbrustdokumentationen im Bereich der Störungszone.

Die Störung wurde als mittelsteil bis steil, westfallendes Störungssystem beschrieben und damit regionalgeologisch dem Wipptal-Störungssystem (AS) zuzuordnen. Die Kernzone der Störung wanderte mit fortschreitendem Vortrieb vom linken Ulm nach rechts durch den Querschnitt. Dies aus den Abbildungen 5 bis 8 deutlich ersichtlich.

Das Gebirgsverhalten wurde in diesem Bereich als druckhaft beschrieben. Das Verformungsverhalten war stark asymmetrisch und jeweils abhängig von der Lage der Kernzone im Querschnitt. Die größten Verformungsbeträge lagen bei ca. 16 cm mit kriechender Tendenz. Selbst nach Einbau eines Sohlgewölbes konnten die Verformungen nicht vollständig zum Abklingen gebracht werden. Im Bereich der Störungszone entstanden daher durch Überbeanspruchungen maßgebliche Schäden am Ausbau in Form von Rissen und Brüchen in der Spritzbetonschale sowie Aufbiegungen der Ankerplatten. Der Ausbau musste in diesem Bereich schlußendlich vollständig saniert werden.

## 7.2 ZONE DI FAGLIA

Nell'area della fermata di emergenza di Innsbruck vengono classificate di rilevanza geotecnica la zona di faglia ESI-f4158 e una faglia del sistema di faglie SZ-IQP-AS2.

### 7.2.1 SZ-IQP-ESI-f4158

Nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo è stata attraversata la faglia ESI-f4158 nel tratto dal km 4.140 al km 4.220 circa del cunicolo esplorativo.

Le illustrazioni 5 - 8 dimostrano alcuni esempi di documentazioni geologiche del fronte di scavo nell'area interessata dalla zona di faglia.

La faglia viene descritta come sistema di faglia immergente con pendenza da media ad elevata verso ovest e viene quindi assegnata al sistema di faglie del Wipptal (AS). Con l'avanzare dello scavo la zona centrale della faglia si muove dal piedritto sinistro verso destra attraversando la sezione trasversale. Quanto sopra è chiaramente rilevabile dalle illustrazioni 5 - 8.

Per quest'area il comportamento dell'ammasso roccioso è stato descritto come "spingente". Il comportamento deformativo era fortemente asimmetrico e dipendeva dalla posizione della zona centrale nella sezione trasversale. Le deformazioni maggiori hanno raggiunto circa 16 cm e si sono verificate con velocità ridotta nell'arco di un periodo esteso. Nonostante la realizzazione di un arco rovescio le deformazioni non si sono azzerate completamente. Nell'area interessata dalla zona di faglia le sovrasollecitazioni hanno causato delle fessure e rotture interessanti il rivestimento in cls proiettato nonché dei piegamenti delle piastre di ancoraggio. Infine si è reso necessario risanare completamente il rivestimento presente nell'area in oggetto.

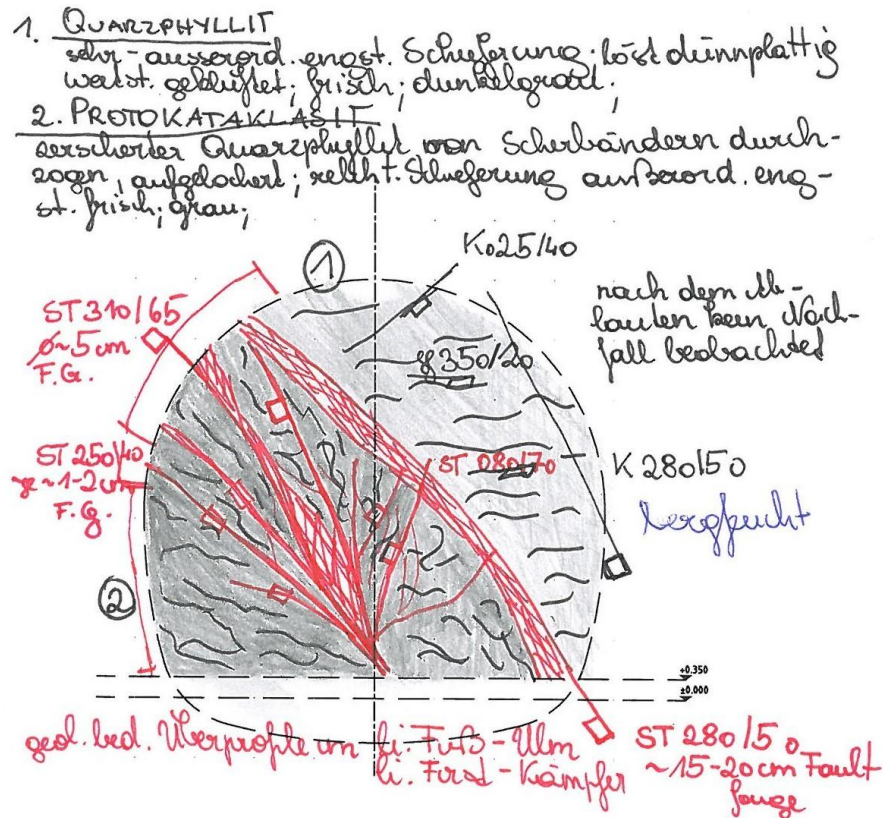


Abb. 5 Störung ESI-f4158, beispielhafte Ortsbrustdokumentation bei EKS-km 4+151) im Bereich der Störungszone

III. 5

Faglia ESI-f4158, esempio di documentazione geologica del fronte di scavo al km 4+151 del cunicolo esplorativo nella zona di faglia

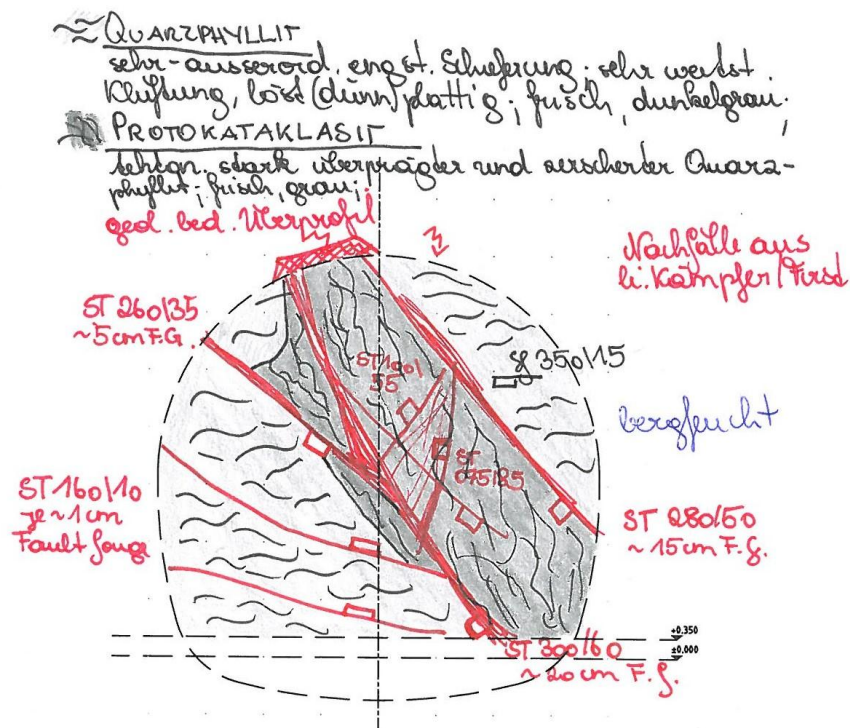


Abb. 6 Störung ESI-f4158, beispielhafte Ortsbrustdokumentation bei EKS-km 4+155) im Bereich der Störungszone

III. 6

Faglia ESI-f4158, esempio di documentazione geologica del fronte di scavo al km 4+155 del cunicolo esplorativo nella zona di faglia



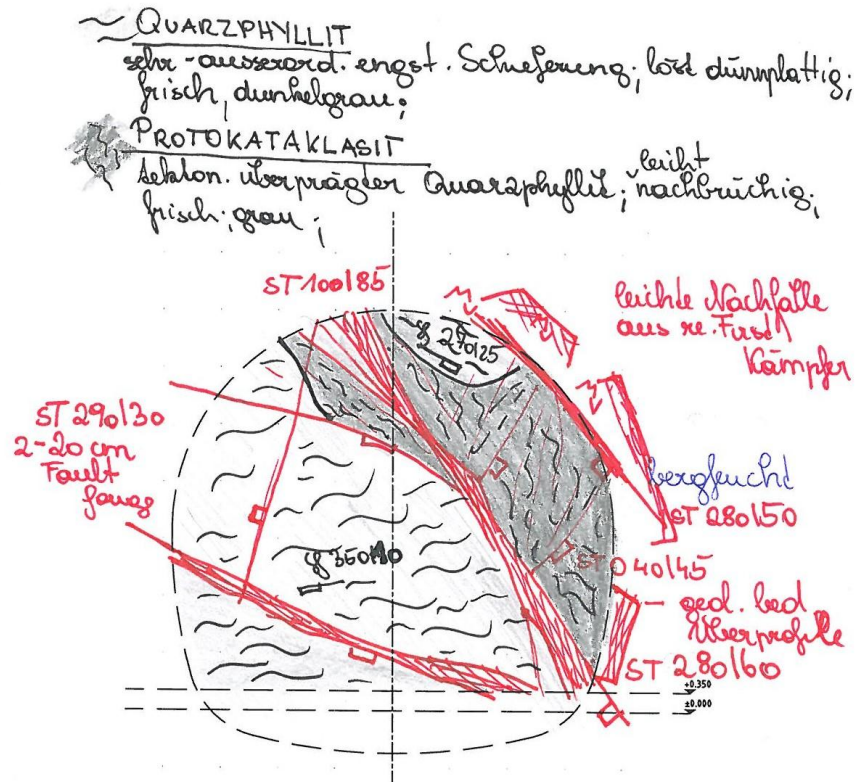


Abb. 7 Störung ESI-f4158, beispielhafte Ortsbrustdokumentation bei EKS-km 4+158) im Bereich der Störungszone

III. 7

Faglia ESI-f4158, esempio di documentazione geologica del fronte di scavo al km 4+158 del cunicolo esplorativo nella zona di faglia

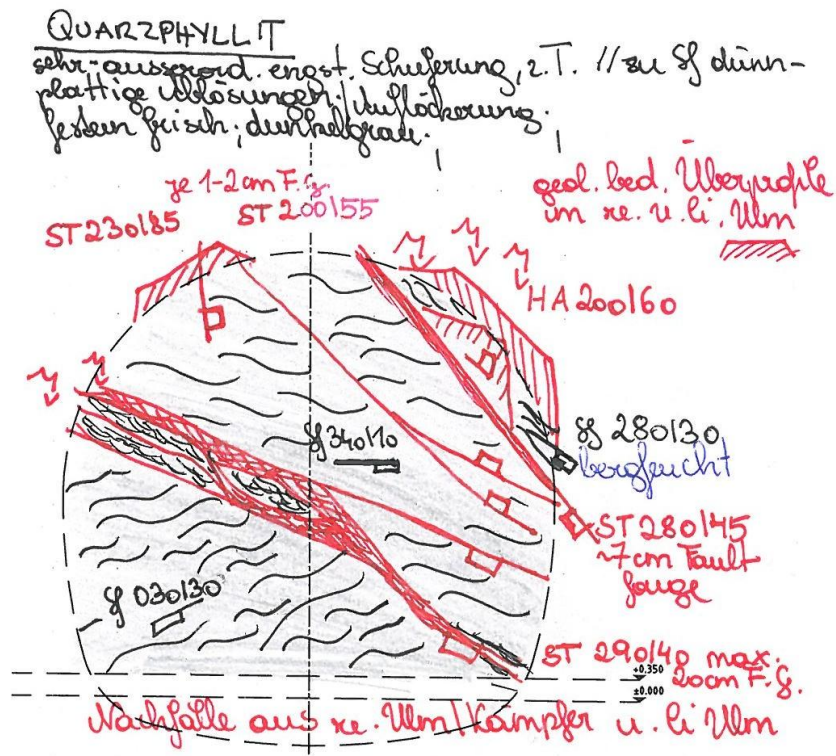


Abb. 8 Störung ESI-f4158, beispielhafte Ortsbrustdokumentation bei EKS-km 4+162) im Bereich der Störungszone

III. 8

Faglia ESI-f4158, esempio di documentazione geologica del fronte di scavo al km 4+162 del cunicolo esplorativo nella zona di faglia



Die Störungszone betrifft folgende Bauwerke im betrachteten Bereich:

- BBT Oströhre ca. bei km 6+220
- BBT Weströhre ca. bei km 6+380 (Kreuzungspunkt mit Abluftquerstollen 2)
- Mittelstollen der NHS Innsbruck ca. bei km 0+335 (Kreuzungspunkt mit Verbindungsstollen 1)
- Abluftquerstollen 1 und 2

### **Gebirgsart:**

Der Aufbau der Störungszone ESI-f4158 kann in eine Kernzone (Core Zone) mit beidseitig angrenzenden Damage Zonen unterschiedlicher Mächtigkeiten unterteilt werden. Die gesamte Störungszone besitzt eine wahre Mächtigkeit von ca. 17 m.

Die Core Zone ist geprägt durch eine ca. 5,5 m mächtige Zone im Hauptanteil bestehend aus entfestigtem, geschiefertem Protokataklasit sowie mehreren cm- bis dm-mächtigen Scherbahnen gefüllt mit fault gouge.

Die Damage Zonen sind stark asymmetrisch verteilt. Im Liegenden hat die Damage Zone eine wahre Mächtigkeit von 10,5 m, im Hangenden lediglich 1 m.

Die Damage Zonen sind gekennzeichnet durch ein Gebirge mit erhöhter Trennflächendichte (jrm) sowie dezimetermächtigen Scherbahnen aus Protokataklasit und geringmächtigen fault gouge Bahnen.

### **Gebirgsverhalten:**

Die Störung hat deutlichen Einfluss auf das Gebirgsverhalten des umgebenden Gebirges und ist als geotechnisch stark relevant einzustufen.

Die Störung wird durch die Haupttunnel und den Mittelstollen subparallel bis schleifend aufgeföhren. Die Störungszone trifft damit das Bauwerk über eine große Verschnittlänge, welche deutlich über einem Tunneldurchmesser liegt.

Die beiden Abluftquerstollen 1 und 2 werden von der Störungszone schräg geschnitten. Aufgrund der Mächtigkeit der Core Zone tritt diese jedoch im gesamten Hohlraum über mehrere Abschlöße hinweg auf.

Hinzu kommt, dass sich die Core Zone unmittelbar im Kreuzungsbereich des Mittelstollens mit dem Verbindungsstollen 1 sowie im Kreuzungsbereich der

La zona di faglia riguarda le opere riportate di seguito e presenti nell'area in esame:

- Canna est BBT al km 6+220 circa
- Canna ovest BBT al km 6+380 circa (punto di incrocio con il cunicolo di estrazione dell'aria viziata 2)
- Cunicolo centrale della fermata di emergenza di Innsbruck al km 0+33 circa 5 (punto di incrocio con il cunicolo di collegamento 1)
- Cunicolo di estrazione dell'aria viziata 1 e 2

### **Tipo dell'ammasso roccioso:**

La struttura della zona di faglia ESI-f4158 può essere divisa in una zona centrale (core zone) con due damage zone confinanti di spessori diversi. La zona di faglia intera presenta uno spessore effettivo di circa 17 m.

La core zone è caratterizzata da una zona spessa circa 5,5 m composta maggiormente da protocataclasiti scistose, detensionate nonché da diverse vie di taglio di uno spessore da qualche cm a qualche dm riempite di fault gouge.

Le damage zone sono suddivise in modo fortemente asimmetrico. Nel letto la damage zone presenta uno spessore effettivo di 10,5 m, mentre nel tetto di solo 1 m.

Le damage zones sono caratterizzate da roccia con una frequenza di discontinuità elevata (jrm) nonché da vie di taglio di spessore decimetrico composto da protocataclasiti e da strati di fault gouge di spessore ridotto.

### **Comportamento dell'ammasso roccioso:**

La faglia presenta un impatto rilevante sul comportamento dell'ammasso roccioso circostante e viene classificata molto rilevante in termini geotecnici.

L'andamento della faglia rispetto alla galleria principale e al cunicolo centrale va da subparallelo a un valore basso dell'angolo. Pertanto la lunghezza di intersezione tra la zona di faglia e l'opera è elevata e sensibilmente superiore a un diametro di galleria.

I due cunicoli di estrazione dell'aria viziata 1 e 2 intercettano la zona di faglia in modo inclinato. A causa dello spessore della core zone, la faglia interessa però l'intera cavità per diverse volte.

A ciò si aggiunge che la core zone si trova direttamente nell'area di incrocio del cunicolo centrale con il cunicolo di collegamento 1 nonché nell'area di incrocio della canna ovest

Weströhre mit der Abluftquerstollen 2 befindet.

Im Bereich der Damage Zone ist durch die verminderte Gebirgsfestigkeit und verstärkte Ausbildung von Scherzonen mit verstärkten gefügebedingten Ausbrüchen aus der Laibung und der Ortsbrust zu rechnen.

Im Bereich der Core Zone kommt es zur tiefreichenden Entfestigung und Plastifizierung des Gebirges durch den Ausbruch. Die Scherfestigkeit auf den Trennflächen wird deutlich überschritten. Dies bedingt wiederum deutlich zunehmende Verformungen im Vergleich zum umgebenden Gebirge außerhalb der Störungszone.

Da die Störungszone bereits durch den Erkundungstollen aufgefahren und dokumentiert wurde, ist die Prognoseunsicherheit gering.

#### 7.2.2 SZ-IQP-AS-2

Die Core Zone des Wipptal-Störungssystems (AS-2) ist geprägt durch eine 0,5 bis 1 m mächtige Zone bestehend aus entfestigtem, geschiefertem Protokataklasit und mehreren cm- bis dm-mächtigen Scherbahnen gefüllt mit fault gouge.

Die Damage Zone mit einer Mächtigkeit von je 1 m beidseitig der Core Zone ist gekennzeichnet durch Ausgangsgestein mit verstärkter tektonischer Auflockerung sowie einem vermehrten Auftreten von Harnischflächen und / oder cm- bis dm-mächtigen Scherzonen gefüllt mit fault gouge. Die Damage Zone zeigt eine erhöhte Trennflächendichte sowie schieferungsparallele Entfestigung im Vergleich zum Ausgangsgestein (jrm / frac, siehe Abschnitt 3.6).

