



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
Ausführungsplanung


Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
Progettazione esecutiva

D0700: Baulos Mauls 2-3	D0700: Lotto Mules 2-3
Projekteinheit	WBS
Gesamtbauwerke	Opere generali
Dokumentenart	Tipo Documento
Technischer Bericht	Relazione tecnica
Titel	Titolo
Geologischer Bericht Zugangstunnel Trens	Relazione geologica Galleria di accesso Trens

	<p>Fachplaner / il progettista specialista Dott. Paolo Perello Ord. Geol. Piemonte N° A 266</p> 
---	---

<p>RTI 4P Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P olo Pro Iter S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026787911, Fax: +39 0287152612</p> <p>Mandataria </p> <p>Mandanti   </p>	<p>Als Zustimmung / Per Condivisione Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470</p>
---	--

	Datum / Data	Name / Nome	Gesellschaft / Società
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Töchterle	GDP
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Burger	BBT

	Name / Nome R. Zurlo	Name / Nome K. Bergmeister
---	-------------------------	-------------------------------

Projekt-kilometer / Chilometro progetto	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Projekt-kilometer / Chilometro opera	von / da bis / a bei / al	Status Dokument / Stato documento	Massstab / Scala	-
---	---	--------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------	---

Staat / Stato	Los / Lotto	Einheit / Unità	Nummer / Numero	Dokumentenart / Tipo Documento	Vertrag / Contratto	Nummer / Codice	Revision / Revisione
02	H61	GD	992	GTB	D0700	13033	21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
10	Endabgabe / Consegna Definitiva	Burger	31.07.2014
11	Projektvollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e ricipimento istruttoria	Burger	30.09.2014
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Burger	04.12.2014
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	Burger	30.01.2015

1	VORBEMERKUNG	
1	PREMESSA	6
2	GEOLOGISCHE EINLEITUNG	
2	INTRODUZIONE GEOLOGICA	6
2.1	GEOGRAPHISCHER RAHMEN	
2.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
2.2	GEOLOGISCHER RAHMEN	
2.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
3	AUFGABENSTELLUNG	
3	OBIETTIVI	9
4	DATENBASIS	
4	BASE DATI	9
4.1	ERKUNDUNGSPHASEN	
4.1	FASI DI PROSPEZIONE	9
4.1.1	Erkundungsphase 1	
4.1.1	Fase di prospezione I.....	9
4.1.2	Erkundungsphase II	
4.1.2	Fase di prospezione II	9
4.1.3	Erkundungsphase Baureifmachung	
4.1.3	Fase di prospezione nella fase propedeutica alla costruzione	10
4.2	ERKUNDUNGSERGEBNISSE	
4.2	RISULTATI DELLA PROSPEZIONE	10
4.2.1	Geologische Dokumente	
4.2.1	Documentazione geologica	10
4.2.2	Erkundungsbohrungen	
4.2.2	Sondaggi geognostici	11
4.2.2.1	Bohrung Se-B-01/05	
4.2.2.1	Sondaggio Se-B-01/05	11
4.2.2.2	Bohrung Mu-B-03/05s	
4.2.2.2	Sondaggio Mu-B-03/05s.....	12
4.2.2.3	Mu-B-04/05s	
4.2.2.3	Mu-B-04/05s.....	13
4.2.2.4	Bohrung Mu-B-05/11	
4.2.2.4	Sondaggio Mu-B-05/11.....	13
4.2.2.5	Bohrung Mu-B-06/11	
4.2.2.5	Sondaggio Mu-B-06/11.....	15

4.2.2.6	Vorausbohrung SAV 7 CC	
4.2.2.6	Sondaggio in avanzamento SAV 7 CC.....	16
5	GEOLOGISCHES MODELL DES PROJEKTGEBIETES	
5	MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO	17
5.1	ÜBERSICHT	
5.1	PANORAMICA	17
5.2	FORMATIONEN UND GESTEINE AUF TUNNELNIVEAU	
5.2	FORMAZIONI E ROCCE A LIVELLO GALLERIA	17
5.2.1	Oberostalpines Basement	
5.2.1	Basamento austroalpino superiore.....	17
5.2.2	Phyllonitische Schiefer und Schwarzphyllite unsicherer Stellung (750) und Störungsgesteine der Maulsertal-Störungzone	
5.2.2	Scisti fillonitici e filladi nere di posizione incerta (750) e rocce di faglia della zona di faglia Val di Mules	19
5.2.3	Metamorphe Permotrias von Mauis - "Maulser Trias"	
5.2.3	Permotriassico metamorfico di Mules - "Triassico di Mules"	20
5.2.3.1	Metamorphe Alpine-Verrucano-Fm. (709, 711) und Metamorphe Alpine Buntsandstein-Fm. (708)	
5.2.3.1	Formazione di Verrucano alpino metamorfico (709, 711) e fm. di Buntsandstein alpino metamorfico (708)	20
5.2.3.2	Metamorphe Reichenhaller Schichten (707)	
5.2.3.2	Reichenhaller Schichten metamorfiche (707).....	23
5.2.3.3	Metamorphe Reifling-Fm. (706)	
5.2.3.3	Formazione metamorfica di Reifling (706).....	24
5.2.3.4	Dolomit (705)	
5.2.3.4	Dolomie (705).....	25
5.2.4	Oligozäne kalkalkaline Magmatite	
5.2.4	Magmatiti calcarei alcalini dell'Oligocene	25
5.2.4.1	Maulser Tonalit	
5.2.4.1	Tonalite di Mules	25
5.2.5	Südalpin	
5.2.5	Sudalpino	27
5.2.5.1	Brixner Granit	
5.2.5.1	Granito di Bressanone.....	27
5.3	QUARTÄRE ABLAGERUNGEN	
5.3	DEPOSITI QUATERNARI	28
5.4	TIEFGRÜNDIGE MASSENBEWEGUNGEN	
5.4	DEFORMAZIONE GRAVITATIVA PROFONDA DI VERSANTE (DGPV)	29
5.4.1	Der Talzusub von der Weißen Gaisspitze	

5.4.1	Scoscendimento profondo di versante (DGPV) della cima Punta di Capra Bianca	29
5.4.2	Der Talzuschub an der rechten Flanke des Gansörtales	
5.4.2	Scoscendimento profondo di versante (DGPV) sul versante destro della Val di Gansor	29
5.5	TEKTONIK	
5.5	TETTONICA	29
5.5.1	Übersicht	
5.5.1	Panoramica	29
5.5.2	Duktile Deformation: Schieferung, Falten und duktile Scherzonen	
5.5.2	Deformazione duttile: Scistosità, pieghe e zone di shear duttili	30
5.5.3	Spröde Deformation: Spröde Störungen und Klüfte	
5.5.3	Deformazione fragile: Faglie e fratture fragili	30
5.5.4	Regionale Störungssysteme	
5.5.4	Sistemi di faglia regionali	30
5.5.5	Störungszonen	
5.5.5	Zone di faglia	33
5.5.5.1	Störungen des Wipptal-Störungssystems	
5.5.5.1	Faglie del sistema di faglia del Wipptal:	33
5.5.5.2	Störungen des Afener Störungssystems	
5.5.5.2	Faglie del sistema di faglia di Avenes	33
5.5.5.3	Störungen des Tulfers Störungssystems	
5.5.5.3	Faglie del sistema di faglia di Tulfes	33
5.5.5.4	Maulsertal-Störungszone	
5.5.5.4	Zona di faglia Val di Mules	33
5.5.5.5	Pustertal-Störungszone	
5.5.5.5	Zona di faglia della Val Pusteria	34
5.6	SEISMISCHER BERICHT	
5.6	RELAZIONE SISMICA	35
5.6.1	Seismizität	
5.6.1	Sismicità	35
5.6.2	Potenziell aktive Störungen	
5.6.2	Faglie potenzialmente attive	37
5.7	GEOLOGISCHE PROGNOSE AUF TUNNELNIVEAU	
5.7	PREVISIONE GEOLOGICA A QUOTA GALLERIA	39
5.7.1	Abschnitt von km 0+0 bis 0+150: Amphibolit	
5.7.1	Tratto dal km 0+0 al km 0+150: anfibolite	39
5.7.2	Abschnitt von km 0+150 bis 1+615 ca.: Schiefer des Ostalpinen Kristallins	

5.7.2	Tratto dal km 0+150 al km 1+615 ca.: Scisti dell' cristallino austroalpino	39
5.7.3	Abschnitt von km 1+615 bis 1+920 ca.: Nördlicher Anteil der Malsertal-Störungszone und tektonisiertes Ostalpines Kristallin	
5.7.3	Tratto dal km 1+615 al km 1+920 ca.: Parte settentrionale della zona di faglia della Val di Mules e del cristallino austroalpino tettonizzato.....	40
5.7.4	Abschnitt von km 1+920 bis 2+110 ca.: Südlicher Anteil der Malsertal-Störungszone	
5.7.4	Tratto dal km 1+920 al km 2+110 ca.: Parte meridionale della zona di faglia Val di Mules	41
5.7.5	Abschnitt von km 2+110 bis 2+773 ca.: Maulser Tonalitlamelle	
5.7.5	Tratto dal km 2+110 al km 2+773 ca.: Lamella tonalitica di Mules	42
5.7.6	Abschnitt von km 2+773 bis 2+800 ca.: Core Zone der Pustertal-Störung	
5.7.6	Tratto dal km 2+773 al km 2+800 ca.: Core zone della faglia della Val Pusteria.....	42
5.7.7	Abschnitt von km 2+800 bis 3+592 ca.: Brixner Granit	
5.7.7	Tratto dal km 2+800 al km 3+592 ca.: Granito di Bressanone.....	43

6 VERZEICHNISSE

6	ELENCHI	43
6.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
6.1	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	43
6.2	LITERATUR UND QUELLEN	
6.2	BIBLIOGRAFIA E FONTI	44
6.2.1	Literatur	
6.2.1	Bibliografia.....	44
6.2.2	Quellen	
6.2.2	Fonti	45
6.2.2.1	BBT-Dokumente	
6.2.2.1	Documenti BBT	45
6.2.2.2	Sonstige Quellen	
6.2.2.2	Altre fonti	46
6.2.2.3	Geologische Karten	
6.2.2.3	Carte geologiche	46

1 VORBEMERKUNG

Der vorliegende Bericht soll als geologische Grundlage für die Ausschreibungsplanung und den Bau des Zugangstunnel Trens dienen.

Der Bericht basiert auf den Daten des Einreichoperates „Progetto definitivo“ (D0154) in dem umfangreiche Erkundungsergebnisse und Grundlagen eingearbeitet sind (Geologische Kartierungen D0104 und D0154, Erkundungsbohrungen Mauls). Eine Aktualisierung dieses Datensatzes erfolgte auf Basis:

- Den Erkundungsbohrungen Mu-B-05/11s, Mu-B-06/11s
- Der Vorausbohrung SAV 7 CC (von km 47+572,5 bis km 47+222,6)
- Den Ergebnissen aus dem Erkundungsstollen (Vortriebsstand am 25.5.2013 bei km 47+527,8) und den Hauptröhren (Vortriebsstand am 25.5.2013 bei km 48+353,7 in der Oströhre und bei km 48+273,8 in der Weströhre gemäß Kilometrierung des Einreichoperates "Progetto definitivo")
- Der geologischen Dokumentation aus dem Zugangstunnel Mauls

2 GEOLOGISCHE EINLEITUNG

2.1 GEOGRAPHISCHER RAHMEN

Der Zugangstunnel Trens zweigt unter Gipfel des kleinen Nock (1952 m) südöstlich Mauls vom Zugangstunnel Mauls ab und verläuft dann in nördlicher Richtung. Er unterquert die Talsohlen des Maulsertales und des Gansörtales. Die erste Erhebung im N des Maulsertales ist der ca. 1870 m hohe Infang, der im Gipfelbereich unterquert wird. Anschließend verläuft die Trasse an der östlichen Hangflanke des hier N-S-streichenden Sengestales entlang und endet südwestlich der Weißen Gaisspitze. Die Überlagerung liegt unterhalb des kleinen Nock im S im des Maulsertales bei ca. 730 m und fällt nach N rasch ab bis auf ca. 400 m unterhalb des Maulsertales und ca. 385 m unterhalb des Gansörtales. Nach N hin steigt die Überlagerung erneut rasch an bis auf ca. 1080m unterhalb des Infangs, verringert sich anschließend um dann bis auf ca. 1130 m am nördlichen Ende des Zugangstunnel Trens anzusteigen.

2.2 GEOLOGISCHER RAHMEN

Geologisch führt der geplante Brenner Basistunnel durch das

1 PREMESSA

La presente relazione è intesa come base geologica per la progettazione d'appalto e la realizzazione della galleria di accesso Trens.

La relazione si basa sui dati del „Progetto definitivo“ (D0154) in cui sono stati inseriti gli ampi risultati della prospezione e le basi progettuali (mappature geologiche D0104 e D0154; sondaggi geognostici Mules). L'aggiornamento di questi dati è stato effettuato sulla seguente base:

- sondaggi geognostici Mu-B-05/11s, Mu-B-06/11s
- sondaggio in avanzamento SAV 7 CC (dalla progr. km 47+572,5 al km 47+222,6)
- risultati provenienti dal cunicolo esplorativo (stato di avanzamento del 25/05/2013 alla progr. chilometrica 47+527,8) e dalle gallerie principali (stato di avanzamento del 25/05/2013 alla progr. chilometrica 48+353,7 nella canna est ed alla progr. chilometrica 48+273,8 nella canna ovest ai sensi della progressiva chilometrica del Progetto Definitivo)
- documentazione geologica relativa alla galleria di accesso Mules

2 INTRODUZIONE GEOLOGICA

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La galleria di accesso Trens si dirama sotto la cima del Dosso piccolo (1952 m) a sud-est della galleria di accesso Mules e si sviluppa nel seguito in direzione nord. Essa sottoattraversa i fondovalle della Val di Mules e della Val di Gansör. La prima altura nella parte settentrionale della Val di Mules è l'Infang, alto 1870 m circa, il quale viene sottoattraversato nell'area della cima. Successivamente, il tracciato si sviluppa lungo il versante orientale del pendio della Val di Senges, qui direzionato N-S, per terminare a sud-ovest della cima Punta di Capra Bianca. La copertura si trova sotto il Dosso piccolo a sud della Val di Mules a circa 730 m e diminuisce rapidamente verso N a circa 400 m sotto la Val di Mules ed a circa 385 m sotto la Val di Gansör. La copertura aumenta di nuovo rapidamente in direzione N a circa 1080m all'inizio, diminuisce subito dopo e aumenta nuovamente a circa 1130 m presso la fine settentrionale della galleria di accesso di Trens.