Dieser Störungstyp ist parallel bis schräg (schleifend) mit flach bis steil einfallender Neigung zum Hohlraum orientiert.

Die Störungszone hat Einfluss auf das Gebirgsverhalten des umgebenden Gebirges. Trotz der geringen Mächtigkeit der Störungszone ergibt sich jedoch durch die parallele bis schräg (schleifend) Orientierung zum Hohlraum eine große Verschnittlänge der Core Zone mit dem Hohlraum (über einem Tunneldurchmesser). Auch im ungünstigsten Verschnitt erfasst die Kernzone jedoch nur einen Teil der Ausbruchfläche.

Für die Störung wird der GVT3 prognostiziert. Im unmittelbaren Störungsbereich ist mit verstärkten gefügebedingten Ausbrüchen aus der Laibung und der Ortsbrust zu rechnen. Es kommt zur lokalen hohlraumnahen Entfestigung des Gebirges durch den Ausbruch im Bereich der Störungszone und insbesondere im Bereich der Core Zone.

con il cunicolo di estrazione dell'aria viziata 2.

Nell'area interessata dalla damage zone, a causa della resistenza ridotta dell'ammasso roccioso e della formazione più frequente di zone di shear, si prevede un aumento dei distacchi dovuti alla struttura che interessano il contorno della cavità e il fronte di scavo.

Nell'area interessata dalla core zone si manifestano dei fenomeni di detensionamento profondo e di plastificazione dell'ammasso roccioso dovuti allo scavo. La resistenza al taglio sui piani di taglio viene nettamente superata. Ciò comporta a sua volta un aumento sensibile delle deformazioni rispetto all'ammasso roccioso circostante al di fuori della zona di faglia.

Per il fatto che la zona di faglia è già stata attraversata dal cunicolo esplorativo e appositamente documentata, l'incertezza di previsione è bassa.

#### 7.2.2 SZ-IQP-AS-2

La core zone del sistema di faglie Wipptal (AS-2) è caratterizzata da una zona spessa da 0,5 a 1 m composta da protocataclasi scistose, detensionate e da diverse vie di taglio di uno spessore da qualche cm a qualche dm riempite di fault gouge.

La damage zone spessa rispettivamente 1 m su ambi i lati della core zone è caratterizzata dal protolite con allentamento tettonico rafforzato nonché una presenza più frequente di specchi di faglia e / o zone di shear di spessori da qualche cm a qualche dm riempite con fault gouge. Rispetto al protolite (jrm / frac, vedi p. 3.6), la damage zone presenta una elevata frequenza di discontinuità nonché un detensionamento parallelo alla scistosità.

Questo tipo di faglia presenta un orientamento da parallelo ad inclinato (subparallelo) rispetto alla cavità e si immerge con pendenza da ridotta ad elevata.

La zona di faglia ha un impatto sul comportamento dell'ammasso roccioso circostante. Nonostante lo spessore ridotto della zona di faglia risulta però, a causa del suo orientamento da parallelo ad inclinato (subparallelo) rispetto alla cavità, una lunghezza elevata di intersezione della core zone con la cavità (superiore a un diametro galleria). Anche nel caso di intersezione più sfavorevole, la zona centrale tocca solo una parte della sezione di scavo.

Per la faglia viene previsto il tipo di comportamento dell'ammasso roccioso 3. Nella zona direttamente interessata dalla faglia si prevede un aumento dei distacchi dovuti alla struttura che interessano il contorno della cavità e il fronte di scavo. Si manifestano dei fenomeni locali di detensionamento dell'ammasso roccioso vicino alla cavità dovuti allo scavo

nell'area interessata dalla zona di faglia, in particolare dalla core zone.

Da die Gesteine als nicht wasserempfindlich zu beurteilen sind und die prognostizierten Wassermengen sehr gering sind, ist mit keinem maßgeblichen Einfluss des Bergwassers auf das Gebirgsverhalten zu rechnen.

Per la mancata sensibilità all'acqua della roccia e per le quantità d'acqua molto ridotte pronosticate, non si prevede un impatto decisivo delle acque ipogee sul comportamento dell'ammasso roccioso.

## 8 DATENBLÄTTER

### 8.1 GEBIRGSARTEN GA

Gebirge:

- IQP-QP-1c-NHSIbk
- IQP-QP-1d-NHSIbk
- IQP-QS-1c-NHSIbk
- IQP-QS-1d-NHSIbk

Störungszonen

- SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk
- SZ-IQP-AS2-NHSIbk

## 8 SCHEDE DATI

### 8.1 TIPI DI AMMASSI ROCCIOSI GA

Ammasso roccioso:

- IQP-QP-1c-NHSIbk
- IQP-QP-1d-NHSIbk
- IQP-QS-1c-NHSIbk
- IQP-QS-1d-NHSIbk

Zone di faglia

- SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk
- SZ-IQP-AS2-NHSIbk

## Gebirgsart

## IQP-QP-1c-NHSIbk

## Tipo di ammasso roccioso

Geologie - Geologia

## Gesteinsbeschreibung / Descrizione roccia

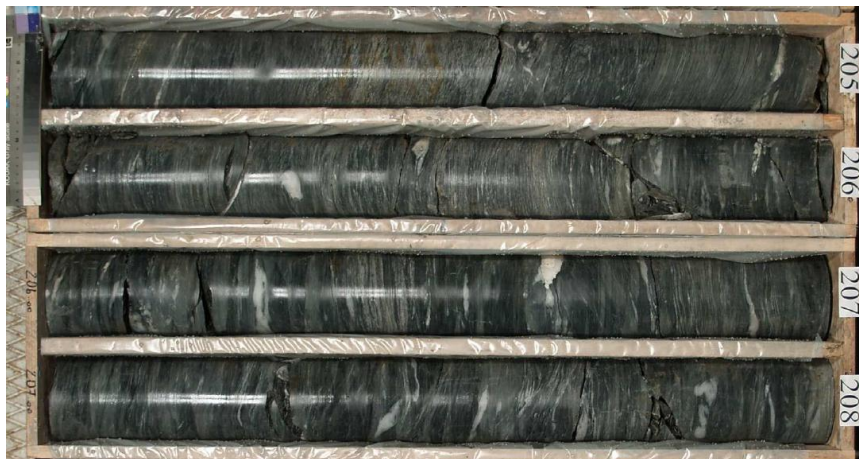
Lithologie	Quarzphyllit, untergeordnet Quarzitschiefer, Einschaltungen von Gneisen, Grünschiefern, Kalk/Dolomitmarmoren, Graphitphylliten, Porphyroiden	ID: 306 307
Litologia	Fillade quarziferia, subordinato scisto quarzítico, intercalazioni di gneiss, scisto verde, marmo calcareo/dolomitico, fillade nera, porfiroide	

## Trennflächensysteme / Sistemi di discontinuità

Schieferung Scistosità	Orientierung/ Orientamento:	340 / 0-30 bis 10 / 0-30
	Abstand / Distanza:	6-20cm
Trennflächenorientierung Orientamento della discontinuità	RTF 2e/j: 55-80 / 35-80	RTF 2w/j: 250-280 / 30-75
	RTF 2e/f: 45-75 / 50-90	RTF 2w/f: 250-280 / 40-80
Trennflächenabstände Distanza della discontinuità	RTF 2e/j: 20-200 cm	RTF 2w/j: 60-200 cm
	RTF 2e/f: 200-600 cm	RTF 2w/f: 200-600 cm
Trennflächenlänge Lunghezza della discontinuità	RTF 2e/j: 60-200 cm	RTF 2w/j: 60-200 cm
	RTF 2e/f: >600 cm	RTF 2w/f: >600 cm
Trennflächenrauigkeit JRC Scabrezza della discontinuità JRC	RTF 2e/j: 3-4	RTF 2w/j: 3-4
	RTF 2e/f: -	RTF 2w/f: -
Trennflächenfüllung Ripieno della discontinuità	RTF 2e/j: -	RTF 2w/j: -
	RTF 2e/f: fault gouge	RTF 2w/f: fault gouge

## Repräsentative Probe / Campione rappresentativo

Bohrkern (Teufe)	La-B-06/09 (204-208 m)
Sondaggio (profondità)	



Kennwerte Gestein Labor / Parametri della roccia laboratorio			
Gesteinsverhalten: Comportamento roccia:		anisotrop (durch Einfluss der Schieferung) anisotropo (sulla base di scistosità)	
$\gamma$	[kN/m³]	27	Mittelwert aus 47 Versuchen
$\sigma_{ci}$	[MPa]	36 (45) (30) (18)	Mittelwert aus 212 einaxialen Druckversuchen Senkrecht zur Schieferung Parallel zur Schieferung Minimalwert unter ca. 30° Neigung
IS	[MPa]	2,11 (34)	Mittelwerte aus 111 Punktlastversuchen mit variablen Orientierungen zur Schieferung ( $\sigma_{ci}$ Median aus 18 Versuchen)
E	[MPa]	30.000	Mittelwert aus 129 einaxialen Druckversuchen mit variablen Belastungsrichtungen zur Schieferung (ermittelt als Tangentenmodul bei 50% der Bruchspannung)
		(31.000) (30.000-60.000)	Mittelwert aus 23 Versuchen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit  Siehe Kennwerte Gebirge In-Situ (BLA)
$\nu$	[-]	0,21 (0,24)	Mittelwert aus 132 einaxialen Druckversuchen Mittelwert aus 23 Versuchen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit
SPZ	[MPa]	4,7	Mittelwert aus 62 Versuchen
CAI	[-]	3,0	Mittelwert aus 79 Versuchen, Bandbreite 1,1 – 5,2
äQu	[-]	48	Mittelwert aus 41 Dünnschliffuntersuchungen
mi	[-]	10	Mittelwert aus 27 Versuchsserien (Vergleichswert Literatur: 10 für Phyllite)
$\varphi$	[°]	46	Mittelwerte aus 7 Versuchsserien (Triaxialversuche) mit variablen Belastungsrichtungen zur Schieferung
c	[MPa]	7,5	
Kennwerte sonstige Trennflächen (außer Schieferung)			
$\varphi$	[°]	32	Die ausgeführten Versuche (19 Scherversuche) zeigen kein ausgeprägtes Nachbruchverhalten (Restfestigkeit entspricht ca. der Peakfestigkeit). Daher sowie aufgrund der geringen angetroffenen Trennflächenrauigkeiten (JRC 2-4) bzw. Trennflächenfüllungen (fault gouge) wird empfohlen die Kohäsion im hohlraumnahen Bereich (Bereich mit Kluftkörperversagen) mit c = 0 anzusetzen. Im hohlraumfernen Bereich kann die Kohäsion auf 0,2 MPa erhöht werden.
c	[MPa]	0,2 0	Dalle prove eseguite (19 prove di taglio) non risulta nessun comportamento post-rottura particolarmente pronunciato (la resistenza residua corrisponde più o meno alla resistenza di picco). Per questo motivo e sulla base delle ruvidità delle discontinuità (JRC 2-4) e dei riempimenti delle discontinuità (fault gouge) intercettati marginalmente si consiglia di applicare c = 0 per la coesione nei pressi della cavità (area con distacchi di blocchi dall'ammasso roccioso). Nell'area più distante dalla cavità la coesione può essere aumentata a 0,2 MPa.

Gebirgsart IQP-QP-1c-NHSIbk Tipo di ammasso roccioso

Kennwerte Gebirge In-Situ (BLA) / Parametri in situ (DMT)		
E [MPa]	30.000 – 60.000	Versuche Bohrungen In-B-03/04s und La-B-03/09 Die BLA Versuche wurden durchweg in Bereichen mit sehr geringen Zerlegungsgraden (RQD-Werte 100 bzw. nahe 100) ausgeführt. Die ermittelten Moduln sind daher eher einem Gesteinsmodul zuzuordnen.
Kennwerte Gebirge / Parametri dell' ammasso roccioso		
GSI [-]	45	Bandbreite 40-50, GSI=50 für geschieferten Quarzphyllit einschl. Klüftung, GSI=40 für geschieferten Quarzphyllit einschl. Klüftung sowie ein oder mehreren großflächigen Harnsichflächen bzw. geringmächtigen Scherbahnen (fault gouge Füllung)
Homogenbereiche:		NHSIbk1
h <sub>ü</sub> [m]	535-840	
D [-]	0	Disturbance Faktor nach Hoek
σ <sub>c</sub> [MPa]	1,61	Einaxiale Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
σ <sub>cm</sub> [MPa]	5,62	Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
φ [°]	32-28	Reibungswinkel Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
c [MPa]	1,3-1,8	Kohäsion Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
E [MPa]	6.140 4.500 6.710	Hoek 2005 Hoek 2002 Hoek / Diederichs 2006
E [MPa]	6.000	empfohlen / raccomandato
Quellpotential / Potenziale di swelling		
keines / nessuno		
Quelldruck [MPa]	-	
Quelldehnung [%]	-	
Hinweise:	<p>(1) Aufgrund der geringen Versuchanzahl wird der Einfluss der Schieferung nicht ausreichend erfasst. Die in Klammern angegebenen Werte ergeben sich aus den Versuchsergebnissen, die Werte außerhalb der Klammern sind die Rechenwerte, welche mit den einaxialen Druckfestigkeiten konsistent sind.</p> <p>Die Gesteinskennwerte basieren auf der Auswertung Laborversuche an Proben der Lithologie 309 und 307, für die Lithologie 312 lagen keine Versuchsergebnisse vor</p>	
Annotazioni:	<p>(1) A causa del numero di prove ridotto non è possibile individuare a sufficienza l'influenza della scistosità. I valori indicati tra parentesi derivano dai risultati delle prove, mentre i valori fuori dalle parentesi rappresentano valori di calcolo che corrispondono alle resistenze a compressione uniassiali.</p>	

## Gebirgsart

## IQP-QP-1d-NHSIbk

## Tipo di ammasso roccioso

Geologie - Geologia

## Gesteinsbeschreibung / Descrizione roccia

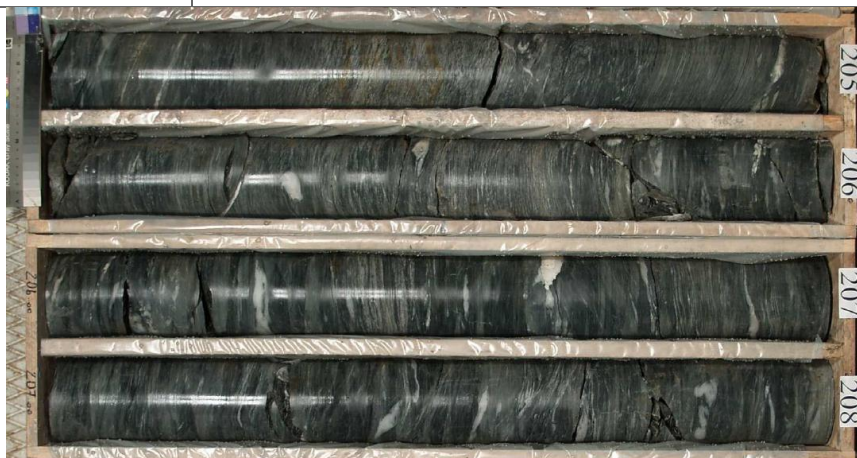
Lithologie	Quarzphyllit, untergeordnet Quarzitschiefer, Einschaltungen von Gneisen, Grünschiefern, Kalk/Dolomitmarmoren, Graphitphylliten, Porphyroiden	ID: 306 307
Litologia	Fillade quarziferia, subordinato scisto quarzítico, intercalazioni di gneiss, scisto verde, marmo calcareo/dolomitico, fillade nera, porfiroide	

## Trennflächensysteme / Sistemi di discontinuità

Schieferung Scistosità	Orientierung/ Orientamento: Abstand / Distanza:	350 / 40-70 bis 30 / 40-70 6-20cm
Trennflächenorientierung Orientamento della discontinuità	RTF 2e/j: 55-80 / 35-80 RTF 2e/f: 45-75 / 50-90	RTF 2w/j: 250-280 / 30-75 RTF 2w/f: 250-280 / 40-80 (sehr wenige)
Trennflächenabstände Distanza della discontinuità	RTF 2e/j: 20-200 cm RTF 2e/f: 200-600 cm	RTF 2w/j: 60-200 cm RTF 2w/f: 200-600 cm
Trennflächenlänge Lunghezza della discontinuità	RTF 2e/j: 60-200 cm RTF 2e/f: >600 cm	RTF 2w/j: 60-200 cm RTF 2w/f: >600 cm
Trennflächenrauigkeit JRC Scabrezza della discontinuità JRC	RTF 2e/j: 3-4 RTF 2e/f: -	RTF 2w/j: 3-4 RTF 2w/f: -
Trennflächenfüllung Ripieno della discontinuità	RTF 2e/j: - RTF 2e/f: fault gouge	RTF 2w/j: - RTF 2w/f: fault gouge

## Repräsentative Probe / Campione rappresentativo

Bohrkern (Teufe)	La-B-06/09 (204-208 m)
Sondaggio (profondità)	