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

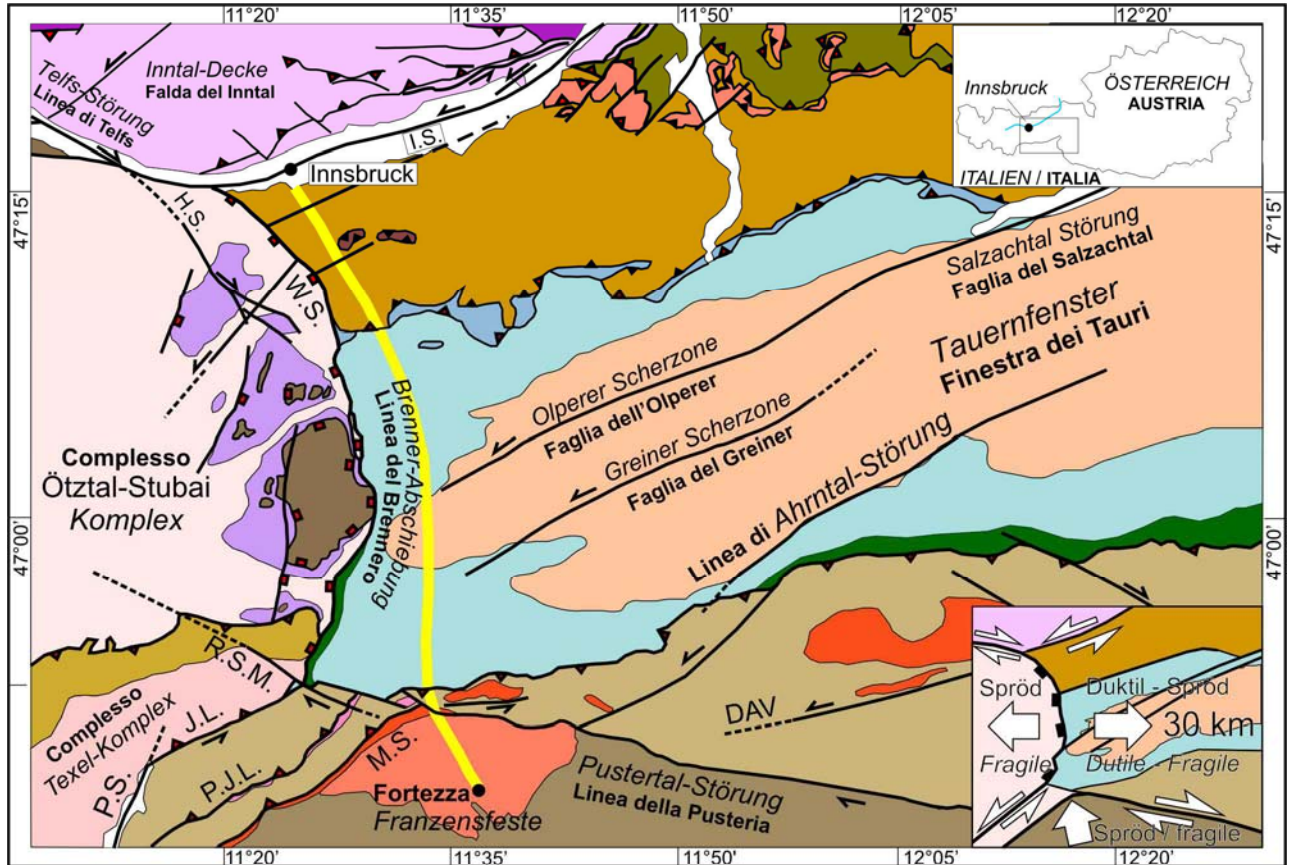
Dal punto di vista geologico la Galleria di Base del Brennero

empor gewölbte Zentrum der Kollisionszone der europäischen und adriatischen (afrikanischen) Platten, die in Form mehrerer übereinander gestapelter Decken vorliegen. Der gesamte Tunnel quert dabei das Tauernfenster, das infolge der angesprochenen Emporwölbung Einblick in den tieferen Krustenbereich der Ostalpen gewährt. Die strukturell tiefsten Bereiche stellen im Tauernfenster die Zentralgneiskerne dar, die als subpenninisches Basement bezeichnet werden. Diese werden umhüllt von den Gesteinen der Unteren und Oberen Schieferhülle. Den Rahmen des Tauernfensters bilden die strukturell darüberliegenden ostalpinen Einheiten. Diese beinhalten im Süden oligozäne kalkalkaline Intrusionen. Über die Periadriatische Störungszone (PA) grenzt daran im Süden das Südalpin. Die Periadriatische Störungszone trennt die ostalpinen Einheiten vom Südalpin und lässt sich nahezu entlang des gesamten Alpenkörpers verfolgen. Vielfach tritt die Periadriatische Störungszone dabei als markantes morphologisches Lineament in Erscheinung.

Der Zugangstunnel Trens durchörtert von N nach S das Ostalpin im S des Tauernfensters, die Maulser Tonalitlamelle und den nördlichsten Anteil des südalpinen Brixner Granits. Dabei durchquert er auch die Periadriatische Störungszone (Abb. 10).

attraversa il centro della cupola della zona di collisione fra la placca europea e quella adriatica (africana) che si presenta sotto forma di più falde sovrapposte. L'intera galleria attraversa pertanto la Finestra dei Tauri la quale, in riferimento alla forma a cupola sopra indicata, consente una visione delle parti di crosta più profonde delle Alpi Orientali. I settori strutturali più profondi della Finestra dei Tauri vengono rappresentati dai nuclei di gneiss centrale che vengono denominati basamento subpenninico. Questi nuclei sono avvolti dalle rocce degli Schieferhülle inferiori e superiori. Le unità austroalpine strutturalmente superiori costituiscono il margine della Finestra dei Tauri. Esse comprendono al sud delle intrusioni oligoceniche calcalkaline. Verso sud attraverso la zona di faglia periadriatica (PA) segue il Sudalpino. La zona di faglia periadriatica separa le unità austroalpine dal Sudalpino e può essere riscontrata lungo quasi tutto il corpo delle Alpi. Spesso, la zona di faglia periadriatica si presenta come lineamento morfologico pronunciato.

La galleria di accesso Trens attraversa da N a S l'Austroalpino al S della finestra dei Tauri, la Lamella di Mules e la parte più a nord del granito di Bressanone sudalpino (Fig. 10).



- DAV Linea Deferegggen-Antholz-Valles Linie
- H.S. Halsl-Störung / Faglia dell' Halsl
- I.S. Inntal-Störung / Faglia dell'Inntal
- J.L. Jaufen Linie / Linea del Giovo
- M.S. Maulser Störung / Linea di Mules
- P.J.L. Penser Joch Linie / Linea del Passo Pennes
- P.S. Passeier-Störung / Linea di Passiria
- R.S.M. Ridnaun-Sprechenstein-Maulsertal Störung
Faglia di Ridanna-Sprechenstein-Val di Mules
- W.S. Wipptal Störung / Faglia del Wipptal

Oberostalpin - Austroalpino Superiore

- Inntaldecke Falda del Inntal
- Grauwackenzone "Grauwackenzone"
- Lechtaldecke Falda del Lechtal
- Phyllitgneiszone, Steinacher Decke / Blaser Decke "Phyllitgneiszone", Falda di Steinach / Falda del Blaser

Mittelostalpin - Austroalpino Medio

- Permomesozoikum Permomesozoico
- Ötztal-Stubai-Kristallin Complesso di Ötztal-Stubai
- Kellerjochgneis "Kellerjochgneis"
- Schneeberger Zug Complesso Schneeberg
- Texel-Komplex Complesso Texel

Unterostalpin - Austroalpino Inferiore

- Innsbrucker Quarzphyllit Fillade quarzifera di Innsbruck



Tunneltrasse - tracciato della galleria

0 km 20

Ultrapenninikum - Ultrapennidico

- Tarntaler Permomesozoikum und Reckner Komplex Permomesozoico di Tarntal, Unità del Reckner

Penninikum - Pennidico

- Mélange der Matreier Zone Mélange della zona di Matrei
- Glockner Deckenkomplex (Obere Schieferhülle) Complesso della Falda del Glockner ("Obere Schieferhülle")

Subpenninikum - Subpennidico

- Venediger Deckenkomplex (Altes Dach, Zentralgneis, Parautochthon, Untere Schieferhülle) Complesso della Falda del Venediger (Altes Dach, Gneiss centrale, Parautoctono, "Untere Schieferhülle")

Ostalpin südlich des Tauernfensters - Austroalpino a sud della Finestra dei Tauri

- Permomesozoikum Permomesozoico
- Basement basamento

- Periadriatische Intrusiva Plutoni periadriatici

Südalpin - Sudalpino

- Brixner Granit Granito di Bressanone
- Brixner Quarzphyllit Fillade di Bressanone

Abb. 1 Tektonische Übersichtskarte des westlichen Tauernfensters. Verändert nach Brandner, 1980, ergänzt nach Mancktelow et al., 2001.

Fig. 1 Carta tettonica generale della Finestra dei Tauri occidentale. Modificato Brandner, 1980, integrato secondo Mancktelow et al., 2001.