Kennwerte Gestein Labor / Parametri della roccia laboratorio			
Gesteinsverhalten: Comportamento roccia:		anisotrop (durch Einfluss der Schieferung) anisotropo (sulla base di scistosità)	
$\gamma$	[kN/m³]	27	Mittelwert aus 47 Versuchen
$\sigma_{ci}$	[MPa]	36 (45) (30) (18)	Mittelwert aus 212 einaxialen Druckversuchen Senkrecht zur Schieferung Parallel zur Schieferung Minimalwert unter ca. 30° Neigung
$I_s$	[MPa]	2,11 (34)	Mittelwerte aus 111 Punktlastversuchen mit variablen Orientierungen zur Schieferung ( $\sigma_{ci}$ Median aus 18 Versuchen)
E	[MPa]	30.000	Mittelwert aus 129 einaxialen Druckversuchen mit variablen Belastungsrichtungen zur Schieferung (ermittelt als Tangentenmodul bei 50% der Bruchspannung)
		(31.000) (30.000-60.000)	Mittelwert aus 23 Versuchen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit Siehe Kennwerte Gebirge In-Situ (BLA)
$\nu$	[-]	0,21 (0,24)	Mittelwert aus 132 einaxialen Druckversuchen Mittelwert aus 23 Versuchen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit
SPZ	[MPa]	4,7	Mittelwert aus 62 Versuchen
CAI	[-]	3,0	Mittelwert aus 79 Versuchen, Bandbreite 1,1 – 5,2
äQu	[-]	48	Mittelwert aus 41 Dünnschliffuntersuchungen
$m_i$	[-]	10	Mittelwert aus 27 Versuchsserien (Vergleichswert Literatur: 10 für Phyllite)
$\varphi$	[°]	46	Mittelwerte aus 7 Versuchsserien (Triaxialversuche) mit variablen Belastungsrichtungen zur Schieferung
c	[MPa]	7,5	
Kennwerte sonstige Trennflächen (außer Schieferung)			
$\varphi$	[°]	32	Die ausgeführten Versuche (19 Scherversuche) zeigen kein ausgeprägtes Nachbruchverhalten (Restfestigkeit entspricht ca. der Peakfestigkeit). Daher sowie aufgrund der geringen angetroffenen Trennflächenrauigkeiten (JRC 2-4) bzw. Trennflächenfüllungen (fault gouge) wird empfohlen die Kohäsion im hohlraumnahen Bereich (Bereich mit Kluftkörperversagen) mit c = 0 anzusetzen. Im hohlraumfernen Bereich kann die Kohäsion auf 0,2 MPa erhöht werden.  Dalle prove eseguite (19 prove di taglio) non risulta nessun comportamento post-rottura particolarmente pronunciato (la resistenza residua corrisponde più o meno alla resistenza di picco). Per questo motivo e sulla base delle ruvidità delle discontinuità (JRC 2-4) e dei riempimenti delle discontinuità (fault gouge) intercettati marginalmente si consiglia di applicare c = 0 per la coesione nei pressi della cavità (area con distacchi di blocchi dall'ammasso roccioso). Nell'area più distante dalla cavità la coesione può essere aumentata a 0,2 MPa.
c	[MPa]	0,2 0	

Kennwerte Gebirge In-Situ (BLA) / Parametri in situ (DMT)			
E	[MPa]	30.000 – 60.000	Versuche Bohrungen In-B-03/04s und La-B-03/09 Die BLA Versuche wurden durchweg in Bereichen mit sehr geringen Zerlegungsgraden (RQD-Werte 100 bzw. nahe 100) ausgeführt. Die ermittelten Moduln sind daher eher einem Gesteinsmodul zuzuordnen.
Kennwerte Gebirge / Parametri dell' ammasso roccioso			
GSI	[-]	45	Bandbreite 40-50, GSI=50 für geschieferten Quarzphyllit einschl. Klüftung, GSI=40 für geschieferten Quarzphyllit einschl. Klüftung sowie ein oder mehreren großflächigen Harnischflächen bzw. geringmächtigen Scherbahnen (fault gouge Füllung)
Homogenbereiche:		NHSIbk2	
$h_{\bar{u}}$	[m]	840-895	
D	[-]	0	Disturbance Faktor nach Hoek
$\sigma_c$	[MPa]	1,61	Einaxiale Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
$\sigma_{cm}$	[MPa]	5,62	Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
$\varphi$	[°]	28	Reibungswinkel Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
c	[MPa]	1,8	Kohäsion Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
E	[MPa]	6.140 4.500 6.710	Hoek 2005 Hoek 2002 Hoek / Diederichs 2006
E	[MPa]	6.000	empfohlen / raccomandato
Quellpotential / Potenziale di swelling			
keines / nessuno			
Quelldruck	[MPa]	-	
Quelldehnung	[%]	-	
Hinweise:	<p>(1) Aufgrund der geringen Versuchanzahl wird der Einfluss der Schieferung nicht ausreichend erfasst. Die in Klammern angegebenen Werte ergeben sich aus den Versuchsergebnissen, die Werte außerhalb der Klammern sind die Rechenwerte, welche mit den einaxialen Druckfestigkeiten konsistent sind.</p> <p>Die Gesteinskennwerte basieren auf der Auswertung Laborversuche an Proben der Lithologie 309 und 307, für die Lithologie 312 lagen keine Versuchsergebnisse vor</p>		
Annotazioni:	<p>(1) A causa del numero di prove ridotto non è possibile individuare a sufficienza l'influenza della scistosità. I valori indicati tra parentesi derivano dai risultati delle prove, mentre i valori fuori dalle parentesi rappresentano valori di calcolo che corrispondono alle resistenze a compressione uniassiali.</p>		

Gebirgsart

IQP-QS-1c-NHSIbk

Tipo di ammasso roccioso

Gesteinsbeschreibung / Descrizione roccia

Lithologie

Quarzit-Quarzitschiefer, Biotitschiefer, untergeordnet Gneis, Glimmerschiefer und Granatglimmerschiefer (diaphthoritisch)

ID:  
309  
307  
312

Litologia

Quarzite-scisto quarzítico, scisto di biotite, subordinato gneiss, micascisto e micascisto a granato (diaftorítico)

Trennflächensysteme / Sistemi di discontinuità

Schieferung  
ScistositàOrientierung/ Orientamento: 340 / 0-30 bis 10 / 0-30  
Abstand / Distanza: 6-60cmTrennflächenorientierung  
Orientamento della discontinuitàRTF 2e/j: 55-80 / 35-80 RTF 2w/j: 250-280 / 30-75  
RTF 2e/f: 45-75 / 50-90 RTF 2w/f: 250-280 / 40-80Trennflächenabstände  
Distanza della discontinuitàRTF 2e/j: 20-200 cm RTF 2w/j: 60-200 cm  
RTF 2e/f: 200-600 cm RTF 2w/f: 200-600 cmTrennflächenlänge  
Lunghezza della discontinuitàRTF 2e/j: 60-200 cm RTF 2w/j: 60-200 cm  
RTF 2e/f: >600 cm RTF 2w/f: >600 cmTrennflächenrauigkeit JRC  
Scabrezza della discontinuità JRCRTF 2e/j: 3-4 RTF 2w/j: 3-4  
RTF 2e/f: - RTF 2w/f: -Trennflächenfüllung  
Ripieno della discontinuitàRTF 2e/j: - RTF 2w/j: -  
RTF 2e/f: fault gouge RTF 2w/f: fault gouge

Repräsentative Probe / Campione rappresentativo

Bohrkern (Teufe)

Sondaggio (profondità)

La-B-05/09 (79-81 m): Gneis und Biotit-Quarzphyllit



Bohrkern (Teufe)

Sondaggio (profondità)



La-B-03/09 (124-126 m): Quarzitschiefer bis Quarzphyllit



Geologie - Geologia

Kennwerte Gestein Labor / Parametri della roccia laboratorio			
Gesteinsverhalten: Comportamento roccia:		Schwach anisotrop Poco anisotropo	
$\gamma$	[kN/m³]	26	2 Versuche (je 1 Versuch 309 und 307)
$\sigma_{ci}$	[MPa]	40	309: Mittelwert 43 MPa, Median 40 MPa aus 5 Versuchen, parallel zur Schieferung 31 MPa (3 Versuche), senkrecht zur Schieferung 62 MPa (2 Versuche) 307: Mittelwerte / Median 38 MPa aus 5 Versuchen parallel zur Schieferung
$I_s$	[MPa]	2,37	309: Mittelwert aus 10 Versuchen, parallel zur Schieferung 1,5 MPa (6 Versuche), senkrecht zur Scheiferung 3,7 MPa (4 Versuche) 307: keine Versuche
E	[MPa]	35.000	Annahme, da keine gesicherten Versuchsergebnisse vorliegen (insbesondere der Einfluss der Belastungsrichtung nicht erfasst wurde) 309: keine zuverlässigen Versuchsergebnisse 307: Median 50.000 MPa aus 4 einaxialen Druckversuchen parallel zur Schieferung
$\nu$	[-]	0,18	Annahme, da keine gesicherten Versuchsergebnisse vorliegen 309: keine zuverlässigen Versuchsergebnisse 307: Median 0,22 aus 3 einaxialen Druckversuchen parallel zur Schieferung
SPZ	[MPa]	5,7	Median aus 11 Versuchen 309: Mittelwert / Median 6,9 MPa aus 6 Versuchen (Belastungsrichtung variabel) 307: Mittelwert / Median 4,2 MPa aus 5 Versuchen (Belastungsrichtung variabel)
CAI	[-]	4,8	Mittelwert aus 4 Versuchen (je 2 Versuche 309 und 307)
äQu	[-]	72	Wert aus einer Dünnschliffuntersuchung der Lithologie 309
$m_i$	[-]	15	309: 15 - Ergebnis aus einer Versuchsserie mit 3 triaxialen Einzelversuchen, 4 einaxialen Druckversuchen und 3 Spaltzugversuchen (parallel zur Schieferung) 307: 14 – Mittelwert / Median aus 4 triaxialen Mehrstufenversuchen (parallel zur Schieferung)
$\varphi$	[°]	(45) (50) 46(1)	309: Ergebnis aus einer Versuchsserie mit 3 triaxialen Einzelversuchen, 4 einaxialen Druckversuchen und 3 Spaltzugversuchen (parallel zur Schieferung), 307: Mittelwert / Median aus 4 triaxialen Mehrstufenversuchen (parallel zur Schieferung) (1) Rechenwerte
c	[MPa]	(5,8) (6,0) 8(1)	
Kennwerte sonstige Trennflächen (außer Schieferung)			
$\varphi$	[°]	32	Die ausgeführten Versuche (19 Scherversuche) zeigen kein ausgeprägtes Nachbruchverhalten (Restfestigkeit entspricht ca. der Peakfestigkeit). Daher sowie aufgrund der geringen angetroffenen Trennflächenrauigkeiten (JRC 2-4) bzw. Trennflächenfüllungen (fault gouge) wird empfohlen die Kohäsion im hohlraumnahen Bereich (Bereich mit Kluftkörperversagen) mit $c = 0$ anzusetzen. Im hohlraumfernen Bereich kann die Kohäsion auf 0,2 MPa erhöht werden.
c	[MPa]	0,2 0	
Dalle prove eseguite (19 prove di taglio) non risulta nessun comportamento post-rottura particolarmente pronunciato (la resistenza residua corrisponde più o meno alla resistenza di picco). Per questo motivo e sulla base delle ruvidità delle discontinuità (JRC 2-4) e dei riempimenti delle discontinuità (fault gouge) intercettati marginalmente si consiglia di applicare $c = 0$ per la coesione nei pressi della cavità (area con distacchi di blocchi dall'ammasso roccioso). Nell'area più distante dalla cavità la coesione può essere aumentata a 0,2 MPa.			

Kennwerte Gebirge In-Situ (BLA) / Parametri in situ (DMT)			
E	[MPa]	-	Keine Versuche vorliegend
Kennwerte Gebirge / Parametri dell' ammasso roccioso			
GSI	[-]	50	Bandbreite 45-55, im Vergleich zum IQP-QP Schieferung weitständiger, Ausbruchverhalten blockiger
Homogenbereiche:		NHSIbk1	
$h_{\bar{u}}$	[m]	535-840	
D	[-]	0	Disturbance Faktor nach Hoek
$\sigma_c$	[MPa]	2,41	Einaxiale Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
$\sigma_{cm}$	[MPa]	8,47	Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
$\varphi$	[°]	38-34	Reibungswinkel Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
c	[MPa]	1,7-2,3	Kohäsion Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
E	[MPa]	9.340 6.320 10.750	Hoek 2005 Hoek 2002 Hoek / Diederichs 2006
E	[MPa]	10.000	empfohlen / raccomandato
Quellpotential / Potenziale di swelling			
keines / nessuno			
Quelldruck	[MPa]	-	
Quelldehnung	[%]	-	
Hinweise:	<p>(1) Aufgrund der geringen Versuchanzahl wird der Einfluss der Schieferung nicht ausreichend erfasst. Die in Klammern angegebenen Werte ergeben sich aus den Versuchsergebnissen, die Werte außerhalb der Klammern sind die Rechenwerte, welche mit den einaxialen Druckfestigkeiten konsistent sind.</p> <p>Die Gesteinskennwerte basieren auf der Auswertung Laborversuche an Proben der Lithologie 309 und 307, für die Lithologie 312 lagen keine Versuchsergebnisse vor</p>		
Annotazioni:	<p>(1) A causa del numero di prove ridotto non è possibile individuare a sufficienza l'influenza della scistosità. I valori indicati tra parentesi derivano dai risultati delle prove, mentre i valori fuori dalle parentesi rappresentano valori di calcolo che corrispondono alle resistenze a compressione uniassiali.</p>		

Gebirgsart		IQP-QS-1d-NHSIbk		Tipo di ammasso roccioso	
Gesteinsbeschreibung / Descrizione roccia					
Lithologie		Quarzit-Quarzitschiefer, Biotitschiefer, untergeordnet Gneis, Glimmerschiefer und Granatglimmerschiefer (diaphoritisch)			ID: 309 307 312
Litologia		Quarzite-scisto quarzítico, scisto di biotite, subordinato gneiss, micascisto e micascisto a granato (diafforitico)			
Trennflächensysteme / Sistemi di discontinuitá					
Schieferung Scistositá		Orientierung/ Orientamento:		350 / 40-70 bis 30 / 40-70	
		Abstand / Distanza:		6-60cm	
Trennflächenorientierung Orientamento della discontinuitá		RTF 2e/j: 55-80 / 35-80 RTF 2e/f: 45-75 / 50-90		RTF 2w/j: 250-280 / 30-75 RTF 2w/f: 250-280 / 40-80 (sehr wenige)	
Trennflächenabstände Distanza della discontinuitá		RTF 2e/j: 20-200 cm RTF 2e/f: 200-600 cm		RTF 2w/j: 60-200 cm RTF 2w/f: 200-600 cm	
Trennflächenlänge Lunghezza della discontinuitá		RTF 2e/j: 60-200 cm RTF 2e/f: >600 cm		RTF 2w/j: 60-200 cm RTF 2w/f: >600 cm	
Trennflächenrauigkeit JRC Scabrezza della discontinuitá JRC		RTF 2e/j: 3-4 RTF 2e/f: -		RTF 2w/j: 3-4 RTF 2w/f: -	
Trennflächenfüllung Ripieno della discontinuitá		RTF 2e/j: - RTF 2e/f: fault gouge		RTF 2w/j: - RTF 2w/f: fault gouge	
Repräsentative Probe / Campione rappresentativo					
Bohrkern (Teufe)		La-B-05/09 (79-81 m): Gneis und Biotit-Quarzphyllit			
Sondaggio (profonditá)					
					
Bohrkern (Teufe)		La-B-03/09 (124-126 m): Quarzitschiefer bis Quarzphyllit			
Sondaggio (profonditá)					
					

Kennwerte Gestein Labor / Parametri della roccia laboratorio			
Gesteinsverhalten: Comportamento roccia:		Schwach anisotrop Poco anisotropo	
$\gamma$	[kN/m³]	26	2 Versuche (je 1 Versuch 309 und 307)
$\sigma_{ci}$	[MPa]	40	309: Mittelwert 43 MPa, Median 40 MPa aus 5 Versuchen, parallel zur Schieferung 31 MPa (3 Versuche), senkrecht zur Schieferung 62 MPa (2 Versuche) 307: Mittelwerte / Median 38 MPa aus 5 Versuchen parallel zur Schieferung
$I_s$	[MPa]	2,37	309: Mittelwert aus 10 Versuchen, parallel zur Schieferung 1,5 MPa (6 Versuche), senkrecht zur Scheiferung 3,7 MPa (4 Versuche) 307: keine Versuche
E	[MPa]	35.000	Annahme, da keine gesicherten Versuchsergebnisse vorliegen (insbesondere der Einfluss der Belastungsrichtung nicht erfasst wurde) 309: keine zuverlässigen Versuchsergebnisse 307: Median 50.000 MPa aus 4 einaxialen Druckversuchen parallel zur Schieferung
$\nu$	[-]	0,18	Annahme, da keine gesicherten Versuchsergebnisse vorliegen 309: keine zuverlässigen Versuchsergebnisse 307: Median 0,22 aus 3 einaxialen Druckversuchen parallel zur Schieferung
SPZ	[MPa]	5,7	Median aus 11 Versuchen 309: Mittelwert / Median 6,9 MPa aus 6 Versuchen (Belastungsrichtung variabel) 307: Mittelwert / Median 4,2 MPa aus 5 Versuchen (Belastungsrichtung variabel)
CAI	[-]	4,8	Mittelwert aus 4 Versuchen (je 2 Versuche 309 und 307)
äQu	[-]	72	Wert aus einer Dünnschliffuntersuchung der Lithologie 309
$m_i$	[-]	15	309: 15 - Ergebnis aus einer Versuchsserie mit 3 triaxialen Einzelversuchen, 4 einaxialen Druckversuchen und 3 Spaltzugversuchen (parallel zur Schieferung) 307: 14 – Mittelwert / Median aus 4 triaxialen Mehrstufenversuchen (parallel zur Schieferung)
$\varphi$	[°]	(45) (50) 46(1)	309: Ergebnis aus einer Versuchsserie mit 3 triaxialen Einzelversuchen, 4 einaxialen Druckversuchen und 3 Spaltzugversuchen (parallel zur Schieferung), 307: Mittelwert / Median aus 4 triaxialen Mehrstufenversuchen (parallel zur Schieferung) (1) Rechenwerte
c	[MPa]	(5,8) (6,0)	
		8(1)	
Kennwerte sonstige Trennflächen (außer Schieferung)			
$\varphi$	[°]	32	Die ausgeführten Versuche (19 Scherversuche) zeigen kein ausgeprägtes Nachbruchverhalten (Restfestigkeit entspricht ca. der Peakfestigkeit). Daher sowie aufgrund der geringen angetroffenen Trennflächenrauigkeiten (JRC 2-4) bzw. Trennflächenfüllungen (fault gouge) wird empfohlen die Kohäsion im hohlraumnahen Bereich (Bereich mit Kluftkörperversagen) mit $c = 0$ anzusetzen. Im hohlraumfernen Bereich kann die Kohäsion auf 0,2 MPa erhöht werden.
c	[MPa]	0,2 0	
Dalle prove eseguite (19 prove di taglio) non risulta nessun comportamento post-rottura particolarmente pronunciato (la resistenza residua corrisponde più o meno alla resistenza di picco). Per questo motivo e sulla base delle ruvidità delle discontinuità (JRC 2-4) e dei riempimenti delle discontinuità (fault gouge) intercettati marginalmente si consiglia di applicare $c = 0$ per la coesione nei pressi della cavità (area con distacchi di blocchi dall'ammasso roccioso). Nell'area più distante dalla cavità la coesione può essere aumentata a 0,2 MPa.			

Kennwerte Gebirge In-Situ (BLA) / Parametri in situ (DMT)			
E	[MPa]	-	Keine Versuche vorliegend
Kennwerte Gebirge / Parametri dell' ammasso roccioso			
GSI	[-]	50	Bandbreite 45-55, im Vergleich zum IQP-QP Schieferung weitständiger, Ausbruchverhalten blockiger
Homogenbereiche:		NHSIbk2	
$h_{\bar{u}}$	[m]	840-895	
D	[-]	0	Disturbance Faktor nach Hoek
$\sigma_c$	[MPa]	2,41	Einaxiale Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
$\sigma_{cm}$	[MPa]	8,47	Gebirgsfestigkeit nach Hoek & Brown 2002
$\varphi$	[°]	34	Reibungswinkel Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
c	[MPa]	2,3	Kohäsion Mohr-Coulomb gemäß Hoek & Brown 2002
E	[MPa]	9.340 6.320 10.750	Hoek 2005 Hoek 2002 Hoek / Diederichs 2006
E	[MPa]	10.000	empfohlen / raccomandato
Quellpotential / Potenziale di swelling			
keines / nessuno			
Quelldruck	[MPa]	-	
Quelldehnung	[%]	-	
Hinweise:	<p>(1) Aufgrund der geringen Versuchanzahl wird der Einfluss der Schieferung nicht ausreichend erfasst. Die in Klammern angegebenen Werte ergeben sich aus den Versuchsergebnissen, die Werte außerhalb der Klammern sind die Rechenwerte, welche mit den einaxialen Druckfestigkeiten konsistent sind.</p> <p>Die Gesteinskennwerte basieren auf der Auswertung Laborversuche an Proben der Lithologie 309 und 307, für die Lithologie 312 lagen keine Versuchsergebnisse vor</p>		
Annotazioni:	<p>(1) A causa del numero di prove ridotto non è possibile individuare a sufficienza l'influenza della scistosità. I valori indicati tra parentesi derivano dai risultati delle prove, mentre i valori fuori dalle parentesi rappresentano valori di calcolo che corrispondono alle resistenze a compressione uniassiali.</p>		



Geologie - Geologia

Gebirgsart Störungszone		SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk		Tipo di ammasso roccioso Zona di faglia	
Bezeichnung Denominazione	Wipptal-Störungssystem Sistema di Faglia Wipptal				
Orientierung Orientazione	270/55 ±15° (mittelsteil W-fallend) (faglia immergente verso O, inclinazione a media pendenza)				
Material DZ	Gebirge mit erhöhter Trennflächendichte (jrm) und teilweise schieferungsparalleler Entfestigung (bei geschieferten Gesteinen) (80%), geschieferter Protokataklasit (10%), fault gouge (10%), GSI 30-35				
Materiale DZ	Ammasso roccioso con fratturazione elevata (jrm) e parziale detensionamento parallelo alla scistosità (da rocce scistose) (80%), protocataclasite scistosa (10%), fault gouge (10%), GSI 30-35				
Material CZ	Geschieferter Protokataklasit, stark entfestigt (90%), fault gouge (10%)				
Materiale CZ	Protocataclasite scistosa con fratturazione elevata (90%), fault gouge (10%)				
Beschreibung	<p>DAMAGE ZONE: Mächtige DZ im Liegenden der CZ bestehend aus Gebirge mit erhöhter Trennflächendichte und dm bis 1 m mächtigen Scherbahnen mit Protokataklasit sowie geringmächtigen fault gouge. Hangend der Störung wurde im EKS nur eine wenige m mächtige Zone mit erhöhter Trennflächendichte angetroffen. Für den Mittelstollen kann von einer sehr ähnlichen Situation ausgegangen werden. Im Bereich der beiden Hauptröhren können sich eventuell die Mächtigkeiten und der Aufbau der DZ geringfügig ändern.</p> <p>CORE ZONE: 5,5 m stark entfestigter geschieferter Protokataklasit und 3-5 Stück cm- bis 0,2 dm-mächtige Scherbahnen mit fault gouge</p>				
Descrizione	<p>DAMAGE ZONE: DZ con estensione elevata, a letto della CZ, formata di ammasso roccioso con fratturazione elevata e facce di taglio con un estensione da dm a 1 m con protocataclasite e in via subordinata fault gouge. A tetto della faglia nel cunicolo esplorativo é stata incontrata solo una zona di estensione minore di pochi m di ammasso roccioso con fratturazione elevata. Per il cunicolo centrale si puo prevedere una situazione molto simile. Nella zona di entrambe le gallerie principali si possono eventualmente cambiare lievemente le estensioni e l'impostazione della DZ.</p> <p>CORE ZONE: 5,5 m protocataclasite scistosa e detensionamento forte e 3-5 vie di taglio con fault gouge e una estensione da cm a 0,2 dm</p>				
Mächtigkeit [m] Spessore reale [m]	DZ: im Liegenden: 10,5 m / im Hangenden: 1 m			CZ: 5,5 m	

Hydrogeologie - Idrogeologia	Hydrogeologische Charakterisierung	Heterogen: Die Scherzonen gefüllt mit fault gouge wirken stauend. Die Wasserwegigkeiten konzentrieren sich auf die aufgelockerten Gesteine der Damage Zone und die Protokataklasite der Core Zone die je nach Überlagerung mäßig bis gering hydraulisch durchlässig sein können.		
		Überlagerung < 300 m	DZ und CZ (ausgenommen fault gouge) Gestein	10-5 m/s – 10-7 m/s
		Überlagerung >300 m	DZ und CZ (ausgenommen fault gouge) Gestein	< 10-7 m/s
	Caratterizzazione idrogeologica	Eterogeneo: Le zone di taglio riempite di fault gouge hanno un effetto stagnante. La circolazione idrica si concentra nella roccia allentata della damage zone e nei protocataclasti della core zone, che in base allo spessore della copertura possono presentare una permeabilità idraulica da media a minima.		
		Sovrapposizione < 300 m	DZ e CZ (eccetto fault gouge) roccia	10-5 m/s – 10-7 m/s
		Sovrapposizione > 300 m	DZ e CZ (eccetto fault gouge) roccia	< 10-7 m/s
Hinweis	Die Durchlässigkeit nimmt mit zunehmender Überlagerung sukzessive ab, die Grenze bei 300 m ist lediglich ein Richtwert.			
Annotazioni	La permeabilità diminuisce successivamente con sovrapposizione crescente, il termine a 300 m ´s eolo un valore indicativo.			

Geomech. Geomecc.		DZ	CZ
	GSI [-]	30-35	-
	D [-]	0,5	-
	Kennwerte empfohlen / Parametri raccomandati		
	c [MPa]	0,50	0,30
	$\phi$ [°]	28	26
	E [MPa]	1.000	600
	Hinweis	Überlagerung 650-700 m	
	Annotazioni	Sovraposizione 650-700 m	

Geologie - Geologia

Gebirgsart Störungszone	SZ-IQP-AS2-NHSIbk		Tipo di ammasso roccioso Zona di faglia
Bezeichnung Denominazione	Wipptal-Störungssystem Sistema di Faglia Wipptal		
Orientierung Orientazione	260 & 80 ± 30° / 55 ±30° (flach bis steil W-fallend) (faglia immergente verso O e E, da pinaggiante ad alta pendenza)		
Material DZ	Gebirge mit erhöhter Trennflächendichte (jrm) und teilweise schieferungsparalleler Entfestigung (bei geschieferten Gesteinen) (50-70%), geschieferter Protokataklasit (10-30%), fault gouge (0-20%), GSI 35-40		
Materiale DZ	Ammasso roccioso con fratturazione elevata (jrm) e parziale detensionamento parallelo alla scistosità (da rocce scistose) (50-70%), protocataclasite scistosa (10-30%), fault gouge (0-20%), GSI 35-40		
Material CZ	Geschieferter Protokataklasit, stark entfestigt (50-70%), fault gouge (30-50%)		
Materiale CZ	Protocataclasite scistosa con fratturazione elevata (50-70%), fault gouge (30-50%)		
Beschreibung	DAMAGE ZONE: randlich begleiten jeweils 0 bis 1 m mächtige Zonen das Ausgangsgestein mit verstärkter tektonischer Auflockerung, vermehrtem Auftreten von Harnischflächen, cm- bis 1 dm-mächtigen Scherzonen gefüllt mit fault gouge sowie einer erhöhten Trennflächendichte und schieferungsparalleler Entfestigung  CORE ZONE: 0,5-1 m stark entfestigter geschieferter Protokataklasit und 1-3 Stück cm- bis dm-mächtige Scherbahnen mit fault gouge		
Descrizione	DAMAGE ZONE: a margine accompagnano zone con una estensione da 0-1 m la roccia madre con un detensionamento tettonico elevato, presenza più numeroso di facce di pressione, zone di taglio con una estensione da cm a 1 dm ripieni di fault gouge come anche una fratturazione leggermente elevata e detensionamento parallelo alla scistosità  CORE ZONE: 0,5-1 m protocataclasite scistosa e detensionamento forte e 1-3 vie di taglio con fault gouge e una estensione da cm a dm		
Mächtigkeit [m] Spessore reale [m]	DZ: 2*1 m		CZ: 1 m

Hydrogeologie - Idrogeologia	Hydrogeologische Charakterisierung	Heterogen: Die Scherzonen gefüllt mit fault gouge wirken stauend. Die Wasserwegigkeiten konzentrieren sich auf die aufgelockerten Gesteine der Damage Zone und die Protokataklasite der Core Zone die je nach Überlagerung mäßig bis gering hydraulisch durchlässig sein können.		
		Überlagerung < 300 m	DZ und CZ (ausgenommen fault gouge) Gestein	10-5 m/s – 10-7 m/s
		Überlagerung > 300 m	DZ und CZ (ausgenommen fault gouge) Gestein	< 10-7 m/s
	Caratterizzazione idrogeologica	Eterogeneo: Le zone di taglio riempite di fault gouge hanno un effetto stagnante. La circolazione idrica si concentra nella roccia allentata della damage zone e nei protocataclasti della core zone, che in base allo spessore della copertura possono presentare una permeabilità idraulica da media a minima.		
		Sovrapposizione < 300 m	DZ e CZ (eccetto fault gouge) roccia	10-5 m/s – 10-7 m/s
		Sovrapposizione > 300 m	DZ e CZ (eccetto fault gouge) roccia	< 10-7 m/s
Hinweis	Die Durchlässigkeit nimmt mit zunehmender Überlagerung sukzessive ab, die Grenze bei 300 m ist lediglich ein Richtwert.			
Annotazioni	La permeabilità diminuisce successivamente con sovrapposizione crescente, il termine a 300 m ´s eolo un valore indicativo.			

Geomech. Geomecc.		DZ	CZ
	GSI [-]	35-40	-
	D [-]	0,5	-
	Kennwerte empfohlen / Parametri raccomandati		
	c [MPa]	1,0	0,2-0,3 (h=535-895m)
	$\phi$ [°]	26	25
	E [MPa]	2.000	600-900 (h=535-895m)
	Hinweis		
	Annotazioni		

## 8.2 GEBIRGSVERHALTESNTYPEN (GVT)

Gebirgsverhaltenstypen (GVT):

- IQP-QP-1c-NHSIbk-HT/MS-GVT3
- IQP-QP-1c-NHSIbk-VS/AS-GVT2
- IQP-QP-1d-NHSIbk- HT/MS-GVT3
- IQP-QP-1d-NHSIbk- VS/AS -GVT2
- IQP-QS-1c-NHSIbk-GVT2
- IQP-QS-1d-NHSIbk-GVT2
  
- SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk-GVT4-1
- SZ-IQP-AS2-NHSIbk-GVT3

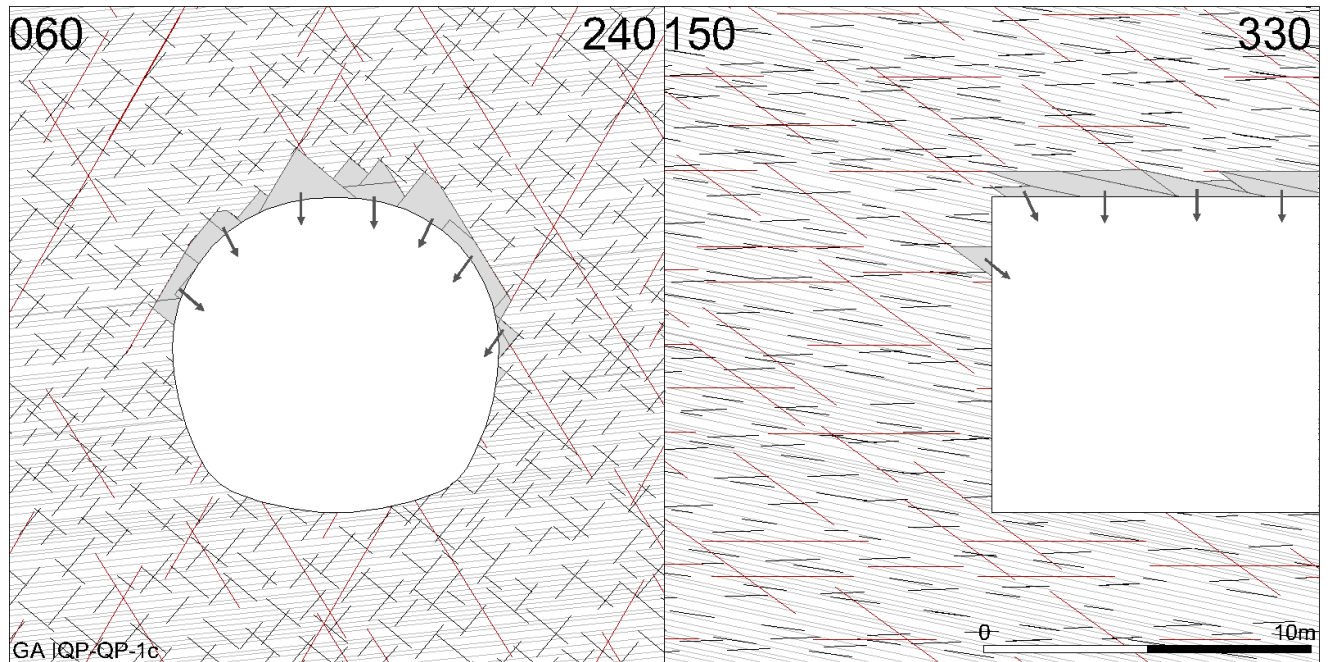
## 8.2 TIPI DI COMPORTAMENTO DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Tipi di comportamento dell'ammasso roccioso:

- IQP-QP-1c-NHSIbk-GVT3
- IQP-QP-1c-NHSIbk-VS/AS-GVT2
- IQP-QP-1d-NHSIbk-GVT3
- IQP-QP-1d-NHSIbk- VS/AS -GVT2
- IQP-QS-1c-NHSIbk-GVT2
- IQP-QS-1d-NHSIbk-GVT2
  
- SZ-IQP-ESI-f4158-NHSIbk-GVT4-1
- SZ-IQP-AS2-NHSIbk-GVT3

Gebirgsverhaltenstyp	IQP-QP-1c-NHSIbk-HT/MS GVT 3	Tipo di comportamento dell' ammasso roccioso
----------------------	---------------------------------	---

Haupttunnel Ost und West und Mittelstollen / galleria principale est e ovest e cunicolo centrale:



Grau / grigio – Schieferung / scistosità; Schwarz / nero – joints; rot / rosso - faults

Homogenbereich / Überlagerung

Settore omogeneo / copertura

NHSIbk1 (535-840m)

Orientierung der Haupttrennflächen

Orientamento delle principali discontinuità

Im Bereich Haupttunnel und des Mittelstollens fällt die engständige Schieferung sehr flach gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt ist die Schieferung sehr flach bis nahezu horizontal orientiert.

Die sonstigen Trennflächen fallen sehr flach bis mäßig steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt sind die sonstigen Trennflächen mittelsteil bis steil zur Tunnelachse orientiert.

Nella interessata dalla galleria principale e dal cunicolo centrale la scistosità fitta immerge con pendenza molto ridotta contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento da molto piano a pressoché orizzontale.

Le altre discontinuità immergono con pendenza da molto ridotta a media contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale le altre discontinuità presentano un orientamento da mediamente ripido a ripido rispetto all'asse della galleria.