3 AUFGABENSTELLUNG

Ziel der gegenständlichen Arbeit ist es, aufbauend auf die erwähnten Untersuchungen die geologischen Verhältnisse für die Ausschreibungsplanung des Zugangstunnels Trens zu charakterisieren.

4 DATENBASIS

4.1 ERKUNDUNGSPHASEN

4.1.1 Erkundungsphase 1

Aufbauend auf bestehenden Machbarkeitsstudien (u.a. Köhler, 1978) folgte 1999 bis 2002 die Projektphase I der geologischen Erkundung für den BBT. In der Projektphase I wurde der Kenntnisstand des Projektgebietes in Bezug auf die allgemeine geologische Situation sowie auch hinsichtlich seiner Eigenschaften als Baugrund für einen tiefliegenden Tunnel erweitert. Darauf basierend wurde schließlich eine „Vorschlagstrasse“ festgelegt. Es wurden sämtliche verfügbaren geologischen Bestandsdaten erhoben und zusammengeführt. Eine erste Kampagne von Tiefbohrungen entlang der Trasse gab Aufschluss über die geologischen Verhältnisse in der Tiefe. Zudem wurden strukturgeologisch-geotechnische Geländedaten entlang der gesamten Trasse aufgenommen und einzelne Detailkartierungen durchgeführt. Wichtige Ergebnisse dieser Projektphase in Hinblick auf die geologisch-geotechnische Erkundung waren tektonische Karten über das gesamte Projektgebiet im Maßstab 1:10.000 und 1:25.000, ein geologisches Prognoseprofil entlang der Trasse des BBT, ein Horizontalschnitt, mehrere geologische Querprofile sowie die Erläuterung der Ergebnisse in verschiedenen Berichten. Ein besonderes Augenmerk wurde bereits in dieser Phase auf die Lokalisierung und die Ausbildung von Störzonen gelegt. Dabei wurden alle großen Störungen entlang der Trasse beschrieben, alle wichtigen Störungssysteme charakterisiert, regionale Trennflächensysteme definiert und deren Auftreten lokalisiert.

4.1.2 Erkundungsphase II

In der Projektphase II (2004 bis 2006) wurden im Auftrag der BBT SE (anfangs noch BBT EWIV) die geologischen Erkenntnisse der vorhergehenden Untersuchungen weiter vertieft. Zahlreiche Tiefbohrungen wurden abgeteuft,

3 OBIETTIVI

Lo scopo del presente studio consiste nel caratterizzare, sulla base delle indagini menzionate, le condizioni geologiche per la progettazione d'appalto della galleria di accesso Trens.

4 BASE DATI

4.1 FASI DI PROSPEZIONE

4.1.1 Fase di prospezione I

Sulla base degli studi di fattibilità esistenti (tra l'altro Köhler, 1978) seguiva dal 1999 al 2002 la fase di progetto I dedicata alle prospezioni geologiche per la Galleria di Base del Brennero. Nella fase di progetto I sono state approfondite la situazione geologica generale dell'area di progetto e le caratteristiche del sottosuolo rilevanti per la realizzazione di una galleria profonda. Su questa base è stata infine definita una "proposta di tracciato". Sono stati rilevati e uniti tutti i dati geologici esistenti. Grazie a una prima campagna di sondaggi profondi eseguiti lungo il tracciato sono state acquisite delle conoscenze geologiche in profondità. Inoltre sono stati rilevati i dati geologico-strutturali e geotecnici lungo l'intero tracciato e sono stati eseguiti singoli rilievi di dettaglio. Gli esiti in termini geologici e geotecnici di questa fase progettuale erano delle carte tettoniche per l'intera area di progetto in scala 1:10.000 e 1:25.000, un profilo geologico previsionale lungo il tracciato della Galleria di base del Brennero, una sezione orizzontale, diversi profili trasversali geologici nonché delle descrizioni degli esiti in diverse relazioni. Già in questa fase è stata attribuita particolare attenzione alla localizzazione e alla struttura di zone di faglia. Sono state descritte tutte le faglie di dimensioni grandi, sono stati caratterizzati tutti i sistemi di faglia importanti, sono stati definiti e localizzati i sistemi di discontinuità regionali.

4.1.2 Fase di prospezione II

Per conto di BBT SE (inizialmente ancora GEIE BBT), nella fase di progetto II (dal 2004 al 2006), sono state approfondite ulteriormente tutte le conoscenze geologiche acquisite nell'ambito delle indagini precedenti. Sono stati eseguiti

geologische Kartierungen im Maßstab 1:10.000 und 1:5.000 durchgeführt und strukturgeologisch-geotechnische Detailaufnahmen in einer Vielzahl an Aufschlüssen sowie an ausgewählten Bohrkernstrecken durchgeführt. Nach Trassenfixierung wurde für die Hauptröhren und den Erkundungsstollen ein repräsentativer Längenschnitt entlang der BBT-Oströhre erstellt. Ein wesentliches Ergebnis dieser Phase war die Untergliederung des Projektraumes in geologische Homogenbereiche (D0104a). Die detaillierte Aufnahme von Aufschlüssen im Bereich von Störungen, die bestimmten Systemen zugeordnet werden konnten, ergab zudem ein Bild zur generellen Ausbildungen von Störungen des jeweiligen Systems. Wichtige Informationen lieferten auch Bohrkern aus Störzonen, deren Orientierung durch bohrlochgeophysikalische Methoden (meist Akustik-Log) ermittelt werden konnte. An den gewonnenen Bohrkernen wurden lithologiebezogen eine große Anzahl geologischer und geotechnischer Laborversuche zur Gesteinscharakterisierung sowie zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften der Gesteine durchgeführt.

Basierend auf den Daten und Ergebnissen aus den Projektphasen I und II wurden im Zuge der Einreichplanung von 2006 bis 2007 schließlich die geologischen Prognosen für den Baugrund der verschiedenen Bauwerke erstellt. Die Genehmigungen des Projektes erfolgte in den Jahren 2008 und 2009.

4.1.3 Erkundungsphase Baureifmachung

Zur Baureifmachung des entsprechenden Abschnittes des Erkundungsstollens wurden 2011 und 2012 folgende Bohrungen abgeteuft:

- Mu-B-05/11 (Teufe: 385m)
- Mu-B-06/11 (Teufe: 485,2 m)

4.2 ERKUNDUNGSERGEBNISSE

4.2.1 Geologische Dokumente

BBT D0104: Geologie Endbericht, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.

BBT D0104: Geologische Karte des Trassenkorridors 1:10.000, Blatt A.1.7., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.

BBT D0104: Geologische Karte 1:25.000, Blatt A.3.3., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.

numerous sondaggi profondi, rilievi geologici con elaborazione di carte in scala 1:10.000 e 1:5.000 e rilievi geologico-strutturali e geotecnici di dettaglio presso un gran numero di affioramenti e in base a determinati tratti di carote. Una volta determinato il tracciato, è stato elaborato per le canne principali e il cunicolo esplorativo un profilo longitudinale rappresentativo lungo la canna est di BBT. Un evento essenziale di questa fase era la suddivisione dell'area di progetto in zone geologiche omogenee (D0104a). Dal rilievo dettagliato di affioramenti presenti nelle aree interessate da faglie assegnabili a determinati sistemi risultava un quadro relativo alla strutturazione generale di faglie rientranti nei diversi sistemi. Le carote prelevate da zone di faglia il cui orientamento veniva determinato con metodi di geofisica in foro (maggiormente log acustico) hanno fornito delle informazioni importanti. In base alle carote prelevate è stato eseguito, con riferimento alle diverse litologie, un gran numero di prove geologiche e geotecniche di laboratorio per la caratterizzazione della roccia nonché per l'individuazione delle caratteristiche meccaniche delle rocce.

Sulla base dei dati e dei risultati ottenuti nelle fasi di progetti I e II sono state elaborate nel corso della progettazione definitiva tra il 2006 e il 2007 delle previsioni geologiche per il sottosuolo delle diverse opere civili. Le approvazioni del progetto sono pervenute nel 2008 e nel 2009.