Gebirgsbeanspruchung

Sollecitazione dell' ammasso roccioso

leicht bis mittel druckhaft

da leggermente a mediamente spingente

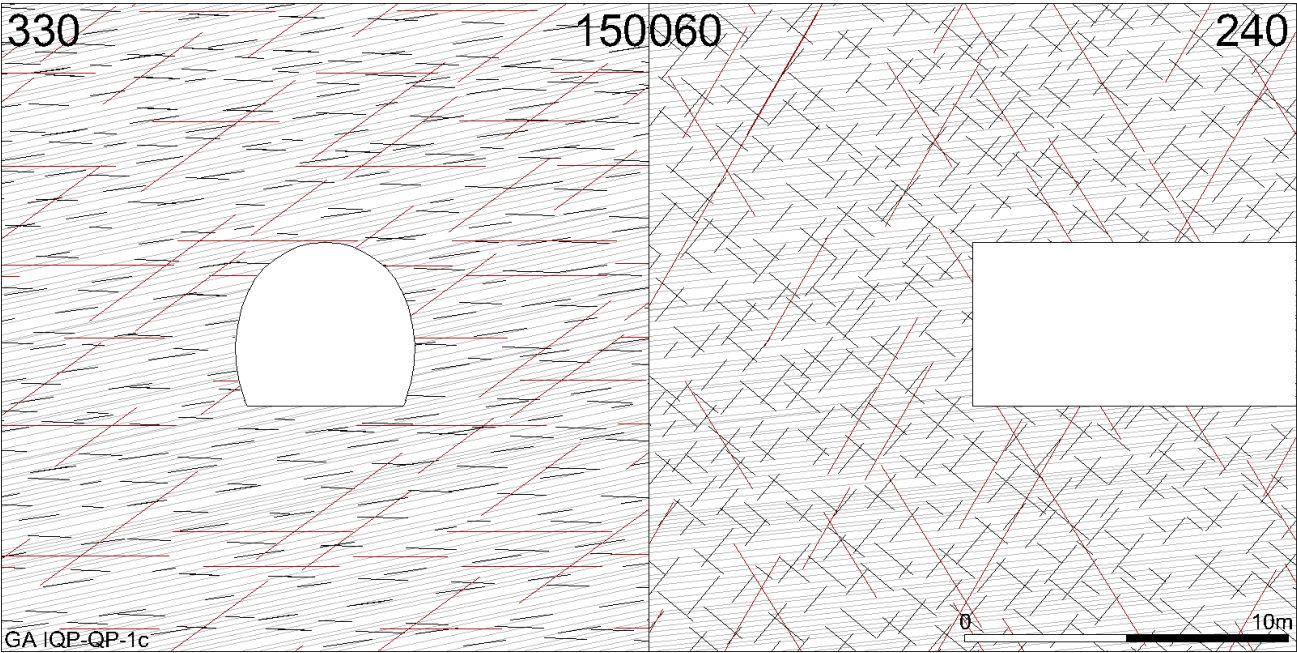
Einfluss Bergwasser auf GVT

Influenza acqua di montagna su TCR

keiner

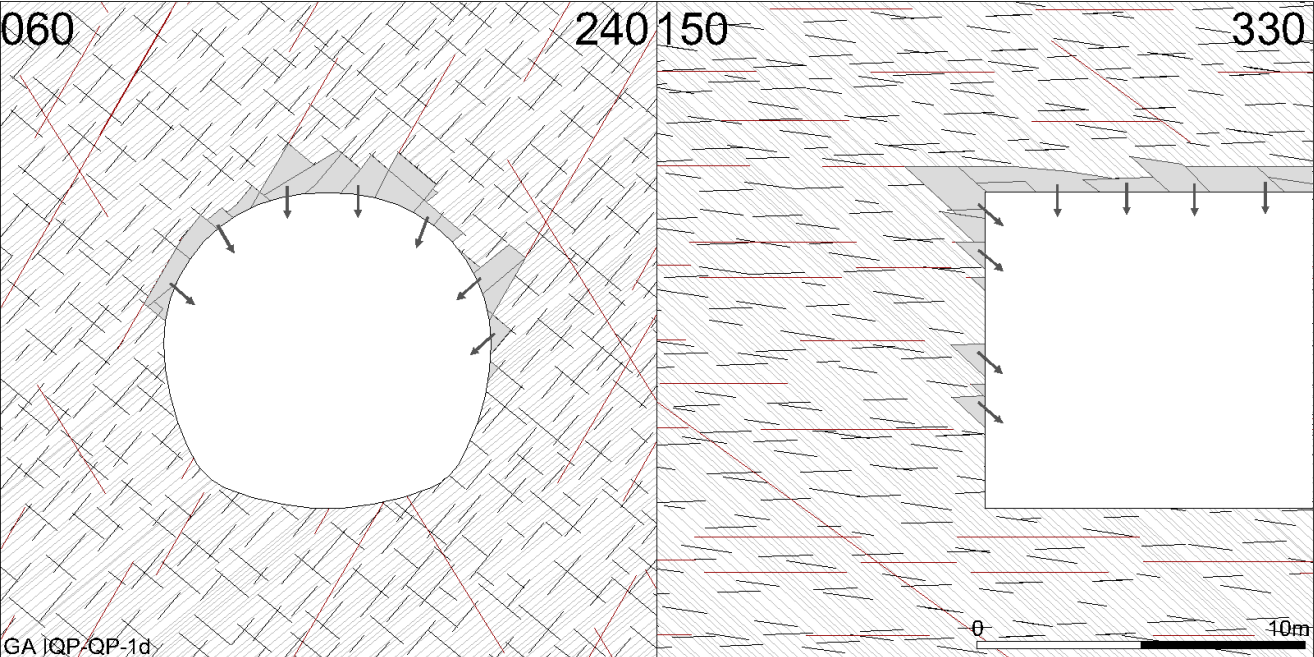
assente

Quelldruck	Pressione di gonfiamento
keiner	assente
Gebirgsverhalten	Comportamento dell' ammasso roccioso
<p>Das Gebirgsverhalten ist trennflächendominiert. Es wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw – gleiten von Kluftkörpern.</p> <p>Die Gebirgsbeanspruchung bedingt hohlraumnahe Überbeanspruchungen verbunden mit hohlraumnaher, spannungsbedingter Entfestigung. Die Scherfestigkeit wird an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind gefügebedingt. Die Bruchzonentiefe wird mit 1 bis 3 m prognostiziert.</p> <p>Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle.</p> <p>Aufgrund der flach liegenden Schieferung und der teilweise steil stehenden sonstigen Trennflächen ergeben sich die maßgeblichen Bruchkörper im Firstbereich (Sargdeckelbildung). Die Größe dieser Bruchkörper reicht je nach Verschnitt der Trennflächen von klein- bis groß.</p> <p>Die Ortsbrust ist stabil. Aufgrund der Trennflächenorientierungen ist lediglich lokal mit dem Ausbruch kleinvolumiger Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.</p>	<p>Il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato dalle discontinuità. Viene determinato dal crollo o dallo scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati.</p> <p>La sollecitazione dell'ammasso roccioso comporta delle sovrasollecitazioni nelle vicinanze della cavità in combinazione con il detensionamento della roccia vicino alla cavità dovuto alla tensione. La resistenza al taglio viene superata sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità da 1 a 3 m.</p> <p>Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo.</p> <p>I corpi di rottura decisivi in corrispondenza del colmo (distacchi di massi tipo "coperchio") sono dovuti alla scistosità pianeggiante e alle altre discontinuità in parte ripide. A seconda dell'intersezione delle discontinuità questi corpi di rottura presentano delle grandezze da ridotte a elevate.</p> <p>Il fronte di scavo è stabile. A causa dell'orientamento delle discontinuità si prevedono solo dei distacchi locali di corpi di volume molto ridotto dal fronte di scavo.</p>
Tropie / Radialdeformation / bezogene Radialverformung	Tropia / Deformazione radiale / Deformazione radiale relative
Isotrop / < 10 cm / < 2 %	

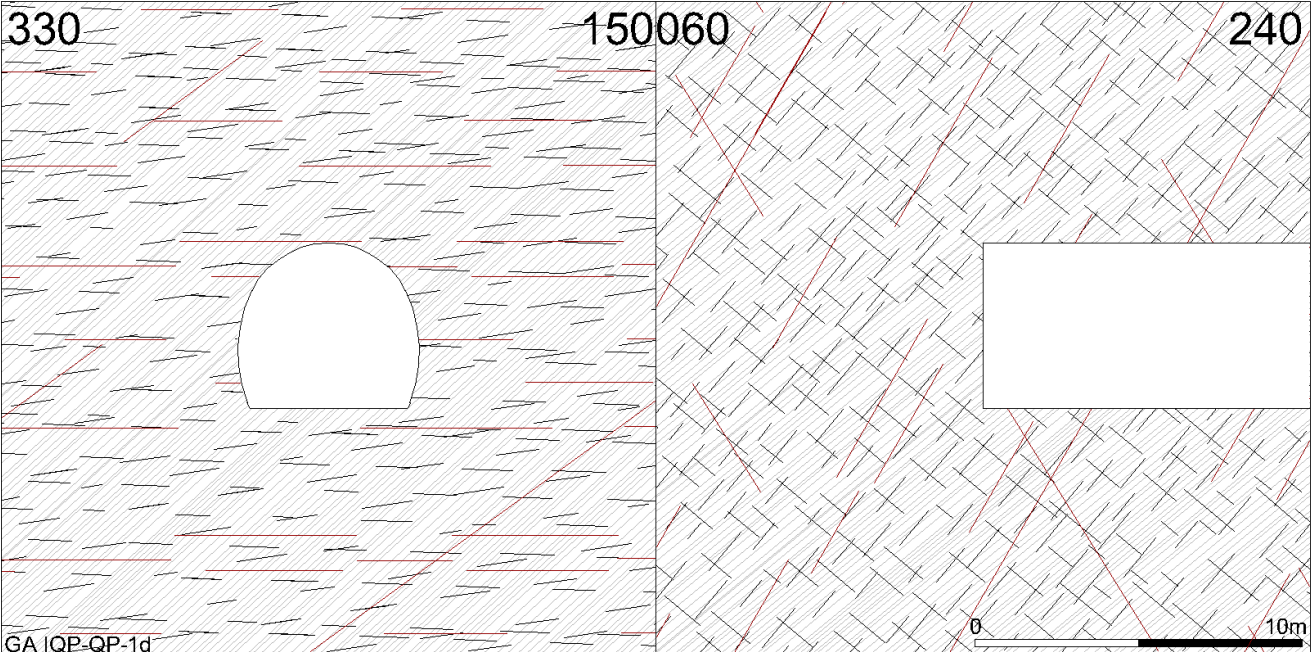
Gebirgsverhaltenstyp	IQP-QP-1c-NHSIbk-VS/AS GVT 2	Tipo di comportamento dell' ammasso roccioso
<p style="text-align: center;">Verbindungsstollen, Abluftquerstollen und Querschlag 6/1 / Cunicolo di collegamento, Cunicolo di aspirazione dell'aria e cunicolo trasversale di collegamento 6/1:</p> 		
<p style="text-align: center;">Grau / grigio – Schieferung / scistosità;    Schwarz / nero – joints;    rot / rosso - faults</p>		
Homogenbereich / Überlagerung		Settore omogeneo / copertura
NHSIbk1 (535-840m)		
Orientierung der Haupttrennflächen		Orientamento delle principali discontinuità
<p>Im Bereich der Querverbindungen fällt die Schieferung flach in die Vortriebsrichtung ein (bei angenommener Vortriebsrichtung von West nach Ost). Im Querschnitt ist die Schieferung flach Richtung Norden fallend orientiert.</p> <p>Die sonstigen Trennflächen fallen sehr flach bis mäßig steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt sind die sonstigen Trennflächen mittelsteil bis steil zur Tunnelachse orientiert.</p>	<p>Nell'area interessata dai collegamenti trasversali la scistosità immerge con pendenza ridotta nella direzione di scavo (con presunta direzione di scavo da ovest verso est). Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento ad angolo basso verso nord.</p> <p>Le altre discontinuità immergono con pendenza da molto ridotta a media contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale le altre discontinuità presentano un orientamento da mediamente ripido a ripido rispetto all'asse della galleria.</p>	
Gebirgsbeanspruchung		Sollecitazione dell' ammasso roccioso
leicht bis mittel druckhaft	da leggermente a mediamente spingente	
Einfluss Bergwasser auf GVT		Influenza acqua di montagna su TCR
keiner	assente	



Quelldruck	Pressione di gonfiamento
keiner	assente
Gebirgsverhalten	Comportamento dell' ammasso roccioso
<p>Das Gebirgsverhalten ist trennflächendominiert. Es wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw – gleiten von Kluftkörpern. Die Scherfestigkeit wird lokal an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind gefügebedingt. Die Bruchzonentiefe wird mit kleiner 1 m prognostiziert.</p> <p>Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle.</p> <p>Aufgrund der flach liegenden Schieferung und der teilweise steil stehenden sonstigen Trennflächen ergeben sich die maßgeblichen Bruchkörper im Firstbereich (Sargdeckelbildung). Die Größe dieser Bruchkörper reicht je nach Verschnitt der Trennflächen von klein- bis mittelgroß.</p> <p>Die Ortsbrust ist stabil. Aufgrund der Trennflächenorientierungen ist nur lokal mit dem Ausbruch sehr kleinvolumiger Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.</p>	<p>Il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato dalle discontinuità. Viene determinato dal crollo o dallo scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati. Localmente viene superata la resistenza al taglio sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità inferiore a 1 m.</p> <p>Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo.</p> <p>I corpi di rottura decisivi in corrispondenza del colmo (distacchi di massi tipo "coperchio") sono dovuti alla scistosità pianeggiante e alle altre discontinuità in parte ripide. A seconda dell'intersezione delle discontinuità questi corpi di rottura presentano delle grandezze da ridotte a medie.</p> <p>Il fronte di scavo è stabile. A causa dell'orientamento delle discontinuità si prevedono solo dei distacchi locali di corpi di volume molto ridotto dal fronte di scavo.</p>
Tropie / Radialdeformation / bezogene Radialverformung	Tropia / Deformazione radiale / Deformazione radiale relative
Isotrop / < 5 cm / < 1 %	
Hinweis	Annotazioni
<p>Der Gebirgsverhaltenstyp GVT2 gilt nur in den von den umgebenden Bauwerken unbeeinflussten Bereichen (&gt;3m Abstand von den Haupttunneln und dem Mittelstollen). Im Nahbereich der Haupttunnel und des Mittelstollens ist auch für die Verbindungsstollen und Abluftquerstollen der Gebirgsverhaltenstyp 3 maßgebend. Insbesondere beim Öffnen der Querverbindungen ist mit einer verstärkten Auflockerung und daher auch mit verstärkten Ausbrüchen aus der Laibung und der Ortsbrust zu rechnen. Des Weiteren nehmen durch die verstärkten Spannungskonzentrationen in diesen Kreuzungsbereichen die hohlraumnahen Überbeanspruchungen und spannungsbedingten Entfestigungen zu.</p>	<p>Il tipo di comportamento dell'ammasso roccioso GVT 2 è valido solo nelle zone non impattate dalle opere (&gt;3m di distanza dalle gallerie principali e dal cunicolo centrale). In prossimità della galleria principale e del cunicolo centrale anche per i cunicoli di collegamento e i cunicoli trasversali di estrazione dell'aria viziata rimane valido il comportamento dell'ammasso roccioso del tipo GVT2. In particolare al momento dell'avvio dello scavo dei cunicoli di collegamento si prevedono un allentamento rafforzato e quindi un aumento dei distacchi che interessano il contorno della cavità e il fronte di scavo. Inoltre, a causa di una maggiore concentrazione di tensione in questa zona aumentano anche le sovrassollecitazioni nelle vicinanze della cavità e i detensionamenti dovuti alle tensioni.</p>

Gebirgsverhaltenstyp	IQP-QP-1d-NHSIbk-HT/MS GVT 3	Tipo di comportamento dell' ammasso roccioso
<p>Haupttunnel Ost und West und Mittelstollen / galleria principale est e ovest e cunicolo centrale:</p>  <p>GA IQP-QP-1d</p>		
<p>Grau / grigio – Schieferung / scistosità;    Schwarz / nero – joints;    rot / rosso - faults</p>		
Homogenbereich / Überlagerung		Settore omogeneo / copertura
NHSIbk2 (840-895m)		
Orientierung der Haupttrennflächen		Orientamento delle principali discontinuità
<p>Im Bereich der Haupttunnel und des Mittelstollens fällt die engständige Schieferung mittelsteil bis steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt ist die Schieferung mittelsteil bis steil nach Osten orientiert. Die sonstigen Trennflächen fallen sehr flach bis mäßig steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt sind die sonstigen Trennflächen mittelsteil bis steil zur Tunnelachse orientiert.</p>	<p>Nella interessata dalla galleria principale e dal cunicolo centrale la scistosità fitta immerge con pendenza da media a elevata contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento da mediamente ripido a ripido verso est.</p> <p>Le altre discontinuità immergono con pendenza da molto ridotta a media contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale le altre discontinuità presentano un orientamento da mediamente ripido a ripido rispetto all'asse della galleria.</p>	
Gebirgsbeanspruchung		Sollecitazione dell' ammasso roccioso
mittel druckhaft	mediamente spingente	
Einfluss Bergwasser auf GVT		Influenza acqua di montagna su TCR
keiner	assente	

Quelldruck	Pressione di gonfiamento
keiner	assente
Gebirgsverhalten	Comportamento dell' ammasso roccioso
<p>Das Gebirgsverhalten ist trennflächendominiert. Es wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw –gleiten von Kluftkörpern. Die Größe dieser Bruchkörper reicht je nach Verschnitt der Trennflächen von klein- bis mittelgroß. Die Bruchzonentiefe wird mit 1 bis 3 m prognostiziert.</p> <p>Die Gebirgsbeanspruchung bedingt hohlraumnahe Überbeanspruchungen verbunden mit hohlraumnaher, spannungsbedingter Entfestigung. Die Scherfestigkeit wird an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind gefügebedingt.</p> <p>Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle.</p> <p>Aufgrund der mittelsteil bis steil gegen die Vortriebsrichtung einfallenden Schieferung und der Orientierungen der sonstigen Trennflächen ist mit dem Ausbruch klein- bis mittelgroßer Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.</p>	<p>Il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato dalle discontinuità. Viene determinato dal crollo o dallo scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati. A seconda dell'intersezione delle discontinuità questi corpi di rottura presentano delle grandezze da ridotte a medie. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità da 1 a 3 m.</p> <p>La sollecitazione dell'ammasso roccioso comporta delle sovrasollecitazioni nelle vicinanze della cavità in combinazione con il detensionamento della roccia vicino alla cavità dovuto alla tensione. La resistenza al taglio viene superata sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura.</p> <p>Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo.</p> <p>A causa della scistosità immergente con pendenza da media a elevata contro la direzione di scavo e degli orientamenti delle altre discontinuità, si prevedono dei distacchi dal fronte di scavo di corpi di rottura di grandezza da ridotta a media.</p>
Tropie / Radialdeformation / bezogene Radialverformung	Tropia / Deformazione radiale / Deformazione radiale relative
Isotrop / < 10 cm / < 2 %	