4.1.3 Fase di prospezione nella fase propedeutica alla costruzione

In via propedeutica alla costruzione del relativo tratto del cunicolo esplorativo, nel 2011 e nel 2012 sono stati effettuati i seguenti sondaggi:

- Mu-B-05/11 (Teufe: 385m)
- Mu-B-06/11 (Teufe: 485,2 m)

4.2 RISULTATI DELLA PROSPEZIONE

4.2.1 Documentazione geologica

BBT D0104: Geologia Rapporto definitivo, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.

BBT D0104: Carta geologica del corridoio 1:10.000, Tavola A.1.7., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.

BBT D0104: Carta geologica 1:25.000, Tavola A.3.3., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.

D0104: Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, Strukturelle Detailaufnahme repräsentativer Aufschlüsse Österreichischer Abschnitt, Mappe 2, Einlage G2.1b-01, 30.11.2005.

BBT D0154: Geologisch-tektonische Übersichtskarte 1:50.000, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2008.

BBT D0104/D0154: Längenschnitte Tunnel 1:10.000, Blatt E.1.4., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2007.

BBT D0154: Progetto definitivo, Geologie, GEOTEAM, 2008.

Lagepläne der gesamten Trasse, BBT 2012, 2013.

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003). Allegato 1.

Visualizzazione dei valori di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All 1b), INGV.

4.2.2 Erkundungsbohrungen

4.2.2.1 Bohrung Se-B-01/05

Standort: Mittleres Sengestal

Vertikal: 664 m

Trasse Zugangstunnel: 745 m Seehöhe ca.

entspricht

Bohrteufe: 630 m ca.

0 – 6 m: Kies, Steine, Blöcke

6 – 105,4 m: Bündnerschiefer mit zwei Glimmern, karbonatisch, tw. graphitisch

105,4 – 131,4 m: Karbonatischer Quarzitschiefer mit Hellglimmer

131,4 – 139,6 m: Bündnerschiefer mit zwei Glimmern

139,6 – 220 m: Kalkreiche Bündnerschiefer

220 – 260,9 m: Quarzitisches Bündnerschiefer, kalkreich

260,9 – 299,4 m: Bündnerschiefer, mehr oder weniger karbonatisch, mit zwei Glimmern

299,4 – 337,1 m: Kalkreiche Bündnerschiefer, tw. graphitisch

337,1 – 343 m: Kataklastit

343 – 378,3 m: Zweiglimmerschiefer, quarzig, tw.

D0104: Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, Rilievo strutturale di dettaglio di Rappresentativi Settore Austriaco, Mappe 2, Einlage G2.1b-01, 30.11.2005.

BBT D0154: Carta geologico-tettonica d'orientamento 1:50.000, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2008.

BBT D0104/D0154: Profili longitudinali 1:10.000, Tavola E.1.4., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2007.

BBT D0154: Progetto definitivo, Geologia, GEOTEAM, 2008.

Planimetrie dell'intero tracciato, BBT 2012, 2013.

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003). Allegato 1.

Visualizzazione dei valori di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All 1b), INGV.

4.2.2 Sondaggi geognostici

4.2.2.1 Sondaggio Se-B-01/05

Ubicazione: media Val di Senges

Verticale, 664 m

tracciato galleria d'accesso: quota circa 745 m s.l.m.

corrisponde a

profondità: 630 m circa

0 – 6 m: Ghiaia, ciottoli, blocchi

6 – 105,4 m: Calcescisti a due miche, carbonatico, talora grafitico

105,4 – 131,4 m: Quarzoscisto carbonatico a mica chiara

131,4 – 139,6 m: Calcescisto a due miche

139,6 – 220 m: Calcescisto carbonatico

220 – 260,9 m: Calcescisto quarzoso, carbonatico

260,9 – 299,4 m: Calcescisto più o meno carbonatico, a due miche

299,4 – 337,1 m: Calcescisto carbonatico, talora grafitico

337,1 – 343 m: Cataclastite

343 – 378,3 m: Scisto a due miche, quarzoso, talora

graphitisch, granatführend, leicht brächtig	grafitico, spesso a granati, moderatamente fratturato
378,3 – 406,6 m: Amphibolgneis	378,3 – 406,6 m: Gneiss anfibolitico
406,6 – 425,4 m: feiner Gneis und Amphibolgneis	406,6 – 425,4 m: Gneiss fini e Gneiss anfibolitico
425,4 – 495,3 m: Amphibolitgestein	425,4 – 495,3 m: Rocca anfibolitica
495,3 – 500,6 m: heller Granitgneis	495,3 – 500,6 m: Gneiss chiaro, granitico
500,6 – 514,1 m: Amphibolitgestein	500,6 – 514,1 m: Rocca anfibolitica
514,1 – 521,5 m: Quarzitgneis	514,1 – 521,5 m: Gneiss quarzítico
521,5 – 564,75 m: Amphibolgneis	521,5 – 564,75 m: Gneiss anfibolitico
564,75 – 580,65 m: Quarzit, weiß	564,75 – 580,65 m: Rocca quarzítica bianca
580,65 – 664 m: Amphibolitgestein	580,65 – 664 m: Rocca anfibolitica
4.2.2.2 Bohrung Mu-B-03/05s	4.2.2.2 Sondaggio Mu-B-03/05s
Standort: äußeres Gansörtal; Teufe: 901,5m; Richtung:195/50	Ubicazione: Val di Gansor esterna; profondità: 901,5m; direzione:195/50
Trasse Zugangstunnel: 750 m Seehöhe ca. entspricht	tracciato galleria d'accesso: quota circa 750 m s.l.m. corrisponde a
Bohrteufe: 495 m ca.	profondità: 495 m circa
0-83m: Bohrung ohne Kerngewinn	0-83m: Sondaggi a distruzione
83,0-90,7m: Alpine-Verruccano-Fm., tw. tektonisiert	83,0-90,7m: Formazione Alpina-Verruccano, parzialmente tettonizzata
90,7-100,3m: Kataklasit	90,7-100,3m: Cataclasiti
100,3-113,6m: Alpine-Verruccano-Fm., tw. tektonisiert	100,3-113,6m: Formazione Alpina-Verruccano, parzialmente tettonizzata
113,6-131,16m: Kataklasit	113,6-131,16m: Cataclasiti
131,16-147,75m: Kalkhaltige Quarzite und Phyllite, tw. graphitisch, meist phyllonitisch	131,16-147,75m: Quarziti e filladi con contenuto calcareo, in parte con grafite, principalmente fillonitici
147,75-155,7m: Kataklasit	147,75-155,7m: Cataclasiti
155,7-165,7m: Schwarzphyllite, stark graphitisch, phyllonitisch	155,7-165,7m: Filladi nere, ad elevato contenuto di grafite, fillonitici
165,7-171,65m: Kalkhaltige Quarzite und Phyllite, tw. graphitisch, meist phyllonitisch	165,7-171,65m: Quarziti e filladi con contenuto calcareo, in parte con grafite, principalmente fillonitici
171,65-176,2m: Kataklasit	171,65-176,2m: Cataclasiti
176,2-181,9m: Kalkhaltige Quarzite und Phyllite, tw. graphitisch, meist phyllonitisch	176,2-181,9m: Quarziti e filladi con contenuto calcareo, in parte con grafite, principalmente fillonitici
181,9-193,66m: Kataklasit	181,9-193,66m: Cataclasiti
193,66-212,45m: Kalkhaltige Quarzite und Phyllite, tw. graphitisch, meist phyllonitisch	193,66-212,45m: Quarziti e filladi con contenuto calcareo, in parte con grafite, principalmente fillonitici

212,45-237,85m: Kataklasit	212,45-237,85m: Cataclasiti
237,85-296,1m: Tonalit der Mauls	237,85-296,1m: Lamella tonalitica di Mules
296,1-330,75m: Kataklasit	296,1-330,75m: Cataclasiti
330,75-339,7m: Kalkhaltige Quarzite und Phyllite, tw. graphitisch, meist phyllonitisch	330,75-339,7m: Quarziti e filladi con contenuto calcareo, in parte con grafite, principalmente fillonitici
339,7-354,6m: Schwarzphyllite, stark graphitisch, phyllonitisch	339,7-354,6m: Filladi nere, ad elevato contenuto di grafite, fillonitici
354,6-367,75m: Kataklasit	354,6-367,75m: Cataclasiti
367,75-377,55: Tonalitder Mauls-Lamelle	367,75-377,55: Tonalite della Lamella di Mules
377,55-417,8m: Kataklasit	377,55-417,8m: Cataclasiti
417,8-901,5: Tonalit der Mauls-Lamelle	417,8-901,5: Tonalite della Lamella di Mules
4.2.2.3 Mu-B-04/05s	4.2.2.3 Mu-B-04/05s
Standort: Maulsertal, 1. Kehre Ritzail Str.; Seehöhe:1213 m	Ubicazione: Val di Mules, 1. tornante via Rizzolo; altitudine: 1213 m
Richtung: 185/48; Teufe: 750 m	direzione: 185/48; profondità: 750 m
Trasse Zugangstunnel: 740m Seehöhe ca.	tracciato galleria d'accesso: quota circa 740 m s.l.m.
entspricht	corrisponde a
Bohrteufe: 640 m ca.	profondità: 640 m circa
0-80,6m: Vollbohrung	0-80,6m: sondaggio a distruzione
80,6-288,3,4m: Tonalit, zur Basis hin erhöhter Tektonisierungsgrad und tw. alteriert	80,6-288,3,4m: tonalite, verso la base grado di tettonizzazione aumentato e in parte alterato
288,3-314,4m: Tonalit deutlich tektonisiert und alteriert	288,3-314,4m: tonalite con evidente tettonizzazione e alterazione
314,4-327,8m: Kataklasit, grün, quarzitisch	314,4-327,8m: cataclasiti, verdi, quarzitiche
327,8-330,3: Granit (Brixner Granit)	327,8-330,3: granito (granito di Bressanone)
330,3-350: Kataklasit, quarzitisch, magmatisches Ausgangsgefüge tw. noch erkennbar	330,3-350: calaclasiti, quarzitiche, tessitura di partenza magmatica in parte ancora riconoscibile
349,7-377m: Granit (Brixner Granit), stark geklüftet, Alteration entlang von Trennflächen	349,7-377m: granito (granito di Bressanone), fortemente fratturato, alterazione lungo le discontinuità
377-395,5m: Kataklasit und stark tektonisierter Granit	377-395,5m: cataclasiti e granito fortemente tettonizzato
395,5-501m: Granit, deutlich geklüftet, vermehrt Störungen, Alteration entlang von Trennflächen	395,5-501m: granito, chiaramente fratturato, numerose faglie, alterazione lungo le discontinuità
501-518,5m: tektonisierter Granit und Kataklasit	501-518,5m: granito tettonizzato e cataclasiti
518,5-750m: Granit (Brixner Granit)	518,5-750m: granito (granito di Bressanone)
4.2.2.4 Bohrung Mu-B-05/11	4.2.2.4 Sondaggio Mu-B-05/11
Standort: vorderes Gansörtal, ca. 420 m vor der Einmündung	Sito: bassa Val di Gansor, 420m circa dallo sbocco nella Val

ins Malsertal, Seehöhe 1158 m	di Mules, quota 1158 m s.l.m.
Richtung: 120/75; Teufe: 385m; Trassenniveau nicht erreicht	direzione: 120/75; profondità: 385m; livello del tracciato non raggiunto
0 - 1,30 : Beton	0 - 1,30 : Calcestruzzo
1,30 - 5,80 m: Rezente bis subrezente Alluvionen: Kies, sandig, gering steinig	1,30 - 5,80 m: Depositi alluvionali recenti e subrecenti: ghiaia, sabbiosa, con un contenuto minimo di sassi
5,80 - 50,70: quarzitische Glimmerschiefer des ostalpinen Kristallins und spröde Störungsgesteine	5,80 - 50,70: micascisti quarzitici del Basamento Austroalpino e rocce di faglia fragili
50,70 - 62,50 m: Phyllonitische Schiefer und Schwarzphyllite undifferenziert und spröde Störungsgesteine	50,70 - 62,50 m: Scisti fillonitici e filladi nere non differenziate e rocce di faglia fragili
62,50 - 65,60 m: Kakirit bis fault gouge und Glimmerschiefer	62,50 - 65,60 m: Cachiriti fino a fault gouge e micascisti
65,60 - 71,50 m: deutlich tektonisch beanspruchte Schiefer und spröde Störungsgesteine	65,60 - 71,50 m: scisti tettonicamente alterati e rocce di faglia fragili
71,50 - 81,90 m: stark tektonisierter und entfestigter Arkosegneis, Alpine-Verrucano-Fm.	71,50 - 81,90 m: gneiss arcosico fortemente tettonizzato e detensionato, formazione di verrucano alpino
81,90 - 98,80 m: tektonisierte quarzitische Glimmerschiefer des ostalpinen Kristallins und spröde Störungsgesteine	81,90 - 50,70: micascisti quarzitici tettonizzati del Basamento Austroalpino e rocce di faglia fragili
98,80 - 99,60 m: fault gouge	98,80 - 99,60 m: fault gouge
99,60 - 102,30 m: Dolomit, dunkelgrau, massig ("Maulser Trias")	99,60 - 102,30 m: Dolomia, colore grigio scuro, massiccia, ("Trias di Mules")
102,30 - 103,80 m: Kalkmarmor, mittel-dunkelgrau gebändert, geschiefert, Reifling-Fm. ("Maulser Trias")	102,30 - 103,80 m: Marmi calcarei, stratificato, colore grigio da medio a scuro, scistoso, fm di Reifling ("Triassico di Mules")
103,80 - 105,50 m: Kataklasit	103,80 - 105,50 m: Cataclasiti
105,50 - 125,50 m: Quarzitschiefer und Tonschiefer (Phyllite) in Wechselfolge, Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias")	105,50 - 125,50 m: Scisti quarzitici e argillosi (filladi) in alternanza, formazione alpina verrucano ("Triassico di Mules")
125,50 - 163,50 m: Tonalitgneis der Mauls-Lamelle	125,50 - 163,50 m: Gneiss tonalitico della Lamella di Mules
163,50 - 166,10 m: Kataklasit	163,50 - 166,10 m: Cataclasiti
166,10 - 175,10 m: Quarzitschiefer und Tonschiefer (Phyllite) in Wechselfolge, Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias")	166,10 - 175,10 m: Scisti quarzitici e argillosi (filladi) in alternanza, formazione alpina verrucano ("Triassico di Mules")
175,10 - 179,00 m: Kakirit	175,10 - 179,00 m: Cachirite
179,00 - 183,00 m: Schwarzphyllit, dunkelgrau-schwarz, geschiefert	179,00 - 183,00 m: Fillade nera, colore grigio scuro-nero, scistosa
183,00 - 281,85 m: tw. tektonisierter Arkosegneis, Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias")	183,00 - 281,85 m: gneiss arcosico parzialmente tettonizzato, fm di verrucano alpino ("Trias di Mules")
281,85 - 287,10 m: Kataklasit	281,85 - 287,10 m: Cataclasiti
287,10 - 385,00 m: tw. tektonisierte Phyllite, Glimmerschiefer,	287,10 - 385,00 m: filladi parzialmente tettonizzate,

Quarzitschiefer und Störungsgesteine

4.2.2.5 Bohrung Mu-B-06/11

Standort: vorderes Gansörtal, ca. 440 m vor der Einmündung ins Maulsertal, Seehöhe 1172 m

Richtung: 170/80; Teufe: 485m

Trasse Zugangstunnel: 760 m Seehöhe ca.

entspricht

Bohrteufe: 410 m ca.