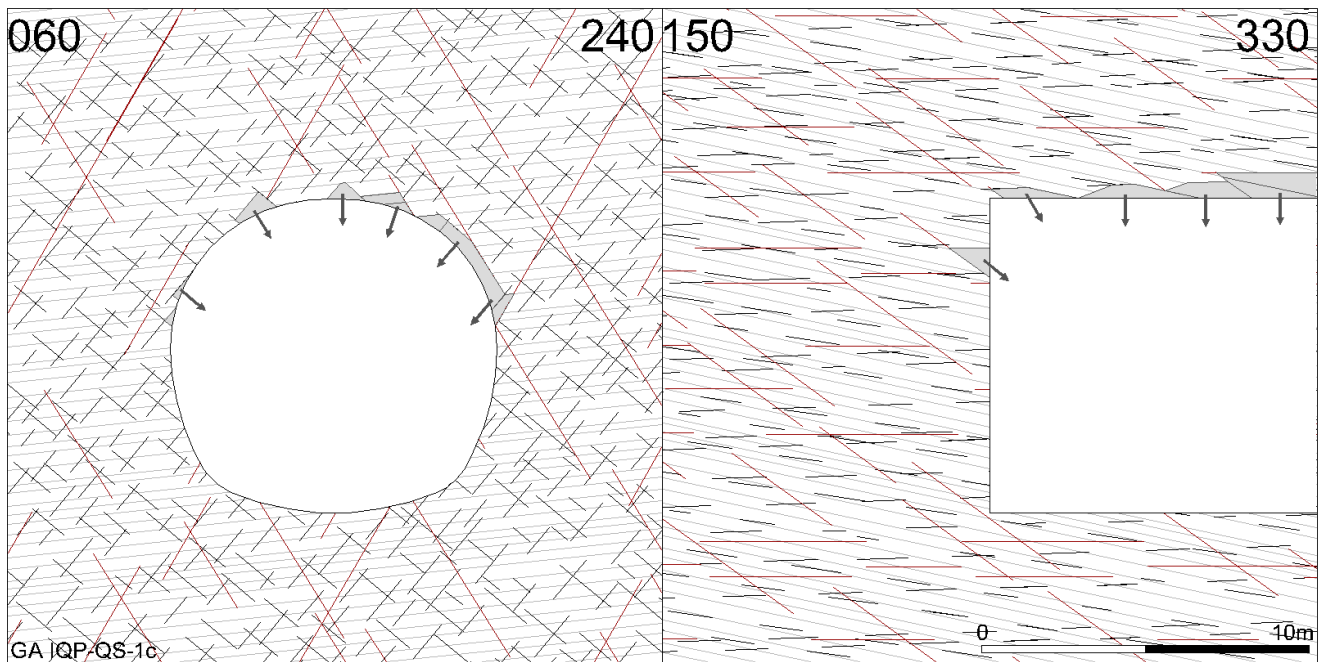
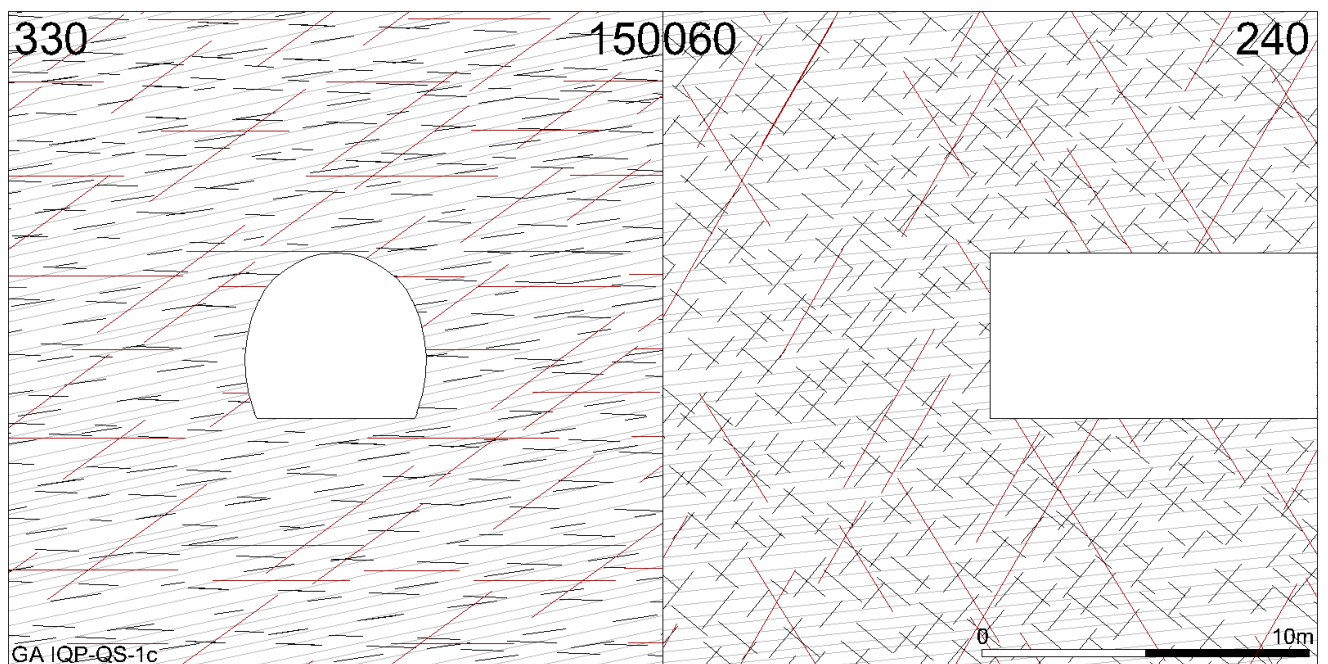
Gebirgsverhaltenstyp	IQP-QP-1d-NHSIbk-VS/AS GVT 2	Tipo di comportamento dell' ammasso roccioso
<p style="text-align: center;">Verbindungsstollen, Abluftquerstollen und Querschlag 6/1 / Cunicolo di collegamento, Cunicolo di aspirazione dell'aria e cunicolo trasversale di collegamento 6/1:</p>  <p style="text-align: center;">GA IQP-QP-1d</p>		
<p style="text-align: center;">Grau / grigio – Schieferung / scistosità;    Schwarz / nero – joints;    rot / rosso - faults</p>		
Homogenbereich / Überlagerung		Settore omogeneo / copertura
NHSIbk2 (840-895m)		
Orientierung der Haupttrennflächen		Orientamento delle principali discontinuità
<p>Im Bereich der Querverbindungen fällt die Schieferung mittelsteil bis steil in die Vortriebsrichtung ein (bei angenommener Vortriebsrichtung von West nach Ost). Im Querschnitt ist die Schieferung mittelsteil Richtung Norden fallend orientiert.</p> <p>Die sonstigen Trennflächen fallen sehr flach bis mäßig steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt sind die sonstigen Trennflächen mittelsteil bis steil zur Tunnelachse orientiert.</p>	<p>Nell'area interessata dai collegamenti trasversali la scistosità immerge con pendenza da media a elevata nella direzione di scavo (con presunta direzione di scavo da ovest verso est).</p> <p>Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento ad angolo di media pendenza verso nord.</p> <p>Le altre discontinuità immergono con pendenza da molto ridotta a media contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale le altre discontinuità presentano un orientamento da mediamente ripido a ripido rispetto all'asse della galleria.</p>	
Gebirgsbeanspruchung		Sollecitazione dell' ammasso roccioso
mittel druckhaft	mediamente spingente	
Einfluss Bergwasser auf GVT		Influenza acqua di montagna su TCR
keiner	assente	

Quelldruck		Pressione di gonfiamento	
keiner		assente	
Gebirgsverhalten		Comportamento dell' ammasso roccioso	
<p>Das Gebirgsverhalten ist trennflächendominiert. Es wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw –gleiten von Kluftkörpern. Die Scherfestigkeit wird lokal an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind gefügebedingt. Die Bruchzonentiefe wird mit kleiner 1 m prognostiziert.</p> <p>Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle.</p> <p>Die Ortsbrust ist stabil. Aufgrund der Trennflächenorientierungen ist nur lokal mit dem Ausbruch sehr kleinvolumiger Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.</p>		<p>Il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato dalle discontinuità. Viene determinato dal crollo o dallo scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati. Localmente viene superata la resistenza al taglio sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità inferiore a 1 m.</p> <p>Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo.</p> <p>Il fronte di scavo è stabile. A causa dell'orientamento delle discontinuità si prevedono solo dei distacchi locali di corpi di volume molto ridotto dal fronte di scavo.</p>	
Tropie / Radialdeformation / bezogene Radialverformung		Tropia / Deformazione radiale / Deformazione radiale relative	
Isotrop / < 5 cm / < 1 %			
Hinweis		Annotazioni	
<p>Der Gebirgsverhaltenstyp GVT2 gilt nur in den von den umgebenden Bauwerken unbeeinflussten Bereichen (&gt;3m Abstand von den Haupttunneln und dem Mittelstollen). Im Nahbereich der Haupttunnel und des Mittelstollens ist auch für die Verbindungsstollen und Abluftquerstollen der Gebirgsverhaltenstyp 3 maßgebend. Insbesondere beim Öffnen der Querverbindungen ist mit einer verstärkten Auflockerung und daher auch mit verstärkten Ausbrüchen aus der Laibung und der Ortsbrust zu rechnen. Des Weiteren nehmen durch die verstärkten Spannungskonzentrationen in diesen Kreuzungsbereichen die hohlraumnahen Überbeanspruchungen und spannungsbedingten Entfestigungen zu.</p>		<p>Il tipo di comportamento dell'ammasso roccioso GVT 2 è valido solo nelle zone non impattate dalle opere (&gt;3m di distanza dalle gallerie principali e dal cunicolo centrale). In prossimità della galleria principale e del cunicolo centrale anche per i cunicoli di collegamento e i cunicoli trasversali di estrazione dell'aria viziata rimane valido il comportamento dell'ammasso roccioso del tipo GVT2. In particolare al momento dell'avvio dello scavo dei cunicoli di collegamento si prevedono un allentamento rafforzato e quindi un aumento dei distacchi che interessano il contorno della cavità e il fronte di scavo. Inoltre, a causa di una maggiore concentrazione di tensione in questa zona aumentano anche le sovrassollecitazioni nelle vicinanze della cavità e i detensionamenti dovuti alle tensioni.</p>	

Gebirgsverhaltenstyp

IQP-QS-1c-NHSIbk  
GVT 2Tipo di comportamento dell' ammasso  
roccioso

Haupttunnel Ost und West und Mittelstollen / galleria principale est e ovest e cunicolo centrale:

Verbindungsstollen, Abluftquerstollen und Querschlag 6/1 /  
Cunicolo di collegamento, Cunicolo di aspirazione dell'aria e cunicolo trasversale di collegamento 6/1:

Grau / grigio – Schieferung / scistosità;

Schwarz / nero – joints;

rot / rosso - faults

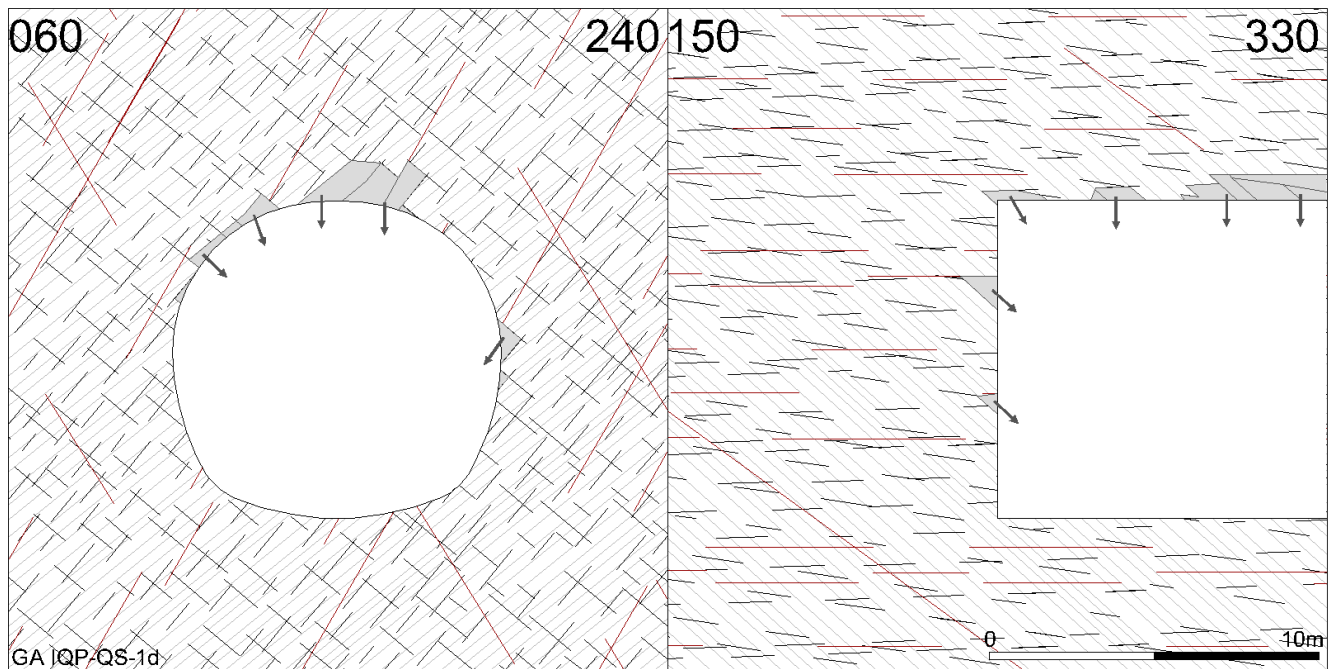
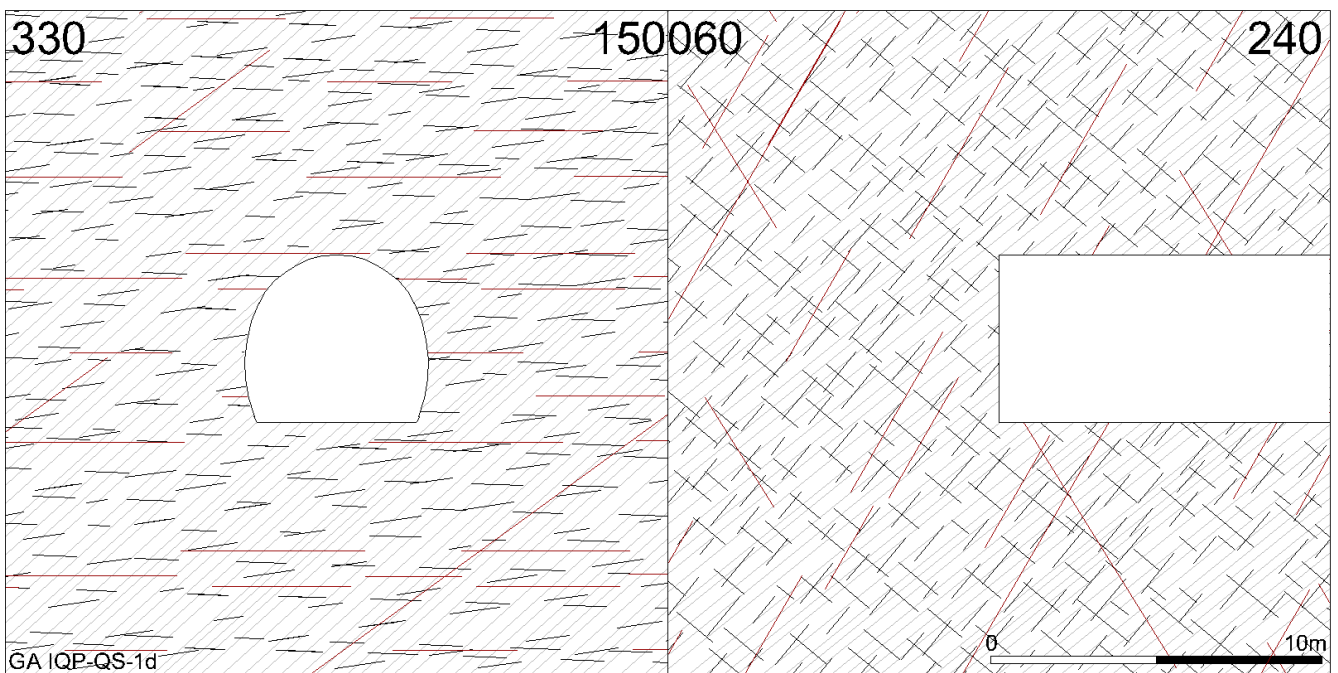
Homogenbereich / Überlagerung		Settore omogeneo / copertura	
NHSIbk1 (535-840m)			
Orientierung der Haupttrennflächen		Orientamento delle principali discontinuità	
<p>Im Bereich Haupttunnel und des Mittelstollens fällt die engständige Schieferung sehr flach gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt ist die Schieferung sehr flach bis nahezu horizontal orientiert.</p> <p>Im Bereich der Querverbindungen fällt die Schieferung flach in die Vortriebsrichtung ein (bei angenommener Vortriebsrichtung von West nach Ost).</p> <p>Die sonstigen Trennflächen fallen sehr flach bis mäßig steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt sind die sonstigen Trennflächen mittelsteil bis steil zur Tunnelachse orientiert.</p>		<p>Nella interessata dalla galleria principale e dal cunicolo centrale la scistosità fitta immerge con pendenza molto ridotta contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento da molto piano a pressoché orizzontale.</p> <p>Nell'area interessata dai collegamenti trasversali la scistosità immerge con pendenza ridotta nella direzione di scavo (con presunta direzione di scavo da ovest verso est).</p> <p>Le altre discontinuità immergono con pendenza da molto ridotta a media contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale le altre discontinuità presentano un orientamento da mediamente ripido a ripido rispetto all'asse della galleria.</p>	
Gebirgsbeanspruchung		Sollecitazione dell' ammasso roccioso	
Nachbrüchig bis leicht druckhaft		da friabile a leggermente spingente	
Einfluss Bergwasser auf GVT		Influenza acqua di montagna su TCR	
keiner		assente	
Quelldruck		Pressione di gonfiamento	
keiner		assente	
Gebirgsverhalten		Comportamento dell' ammasso roccioso	
<p>Das Gebirgsverhalten ist trennflächendominiert. Es wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw – gleiten von Kluftkörpern. Die Scherfestigkeit wird lokal an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind gefügebedingt. Die Bruchzonentiefe wird mit kleiner 1 m prognostiziert.</p> <p>Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle.</p> <p>Aufgrund der flach liegenden Schieferung und der teilweise steil stehenden sonstigen Trennflächen ergeben sich die maßgeblichen Bruchkörper im Firstbereich (Sargdeckelbildung). Die Größe dieser Bruchkörper reicht je nach Verschnitt der Trennflächen von klein- bis mittelgroß.</p> <p>Die Ortsbrust ist stabil. Aufgrund der Trennflächenorientierungen ist nur lokal mit dem Ausbruch sehr kleinvolumiger Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.</p>		<p>Il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato dalle discontinuità. Viene determinato dal crollo o dallo scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati. Localmente viene superata la resistenza al taglio sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità inferiore a 1 m.</p> <p>Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo.</p> <p>I corpi di rottura decisivi in corrispondenza del colmo (distacchi di massi tipo "coperchio") sono dovuti alla scistosità pianeggiante e alle altre discontinuità in parte ripide. A seconda dell'intersezione delle discontinuità questi corpi di rottura presentano delle grandezze da ridotte a medie.</p> <p>Il fronte di scavo è stabile. A causa dell'orientamento delle discontinuità si prevedono solo dei distacchi locali di corpi di volume molto ridotto dal fronte di scavo.</p>	
Tropie / Radialdeformation / bezogene Radialverformung		Tropia / Deformazione radiale / Deformazione radiale relative	
Isotrop / < 5 cm / < 1 %			