0,00 -1,20 m: Beton

1,20 -6,30 m: Rezente bis subrezente Alluvionen (Kies, Sand)

6,30 -9,30 m: Kataklasit

9,30 -76,85 m; tw. granatführende Glimmerschiefer des ostalpinen Kristallins, untergeordnet Phyllonite und spröde Störungsgesteine

76,85 -79,15 m: Kataklasit

79,15 -85,70 m: stark tektonisierter Arkosegneis, Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias")

85,70 -108,30 m: Phyllonit und geschieferter Kataklasit, tw. graphitisch

108,30 -110,70 m: Quarzitschiefer und Tonschiefer (Phyllite) in Wechselfolge, Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias")

110,70 -120,40 m: Kalkmarmore der Reifling-Fm. ("Maulser Trias")

120,40 -124,00 m: Dolomit, Anhydrit und Quarzit der Reichenhaller Schichten ("Maulser Trias")

124,00 -130,70 m: Quarzitschiefer und Tonschiefer (Phyllite) in Wechselfolge sowie massiger tektonisierter Arkosegneis, Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias")

130,70 -147,10 m: tw. tektonisierte Quarzite und Glimmerschiefer des ostalpinen Kristallins, spröde Störungsgesteine

147,10 -169,87m: tw. tektonisierter Tonalitgneis, spröde Störungsgesteine

169,87 -197,10 m: Anhydrit-führende Gesteine und untergeordnet Gips in Wechselfolge mit Quarziten und Phylliten, Reichenhaller Schichten und Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias"), Störungsgesteine

micascisti, quarziti scistose e rocce di faglia

4.2.2.5 Sondaggio Mu-B-06/11

Sito: bassa Val di Gansor, 440 m circa dallo sbocco nella Val di Mules, quota 1172 m s.l.m.

direzione: 170/80; profondità: 485m

tracciato galleria d'accesso: quota circa 760 m s.l.m.

corrisponde a

profondità: 410m circa

0,00-1,20 m: Calcestruzzo

1,20-6,30 m: sedimenti alluvionali da recenti a subrecenti (ghiaia, sabbia)

6,30-9,30 m: Cataclasiti

9,30 -76,85 m: micascisti parzialmente granatiferi del Basamento Austroalpino, in via subordinata filladi e rocce di faglia fragili

76,85-79,15 m: Cataclasiti

79,15 - -85,70 m: gneiss arcosico fortemente tettonizzato, fm di verrucano alpino ("Triassico di Mules")

85,70-108,30 m: filladi e cataclasiti scistosi, parzialmente grafitici

108,30-110,70 m: Scisti quarzatici e argillosi (filladi) in alternanza, formazione alpina verrucano ("Triassico di Mules")

110,70-120,40 m: Marmi calcarei della fm Reifling ("Triassico di Mules")

120,40-124,00 m: dolomie, anidriti e quarziti dei Reichenhaller Schichten ("Triassico di Mules")

124,00-130,70 m: alternanza di quarziti scistose e argilloscisti (filladi), nonché gneiss arcosico massiccio tettonizzato, fm di verrucano alpino ("Triassico di Mules")

130,70 -147,10 m: quarziti parzialmente tettonizzati e micascisti del Basamento austroalpino, rocce di faglia fragili

147,10-169,87m: gneis tonalitico parzialmente tettonizzato, rocce di faglia fragili

169,87-197,10 m: rocce ricche di anidrite e in via subordinata di gesso in alternanza con quarziti e filladi, Reichenhaller Schichten e fm di verrucano alpino ("Triassico di Mules"), rocce di faglia

197,10 -199,35 m: Phyllonitische Schiefer und Schwarzphyllite

199,35 -201,45 m: Kataklasit

201,45 -209,70 m: tektonisierte Phyllite und Glimmerschiefer, spröde Störungsgesteine

209,70 -292,52 m: tw. tektonisierter Arkosegneis, Alpine-Verrucano-Fm. ("Maulser Trias")

292,52 -308,70 m: Phyllonitische Schiefer und Schwarzphyllit und spröde Störungsgesteine (Kataklasit)

308,70 -419,75m: tektonisierte Glimmerschiefer und Quarzite des ostalpinen Kristallins, spröde Störungsgesteine (Kataklasite)

419,75 - 485,20 m: relative feste geschieferte Kataklasite und Ultrakataklasite

4.2.2.6 Vorausbohrung SAV 7 CC

Vorausbohrung im Erkundungsstollen von Tm 11732 in Vortriebsrichtung 350,5m in nördlicher Richtung

Zahlreiche Kernverluste

0,00-30,5m ca.: Tonalit, tw. tektonisiert

30,5-75,5m ca.: geschieferte Kataklasite, schwarze Phyllonite mit Spiegelharnischen, graue Quarzite

75,5-128,3m ca.: geschieferte, schwarze Kataklasite mit Spiegelharnischen

128,3-171,5m ca.: geschieferte Kataklasite, schwarze Phyllonite mit Spiegelharnischen, graue Quarzite

171,5-180m ca.: Prasinit, tw. tektonisiert

180-240m ca.: Kataklasit und Ultrakataklasit, mäßig fest bis fest

240-260m ca.: Kataklasite, tektonisierte Glimmerschiefer

260-289m ca.: Meta-Arkose, schmutzig weiß, tw. tektonisiert

289-332,7m ca.: Meta-Arkose, schmutzig weiß, stark tektonisiert bis tw. kakiritisch

332,7-350m ca.: schwarze Phyllite mit Quarztlagen, stark tektonisiert, tw. Kataklasite

4.2.3 Erkundungsstollen

Ergebnisse aus dem Erkundungsstollen bis km 47+527 (Vortriebsstand am 25.5.2013), ergänzt durch Bilder aus

197,10-199,35 m: scisti fillonitici e filladi nere

199,35-201,45 m: Cataclasiti

201,45 -209,70 m: filladi tettonizzate e micascisti, rocce di faglia fragili

209,70 -292,52 m: gneiss arcossico parzialmente tettonizzato, fm di verrucano alpino ("Triassico di Mules")

292,52-308,70 m: scisti fillonitici e filladi nere e roccia di faglia fragile (cataclasiti)

308,70 -419,75m: micascisti tettonizzati e quarziti del Basamento austroalpino, rocce di faglia fragili (cataclasiti)

419,75 - 485,20 m: cataclasite scistosa e ultracataclasite relativamente solida

4.2.2.6 Sondaggio in avanzamento SAV 7 CC

Sondaggio in avanzamento nel cunicolo esplorativo dalla progr. m 11732 per 350 m nella direzione di scavo interna verso nord

Numerose perdite delle carote

0,00-30,5m ca.: Tonalite, parzialmente tettonizzata

30,5-75,5m ca.: cataclasiti scistosi, filloniti nere con specchi di faglia, quarziti grigi

75,5-128,3m ca.: cataclasiti scistosi e neri con specchi di faglia, quarziti grigi

128,3-171,5m ca.: cataclasiti scistosi, filloniti nere con specchi di faglia, quarziti grigi

171,5-180m ca.: Prasinite, parzialmente tettonizzata

180-240m ca.: cataclasite e ultracataclasite, da mediamente compatta a compatta

240-260m ca.: cataclasite, micascisti tettonizzati

260-289m ca.: meta-arcosi color bianco sporco parzialmente tettonizzate

289-332,7m ca.: meta-arcosi color bianco sporco fortemente tettonizzate e in parte cachiritiche

332,7-350m ca.: filladi nere con strati di quarzo, fortemenre tettonizzate, parzialmente Cataclasiti

4.2.3 Cunicolo esplorativo

Risultati provenienti dal cunicolo esplorativo alla progressiva km 47+527,8 (stato di avanzamento dello scavo in data

dem Vortrieb bis km 47+193,3 (Vortriebsstand am 11.03.2014).