Gebirgsverhaltenstyp

IQP-QS-1d-NHSIbk  
GVT 2Tipo di comportamento dell' ammasso  
roccioso

Haupttunnel Ost und West und Mittelstollen / galleria principale est e ovest e cunicolo centrale:

Verbindungsstollen, Abluftquerstollen und Querschlag 6/1 /  
Cunicolo di collegamento, Cunicolo di aspirazione dell'aria e cunicolo trasversale di collegamento 6/1:

Grau / grigio – Schieferung / scistosità;

Schwarz / nero – joints;

rot / rosso - faults

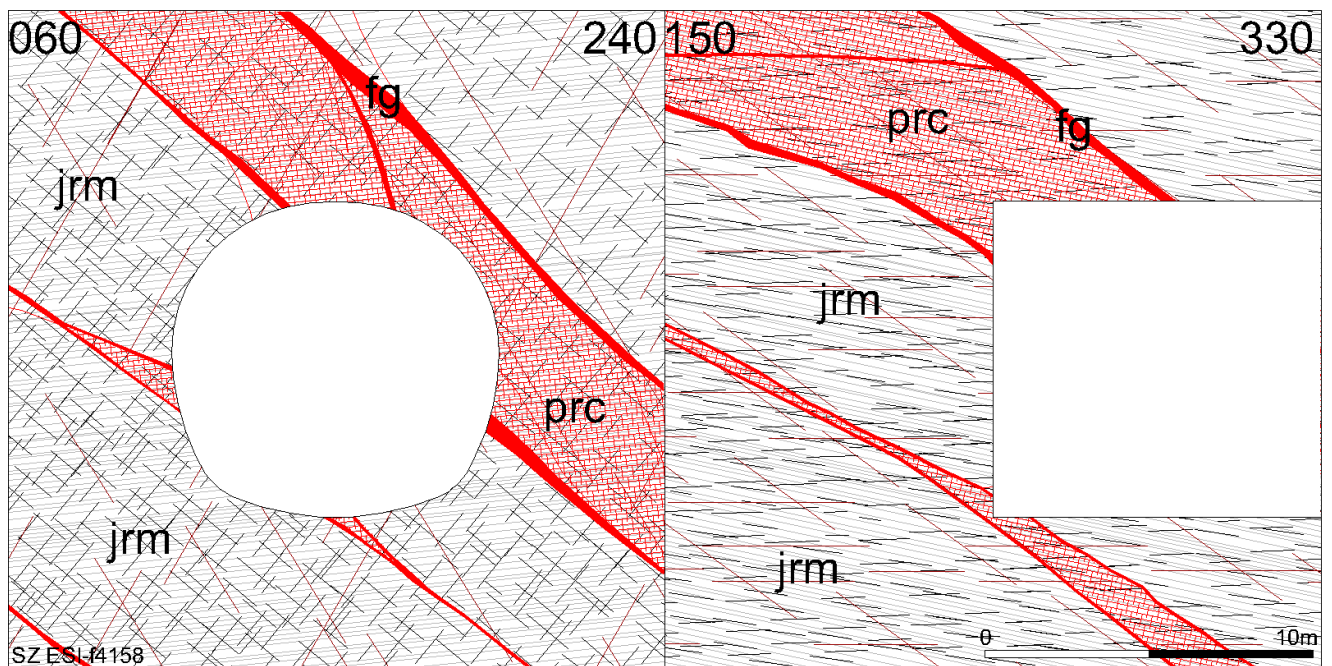


Homogenbereich / Überlagerung		Settore omogeneo / copertura	
NHSIbk2 (840-895m)			
Orientierung der Haupttrennflächen		Orientamento delle principali discontinuità	
<p>Im Bereich der Haupttunnel und des Mittelstollens fällt die engständige Schieferung mittelsteil bis steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt ist die Schieferung mittelsteil bis steil nach Osten orientiert.</p> <p>Im Bereich der Querverbindungen fällt die Schieferung mittelsteil bis steil in die Vortriebsrichtung ein (bei angenommener Vortriebsrichtung von West nach Ost). Im Querschnitt ist die Schieferung mittelsteil Richtung Norden fallend orientiert.</p> <p>Die sonstigen Trennflächen fallen sehr flach bis mäßig steil gegen die Vortriebsrichtung ein. Im Querschnitt sind die sonstigen Trennflächen mittelsteil bis steil zur Tunnelachse orientiert.</p>		<p>Nella interessata dalla galleria principale e dal cunicolo centrale la scistosità fitta immerge con pendenza da media a elevata contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento da mediamente ripido a ripido verso est.</p> <p>Nell'area interessata dai collegamenti trasversali la scistosità immerge con pendenza da media a elevata nella direzione di scavo (con presunta direzione di scavo da ovest verso est).</p> <p>Nella sezione trasversale la scistosità presenta un orientamento ad angolo di media pendenza verso nord.</p> <p>Le altre discontinuità immergono con pendenza da molto ridotta a media contro la direzione di scavo. Nella sezione trasversale le altre discontinuità presentano un orientamento da mediamente ripido a ripido rispetto all'asse della galleria.</p>	
Gebirgsbeanspruchung		Sollecitazione dell' ammasso roccioso	
leicht druckhaft		poco spingente	
Einfluss Bergwasser auf GVT		Influenza acqua di montagna su TCR	
keiner		assente	
Quelldruck		Pressione di gonfiamento	
keiner		assente	
Gebirgsverhalten		Comportamento dell' ammasso roccioso	
<p>Das Gebirgsverhalten ist trennflächendominiert. Es wird bestimmt durch das schwerkraftbedingte Herausfallen bzw – gleiten von Klüftkörpern. Die Scherfestigkeit wird lokal an den Trennflächen überschritten. Die Ausbrüche sind gefügebedingt. Die Bruchzonentiefe wird mit kleiner 1 m prognostiziert.</p> <p>Die Verformungen spielen eine untergeordnete Rolle.</p> <p>Die Ortsbrust ist stabil. Aufgrund der Trennflächenorientierungen ist nur lokal mit dem Ausbruch sehr kleinvolumiger Bruchkörper aus der Ortsbrust zu rechnen.</p>		<p>Il comportamento dell'ammasso roccioso viene dominato dalle discontinuità. Viene determinato dal crollo o dallo scivolamento, dovuti alla gravità, di corpi fratturati. Localmente viene superata la resistenza al taglio sui piani di discontinuità. I distacchi sono dovuti alla struttura. Si prevede che i distacchi raggiungano una profondità inferiore a 1 m.</p> <p>Le deformazioni svolgono un ruolo di minor rilievo.</p> <p>Il fronte di scavo è stabile. A causa dell'orientamento delle discontinuità si prevedono solo dei distacchi locali di corpi di volume molto ridotto dal fronte di scavo.</p>	
Tropie / Radialdeformation / bezogene Radialverformung		Tropia / Deformazione radiale / Deformazione radiale relative	
Isotrop / < 5 cm / < 1 %			

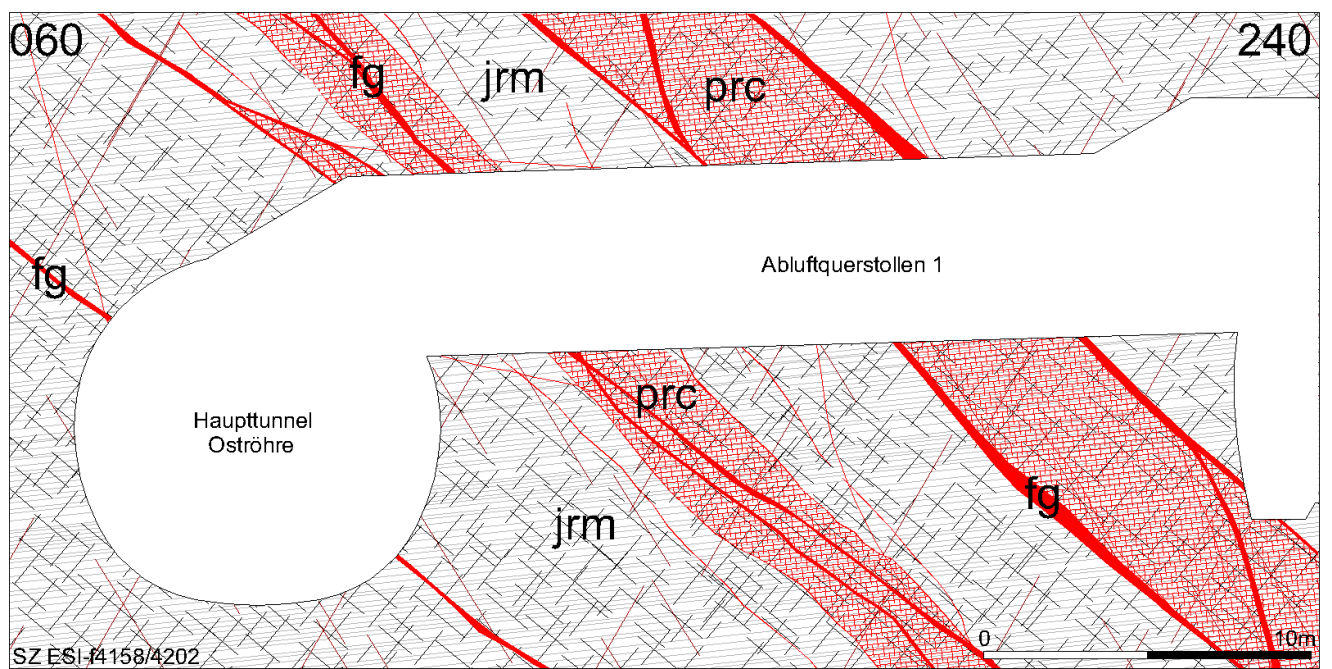
Gebirgsverhaltenstyp

SZ- ESI-f4158-NHSIbk-  
GVT 4-1Tipo di comportamento dell' ammasso  
roccioso

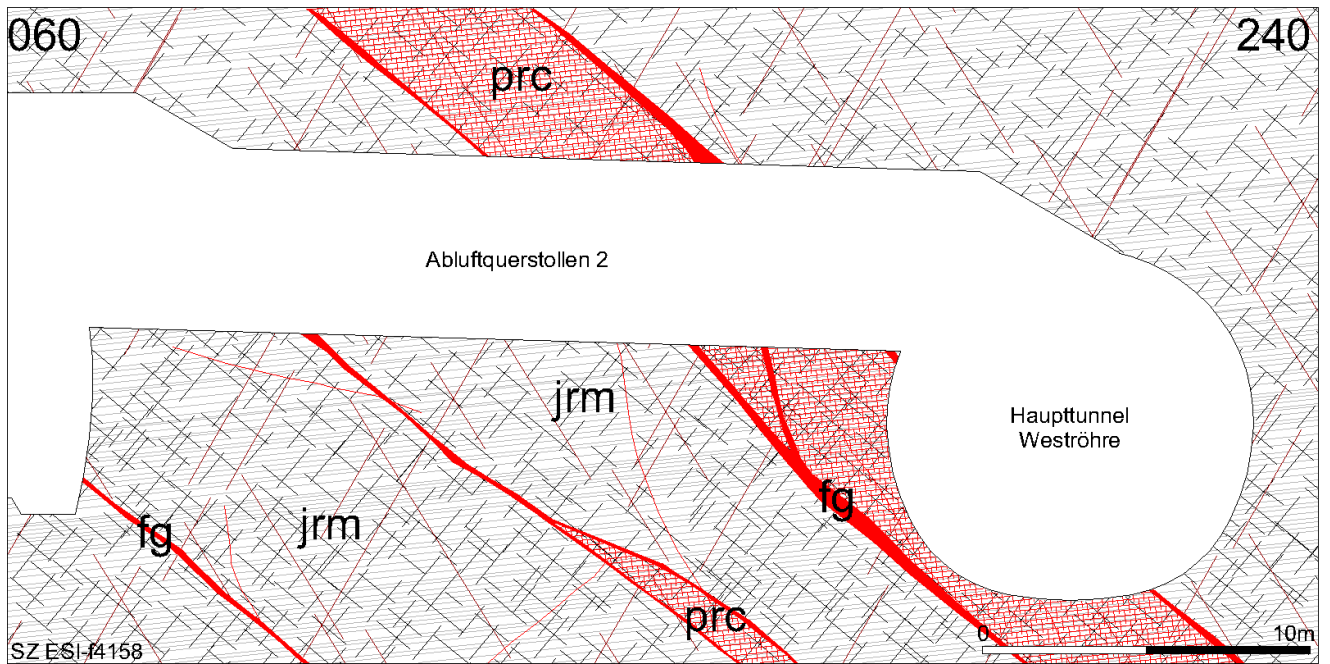
Haupttunnel Ost ca. bei km 6+200:



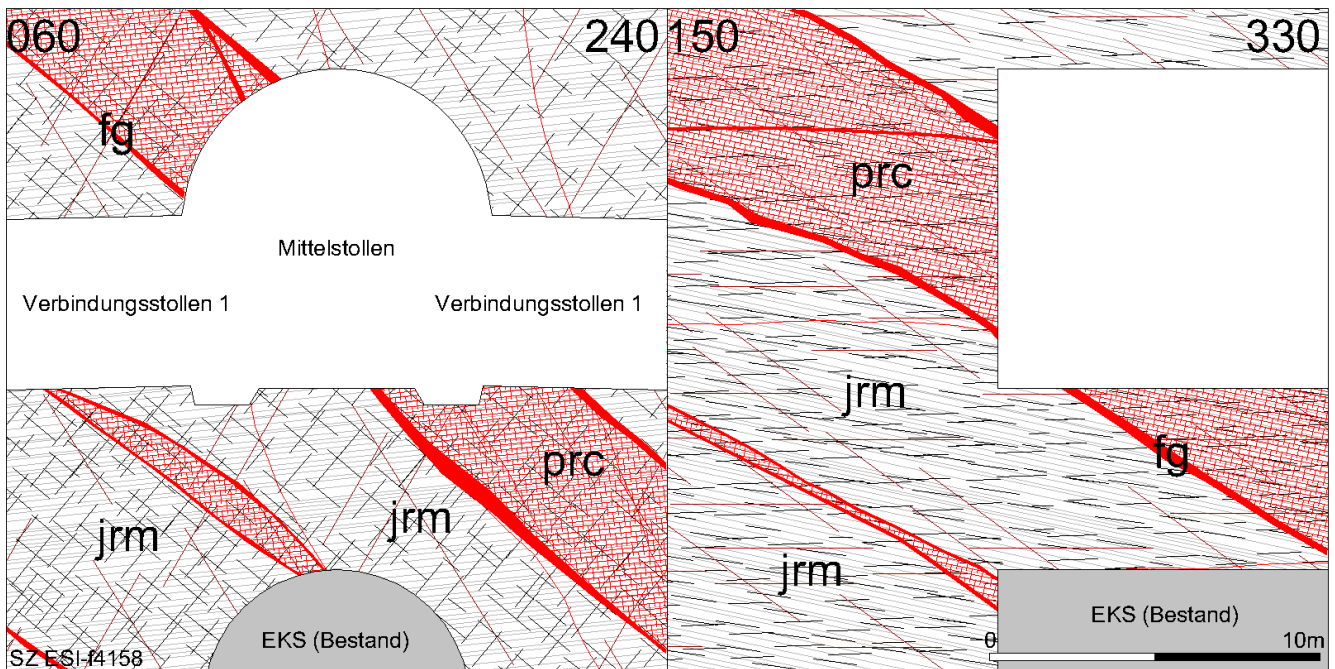
Haupttunnel Ost ca. bei km 6+270 - Verschnitt mit Abluftquerstollen 1:



Haupttunnel West ca. bei km 6+380 Verschnitt mit Abluftquerstollen 2



Mittelstollen ca. bei km 0+330 und Verbindungsstollen 1



Grau / grigio – Schieferung / scistosità;

Schwarz / nero – joints;

rot / rosso - faults

Homogenbereich / Überlagerung		Settore omogeneo / copertura	
NHSIbk1 (650-700m)			
Orientierung der Störung zum Hohlraum		Orientazione della faglia rispetto alla cavità	
Haupttunnel Ost+West und Mittelstollen: subparallel bis schleifend, mittelsteil einfallend		orientamento da subparallelo ad angolo basso, inclinazione a media pendenza	
Abluftquerstollen 1 und 2: Schräg, mittelsteil einfallend		Cunicoli di aspirazione dell'aria 1 e 2: obliquo, inclinazione a media pendenza	
Verschnittlänge der CZ mit Tunnelachse / Hohlraum		Lunghezza d'intersezione CZ - asse di galleria / cavità	
Haupttunnel Ost+West und Mittelstollen: 10-25 m / 20-45 m (bei parallelem Verlauf auch mehr möglich)		10-25 m / 20-45 m (in caso d'andamento parallelo anche più possibile)	
Abluftquerstollen 1 und 2: 7-15 m / 10-18 m		Cunicoli di aspirazione dell'aria 1 e 2: 7-15 m / 10-18 m	
Prognostizierte Anzahl im Homogenbereich		Numero previsto nel settore omogeneo	
1			
Einfluss Bergwasser auf GVT		Influenza acqua di montagna su TCR	
Die Störung wurde durch den Erkundungsstollen aufgefahren. Das Gebirge war trocken bis bergfeucht. Diskrete Wasserzutritte hatten eine geringe initiale Menge und sehr geringe Ergiebigkeiten sowie keinen Einfluss auf das Gebirgsverhalten. Für den Vortrieb der Bauwerke der Nothaltestelle wird daher kein Einfluss des Bergwassers auf das Gebirgsverhalten prognostiziert.		Il cunicolo esplorativo ha attraversato la faglia. L'ammasso roccioso si presentava secco oppure con umidità limitata. Le venute d'acqua discrete avevano una quantità iniziale ridotta e delle portate estremamente ridotte nonché nessun impatto sul comportamento dell'ammasso roccioso. Per lo scavo delle opere della fermata di emergenza si prevede che le acque ipogee non abbiano alcun impatto sul comportamento dell'ammasso roccioso.	
Geomechanisches Modell Deformationsverhalten		Modello geomeccanico e deformativo	
DZ: im Vergleich zum umgebenden Gebirge Entfestigung und Ausbildung von Scherzonen, verminderte Gebirgsfestigkeit, im Vergleich zum umgebenden Gebirge reduzierte GSI Werte zwischen 30-35. Abbildung wie umgebendes Gebirges, aber mit verminderter Gebirgsfestigkeit.		DZ: rispetto alla roccia circostante fenomeni di detensionamento e formazione di zone di shear, resistenza dell'ammasso roccioso ridotta, rispetto alla roccia circostante valori GSI ridotti che variano tra 30-35. Illustrazione come ammasso roccioso circostante con ridotta resistenza dell'ammasso roccioso.	
CZ: geschieferter Protokataklasit und fault gouge. Ausgeprägte Entfestigung, Abbildung über isotrop elastoplastisches Materialverhalten.		CZ: protocataclasiti scistose e fault gouge Detensionamento marcato, Illustrazione comportamento isotropo elastoplastico.	
Gebirgsverhalten		Comportamento dell' ammasso roccioso	
GVT 4-1: spannungsbedingte tiefreichende Entfestigung bzw. Plastifizierung des Gebirges mit großen Deformationen		Tipo 4-1: detensionamento profondo dovuto alle forze spingenti e/o plastificazione della roccia con notevoli deformazioni.	
Die Störung wird von den drei Bauwerken Oströhre, Weströhre und Mittelstollen subparallel bis schleifend aufgefahren. Damit tritt die Kernzone der Störung über eine große Länge (deutlich über einem Tunneldurchmesser) im		Rispetto alle tre opere della canna est, canna ovest e del cunicolo centrale, la faglia presenta un andamento da subparallelo a un valore basso dell'angolo. Pertanto la zona centrale della faglia interessa la sezione trasversale per un	

<p>Querschnitt auf. Die beiden Abluftquerstollen 1 und 2 werden von der Störungszone schräg geschnitten. Aufgrund der Mächtigkeit der Core Zone tritt diese jedoch im gesamten Hohlraum über mehrere Abschlüsse hinweg auf. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass sich die Core Zone unmittelbar im Kreuzungsbereich des Mittelstollens mit dem Verbindungsstollen 1 sowie im Kreuzungsbereich der Weströhre mit der Abluftquerstollen 2 befindet.</p> <p>Im Bereich der Damage Zone ist durch die verminderte Gebirgsfestigkeit und verstärkte Ausbildung von Scherzonen mit verstärkten gefügebedingten Ausbrüchen aus der Laibung und der Ortsbrust zu rechnen.</p> <p>Im Bereich der Core Zone kommt es zur tiefreichenden Entfestigung und Plastifizierung des Gebirges durch den Ausbruch. Die Scherfestigkeit auf den Trennflächen wird deutlich überschritten. Dies bedingt wiederum deutliche zunehmende Verformungen im Vergleich zum umgebenden Gebirge außerhalb der Störungszone.</p>	<p>tratto molto lungo (sensibilmente superiore a un diametro di galleria). I due cunicoli di estrazione dell'aria viziata 1 e 2 intercettano la zona di faglia in modo inclinato. A causa dello spessore della core zone, la faglia interessa però l'intera cavità per diverse volate. Si deve inoltre tener conto che la core zone si trova direttamente nell'area di incrocio del cunicolo centrale con il cunicolo di collegamento 1 nonché nell'area di incrocio della canna ovest con il cunicolo di estrazione dell'aria viziata 2.</p> <p>Nell'area interessata dalla damage zone, a causa della resistenza ridotta dell'ammasso roccioso e della formazione più frequente di zone di shear, si prevede un aumento dei distacchi dovuti alla struttura che interessano il contorno della cavità e il fronte di scavo.</p> <p>Nell'area interessata dalla core zone si manifestano dei fenomeni di detensionamento profondo e di plastificazione dell'ammasso roccioso dovuti allo scavo. La resistenza al taglio sui piani di taglio viene nettamente superata. Ciò comporta a sua volta un aumento sensibile delle deformazioni rispetto all'ammasso roccioso circostante al di fuori della zona di faglia.</p>
Tropie / Radialdeformation	Tropia / Deformazione radiale
anisotrop, deutliche Zunahme der Verformungen im Vergleich zum "ungestörten" Gebirge	anisotropo, aumento sensibile delle deformazioni rispetto alla roccia non fratturata.
Geotechnische Relevanz	Rilevanza geotecnica
3 - stark relevant	3 - molto rilevante
Hinweise	Annotazioni
<p>Die Störung ESI-f4158 wurde beim Auffahren des Erkundungsstollens ca. zwischen EKS-km 4.140 bis 4.220 durchörtert. Die Störung wurde hier als mittelsteil bis steil, westfallendes Störungssystem beschrieben. Die Kernzone der Störung wanderte mit fortschreitendem Vortrieb vom linken Ulm nach rechts durch den Querschnitt. Das Gebirgsverhalten wurde in diesem Bereich als druckhaft beschrieben. Das Verformungsverhalten war stark asymmetrisch und jeweils abhängig von der Lage der Kernzone im Querschnitt. Die größten Verformungsbeträge lagen bei ca. 16 cm mit kriechender Tendenz. Selbst nach Einbau eines Sohlgewölbes konnten die Verformungen nicht vollständig zum Abklingen gebracht werden. Im Bereich der Störungszone entstanden daher durch Überbeanspruchungen maßgebliche Schäden am Ausbau in Form von Rissen und Brüchen in der Spritzbetonschale sowie Aufbiegungen der Ankerplatten. Der Ausbau musste in diesem Bereich schlußendlich vollständig saniert werden.</p>	<p>Nel corso dello scavo del cunicolo esplorativo è stata attraversata la faglia ESI-f4158 nel tratto dal km 4.140 al km 4.220 circa del cunicolo esplorativo. La faglia viene descritta come sistema di faglie immergente con pendenza da media a elevata verso ovest. Con l'avanzare dello scavo la zona centrale della faglia si muove dal piedritto sinistro verso destra attraversando la sezione trasversale. Per quest'area il comportamento dell'ammasso roccioso è stato descritto come "spingente". Il comportamento deformativo era fortemente asimmetrico e dipendeva dalla posizione della zona centrale nella sezione trasversale. Le deformazioni maggiori hanno raggiunto circa 16 cm e si sono verificate con velocità ridotta nell'arco di un periodo esteso. Nonostante la realizzazione di un arco rovescio le deformazioni non si sono azzerate completamente.</p> <p>Nell'area interessata dalla zona di faglia le sovrassollecitazioni hanno causato delle fessure e rotture interessanti il rivestimento in cls proiettato nonché dei piegamenti delle piastre di ancoraggio. Infine si è reso necessario risanare completamente il rivestimento presente nell'area in oggetto.</p>



Gebirgsverhaltenstyp	SZ-IQP-AS2-NHSIbk-GVT 3	Tipo di comportamento dell' ammasso roccioso
Grau / grigio – Schieferung / scistosità;    Schwarz / nero – joints;    rot / rosso - faults		
Homogenbereich / Überlagerung		Settore omogeneo / copertura
NHSIbk1 (535-840m) / NHSIbk2 (840-895m)		
Orientierung der Störung zum Hohlraum		Orientazione della faglia rispetto alla cavità
stark schleifend bis schräg, flach bis steil einfallend		orientamento da obliquo ad angolo elevato, inclinazione da bassa ad alta pendenza
Verschnittlänge der CZ mit Tunnelachse / Hohlraum		Lunghezza d'intersezione CZ - asse di galleria / cavità
2-5 m / 10-25 m (bei parallelem Verlauf auch mehr möglich)		2-5 m / 10-25 m (in caso d'andamento parallelo anche più possibile)
Prognostizierte Anzahl im Homogenbereich		Numero previsto nel settore omogeneo
1		

Einfluss Bergwasser auf GVT		Influenza acqua di montagna su TCR	
<p>Die Kombination aus Protokataklasit und fault gouge in der Core Zone ist als dicht zu beurteilen. Wasserwegigkeiten treten aufgrund des höheren Grades der Zerlegung bevorzugt in der Damage Zone auf. Aufgrund der geringen bis sehr geringen prognostizierten Wasserzutritte ist mit keinen wesentlichen Einflüssen des Bergwassers auf das Gebirgsverhalten zu rechnen. Bei lokalen Wasserzutritten kann die Scherfestigkeit auf den Trennflächen lokal reduziert werden. Das globale Gebirgsverhalten wird dadurch jedoch nicht maßgeblich beeinflusst.</p>		<p>La combinazione di protocataclasi e fault gouge nella core zone può essere classificata come impermeabile. A causa del grado più elevato di fratturazione, le circolazioni idriche sono presenti preferibilmente nella damage zone. Per il fatto che vengono pronosticate delle venute d'acqua molto ridotte non si assume che ci sia un impatto fondamentale delle acque ipogee sul comportamento dell'ammasso roccioso. In caso di venute d'acqua locali è possibile che la resistenza al taglio sulle discontinuità si riduce localmente. Ciò non ha però un impatto decisivo sul comportamento dell'ammasso roccioso complessivo.</p>	
Geomechanisches Modell Deformationsverhalten		Modello geomeccanico e deformativo	
<p>DZ: im Vergleich zum umgebenden Gebirge Entfestigung und Ausbildung von Scherzonen, verminderte Gebirgsfestigkeit, im Vergleich zum umgebenden Gebirge reduzierte GSI Werte zwischen 35-40. Abbildung wie umgebendes Gebirges, aber mit verminderter Gebirgsfestigkeit.</p> <p>CZ: geschieferter Protokataklasit. Abbildung über isotrop elastoplastisches Materialverhalten.</p>		<p>DZ: in confronto all' ammasso roccioso circostante detensionamento e formazione di zone di faglie, riduzione elevata della resistenza al taglio, in confronto all' ammasso roccioso: parametri ridotti del GSI tra 35-40. Illustrazione: come ammasso roccioso circostante con ridotta resistenza dell' ammasso roccioso.</p> <p>CZ: protocataclasi scistosa. Illustrazione: comportamento isotropo elastoplastico.</p>	
Gebirgsverhalten		Comportamento dell' ammasso roccioso	
<p>Bei GVT2 des umgebenden Gebirges GVT3, bei GVT3 des umgebenden Gebirges GVT3.</p> <p>Trotz der geringen Mächtigkeit der Störungszone ergibt sich durch die parallele bis schleifende Orientierung zum Hohlraum eine große Verschnittlänge der Core Zone mit dem Hohlraum (über einem Tunneldurchmesser). Auch im ungünstigsten Verschnitt berührt die Kernzone jedoch nur einen Teil der Ausbruchfläche.</p> <p>Die Störung hat daher bei paralleler bis schleifender Orientierung merklichen, aber nicht maßgeblichen Einfluss auf das Gebirgsverhalten des umgebenden Gebirges.</p> <p>Im Bereich der Störzone ist mit verstärkten gefügebedingten Ausbrüchen aus der Laibung und der Ortsbrust zu rechnen. Es kommt zur hohlraumnahen Entfestigung und Plastifizierung des Gebirges durch den Ausbruch im Bereich der Störungszone und insbesondere im Bereich der Core Zone.</p>		<p>In caso di tipo di comportamento 2 della roccia circostante tipo di comportamento 3, in caso di tipo di comportamento 3 della roccia circostante tipo di comportamento 3. Nonostante lo spessore ridotto della zona di faglia risulta, a causa del suo orientamento da parallelo a subparallelo rispetto alla cavità, una lunghezza elevata di intersezione della core zone con la cavità (superiore a un diametro galleria). Anche nel caso di intersezione più sfavorevole, la zona centrale tocca però solo una parte della sezione di scavo.</p> <p>Con un orientamento da parallelo a subparallelo, la faglia ha un impatto marcato, ma non determinante sul comportamento dell'ammasso roccioso circostante. Per la sezione interessata dalla zona di faglia si prevede un aumento dei distacchi dovuti alla struttura che interessano il contorno della cavità e il fronte di scavo. Si manifestano dei fenomeni di detensionamento vicino alla cavità e di plastificazione dell'ammasso roccioso dovuti allo scavo nell'area interessata dalla zona di faglia, in particolare dalla core zone.</p>	
Tropie / Radialdeformation		Tropia / Deformazione radiale	
<p>anisotrop, geringfügige Zunahme der Verformungen im Vergleich zum "ungestörten" Gebirge</p>		<p>anisotropo, aumento marginale delle deformazioni rispetto alla roccia non fratturata.</p>	
Geotechnische Relevanz		Rilevanza geotecnica	
<p>2 - relevant</p>		<p>2 - rilevante</p>	

8.3

ÜBERSICHTSTABELLE DER EIGENSCHAFTEN UND PARAMETER DES GEBIRGES UND DER STÖRUNGSZONEN

8.3

TABELLA SOMMARIA DELLE CARATTERISTICHE E DEI PARAMETRI DELL'AMMASSO ROCCIOSO E DELLE ZONE DI FAGLIA

8.3.1

Gestein

8.3.1

Roccia

	Parameter / parametri	Dimension / unità	IQP-QP-1c/1d	IQP-QS-1c/1d
Gestein / roccia	Lithologie / litologia	-	306 / 307	309 / 307 / 312
	bestimmende Gesteine / roccia principale	-	Quarzphyllit / fillade quarzifera	Quarzit-Quarzitschiefer, Biotitschiefer / quarzite, scisto quarzitico, scisto a biotite
	$\gamma$	kN/m³	27	26
	$\sigma_{ci}$	MPa	36	40
	$I_s$	-	2,11	2,37
	E	MPa	30.000	35.000
	$\nu$	-	0,21	0,18
	SPZ	MPa	4,7	5,7
	CAI	-	3,0	4,8
	äQu	-	48	72
	$m_i$	-	10	15
	$\varphi$	°	46	46
	c	MPa	7,5	8
	$\varphi$ Trennflächen / discontinuità	°	32	32
	c Trennflächen / discontinuità	MPa	0 hohlraumnah 0,2 hohlraumfern	0 hohlraumnah 0,2 hohlraumfern



	Parameter / parametri	Dimension / unità	Gebirge (ungestört)		Gebirge (gestört) Damage Zone und Core Zone SZ-ESI-f4158		Gebirge (gestört) Damage Zone und Core Zone SZ-IQP-AS2	
			IQP-QP-1c/1d	IQP-QS-1c/1d	DZ	CZ	DZ	CZ
Gebirge / amasso roccioso	GSI	-	45 (40-50)	50 (45-55)	30-35		35-40	
	D	-	0	0	0,5		0,5	
	σ <sub>c</sub>	MPa	1,61	2,41				
	σ <sub>cm</sub>	MPa	5,62	8,47				
	h <sub>ü</sub>	m	NHSIbk1 (535-840m) / NHSIbk2 (840-895m)		650-700 m		NHSIbk1 (535-840m) / NHSIbk2 (840-895m)	
	Homogenbereich / settore omogeneo		1c: NHSIbk1 1d: NHSIbk2	1c: NHSIbk1 1d: NHSIbk2	Störungszone tritt nur im Bereich NHSIbk1 auf		Die geologische Prognose sieht eine Störungszone dieses Typ in einer der beiden Hauptröhren Ost bzw. West vor	
	φ	°	1c: 32-28 1d: 28	1c: 38-34 1d: 34	28	26	26	25
	c	MPa	1c: 1,3-1,8 1d: 1,8	1c: 1,7-2,3 1d: 2,3	0,5	0,3	1,0	0,2-0,3
	E (Hoek 2005 / 2002 / 2006)	MPa	6.140 / 4.500 / 6.710	9.340 / 6.320 / 10.750				
E empfohlen / raccomandato	MPa	6.000	10.000	1.000	600	2.000	600-900	
Gebirgsverhalten / comportamento dell' ammasso roccioso	Verformung deformazione (aus Kennlinie ohne Ausbau)	cm	HT/MS: < 10 cm (< 2%) VS/AS: < 5 cm (< 1%)	< 5 cm (< 1%)				
	Gebirgsbeanspruchung / sollecitazione dell' ammasso roccioso	-	Leicht bis mittel druckhaft	Nachbrüchig bis leicht druckhaft				
	Gebirgsverhalten / comportamento dell' ammasso roccioso	-	trennflächen-dominiert / dominato di discontinuità	trennflächen-dominiert / dominato di discontinuità				
	GVT / TCR	-	HT/MS: 3 VS/AS: 2	2				

	Abmessungen				Material						Tropie	Orientierung	Verschnittlänge		GVT
Bezeichnung	DZ	CZ	DZ	Ges.	CZ Hauptanteil	CZ Nebenanteil	CZ Parameter	DZ Hauptanteil	DZ Nebenanteil	DZ Parameter			CZ mit TA	CZ mit Hohlraum	
SZ-ESI-f4258	10,5	5,5	1	17	Geschieferter Protokataklasit, stark entfestigt (90%)	Fault gouge (10%)	$\varphi = 26^\circ$ $c = 0,3 \text{ MPa}$ $E = 600 \text{ MPa}$	Gebirge mit erhöhter Trennflächendichte (jrm) und teilweise schieferungsparalleler Entfestigung (80%)	Geschieferter Protokataklasit (10%) Fault gouge (10%)	$\varphi = 28^\circ$ $c = 0,5 \text{ MPa}$ $E = 1.000 \text{ MPa}$	Stark Anisotrop	subparallel bis schleifend (15°-45°), mittelsteil bis steil einfallend (40°-70°)	HT+MS: 10-25 m QV: 7-15 m	HT+MS: 20-45 m QV: 10-18 m	4-1
SZ-IQP-AS2	1	1	1	3	Geschieferter Protokataklasit, stark entfestigt (50-70%)	Fault gouge (30-50%)	$\varphi = 25^\circ$ $c = 0,2-0,3 \text{ MPa}$ $E = 600-900 \text{ MPa}$	Gebirge mit erhöhter Trennflächendichte (jrm) und teilweise schieferungsparalleler Entfestigung (50-70%)	Geschieferter Protokataklasit (10-30%) Fault gouge (0-20%)	$\varphi = 26^\circ$ $c = 1,0 \text{ MPa}$ $E = 2000 \text{ MPa}$	Anisotrop	parallel bis schräg (0°-15°), flach einfallend bis steil einfallend (25°-85°)	2-5 m	10-25 m	3