5 GEOLOGISCHES MODELL DES PROJEKTGEBIETES

Das vorliegende Dokument wurde in Einhaltung der Bestimmungen des Ministerialdekretes vom 14. Jänner 2008 "Neue technische Normen für den Bau" erstellt und stellt den geologischen Bericht des Strukturprojekts gem. Kap. 10.1, C10.1, Pkt. 5.1 dar. Während der Errichtung des Bauwerkes ist die Übereinstimmung zwischen dem geologischen Bezugsmodell des Projektes und der tatsächlichen Situation zu prüfen, das geotechnische Modell und das Ausführungsprojekt sind dementsprechend, wie von den geltenden Richtlinien vorgesehen, zu aktualisieren.

Folgend werden alle Argumente behandelt die vom Gesetz vorgeschrieben sind.

5.1 ÜBERSICHT

Der Zugangstunnel Trens durchörtert von N nach S das Ostalpin im S des Tauernfensters, die WNW-ESE-streichende Malsertal-Störungszone, die Malsertal Tonalitlamelle, die Pustertal-Störung und den nördlichsten Anteil des südalpinen Brixner Granits.

5.2 FORMATIONEN UND GESTEINE AUF TUNNELNIVEAU

5.2.1 Oberostalpin Basement

- Lithologische Beschreibung

Das Grundgebirge besteht meist aus feinkörnigen Paragneisen mit zwei Glimmern und Granaten (801) sowie aus den Produkten der Deformation und der alpinen retrograden Metamorphose (Tektonite in niedriggradiger Grünschieferfazies im Einflussbereich der Periadritischen Störungszone). Des Weiteren gibt es wiederholt tafelige oder linsenförmige Einschaltungen von Granit- und Tonalit-Orthogneis, Amphiboliten sowie Amphibolgneis (802), reinen und unreinen Quarziten (805), Pegmatiten und alten Marmoren (806).

- Auftreten und Mächtigkeit

Das kristalline Grundgebirge ist am linken Eisackufer, zwischen Sprechenstein und Freienfeld, auf der rechten und linken (unterer Talabschnitt) Talseite des Malsertal Tales und im Valler Tal aufgeschlossen. Es handelt sich um einen eher schmalen, deformierten Streifen des Meran-Mals-Antholz

(25/05/2013), arricchito con figure dallo scavo fino alla progressiva km 47+193,3 (stato di avanzamento dello scavo in data 11/03/2014)

5 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e costituisce la relazione geologica specialistica del progetto strutturale di cui al capitolo 10.1, C10.1 punto 5.1. In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Di seguito si trattano tutti gli argomenti richiesti della legge.

5.1 PANORAMICA

La galleria di accesso Trens attraversa da N a S l'Austroalpino al S della finestra dei Tauri, la zona di faglia della Val di Mules in direzione WNW-ESE, la Lamella di Mules, la zona di faglia della Val Pusteria e la parte più a nord del granito di Bressanone sudalpino.

5.2 FORMAZIONI E ROCCE A LIVELLO GALLERIA

5.2.1 Basamento austroalpino superiore

- Descrizione della litologia

Il basamento è costituito da paragneiss a due miche e granato (801), a grana generalmente fine, e dai loro prodotti di deformazione e retrocessione metamorfica alpina (tettoniti in facies scisti verdi di basso grado nell'area d'influenza della zona di faglia periadriatica). Vi sono inoltre ripetute intercalazioni tabulari o lenticolari di gneiss granitici e tonalitici, anfiboliti e gneiss anfibolici (802), quarziti pure ed impure (805), pegmatiti e marmi antichi (806).

- Presenza e spessori

Il basamento cristallino affiora in riva sinistra dell'Isarco, tra Sprechenstein e Trens (Freienfeld), sul fianco destro della Valle di Mules, su quello sinistro (bassa valle) ed in Valle di Valles. Si tratta di una fascia relativamente stretta e molto deformata del Complesso Merano-Mules-Anterselva: la sua

Komplexes: Seine Breite schwankt zwischen etwa 2 km (im Norden von Mauis) und 4 km (Grat Valler Jöchl - Plattspitz).

- Hauptlithologien

Die volumetrisch wichtigsten Gesteine sind Paragneise bis Glimmerschiefer („Paraschiefer“) und untergeordnet Amphibolite (Metabasite). Die Paragneise mit prä-alpinem Gefüge bestehen aus Plagioklas, Quarz, Biotit, Muskovit ± Granat (häufig). Die Einschaltungen von basischem Gestein bestehen aus schicht oder linsenförmigen Einschaltungen aus grau-schwarzfarbenen Plagioklas-Hornblende ± Granat - Amphiboliten, fein gebänderten Amphibolgneisen und ihren retrograden Umwandlungsprodukten, die reich an Albit, Epidot, Aktinolith und Chlorit sind.



Abb. 2 Ostalpines Basement (Maulser Tal)

larghezza varia tra 2 km circa (a N di Mules) e 4 km (cresta Passo di Valles-Cima Piatta).

- Litologie principali

Le rocce più importanti dal punto di vista volumetrico sono i paragneiss e micascisti ("parascisti") e in via secondaria l'anfibolite (metabasite). I paragneiss con fabric prealpino sono costituiti da plagioclasio, quarzo, biotite, muscovite ± granato (frequente). Le rocce basiche sono rappresentate da intercalazioni stratoidi o lenticolari di anfiboliti grigio nerastre, a plagioclasio-orneblenda ± granato, da gneiss anfibolici finemente zonati e dai loro prodotti di retrocessione metamorfica alpina, ricchi in albite, epidoto, attinoto e clorite.

Fig. 2 Basamento austroalpino (Val di Mules)

- Ausbildung

Gut erhaltene oder kaum retrograde Paragneise stellen Körper mittleren Ausmaßes dar, welche von stark retrograden und deformierten Typen umgeben sind, die vielfach dominant werden können. Bei den gut erhaltenen Paragneisen und Amphiboliten handelt es sich um harte, geschieferte Gesteine, die dünnplattig bis bankig auftreten. Für stärker tektonisierte Abschnitte am Südrand der Einheit ist ein schiefbrig-blättriges Erscheinungsbild typisch, wobei darin eingeschaltet kompetente Körper aus festem Gestein

- Conformazione

I paragneiss integri o poco retrocessi formano corpi di dimensioni discrete, avvolti da facies fortemente retrocesse e deformate (micascisti, filloniti, miloniti, cataclasi) che, in molti casi, divengono dominanti. Nel caso di paragneiss e anfiboliti integri, si tratta di rocce dure e scistose che si presentano con una conformazione che va da piastriforme sottile a stratiforme. L'aspetto scistoso e laminato è tipico dei tratti fortemente tettonizzati al margine meridionale dell'unità, che comprendono corpi competenti di roccia compatta.

auftreten können („Scherlinge“).

5.2.2 Phyllonitische Schiefer und Schwarzphyllite unsicherer Stellung (750) und Störungsgesteine der Maulsertal-Störungszone

Diese Gesteine treten nahezu ausschließlich im Nahbereich der großen Scherzonen der Maulsertal-Störungszone auf. Es handelt sich dabei meist um Gesteine, die durch die Aktivität an der Störung umgebildet bzw. gebildet wurden. Je nach Art des Ausgangsgesteins und Grad der Umbildung liegt nun ein breites Spektrum an Gesteinen vor, das von tektonisch beeinflussten Schiefen und Quarziten, über Phyllonite und Kataklastite bis hin zu Ultrakataklastiten reicht. Es gibt Schwarzphyllite, graphitische Phyllonite mit Spiegelharnischen, geschieferte Kataklastite und Ultrakataklastite, Quarzite und kalkführende Schiefer.

- Auftreten und Mächtigkeit

Diese Gesteine treten mehrfach im Nahbereich der Scherzonen der Maulsertal-Störungszone auf. Die Einheiten haben typischerweise Mächtigkeiten von wenigen Metern bis hin zu mehreren Zehnermetern.

- Hauptlithologien

Es treten feinkörnige graphitische Phyllonite auf, die v.a. Quarz und Glimmer enthalten und daneben auch Graphit und Titanit. Daneben gibt es Schiefer bestehend aus Quarz, Hellglimmer, ± Feldspat, ± Galcit. Auch Quarzite (Quarz, untergeordnet Hellglimmer, ± Feldspat) treten als Einschaltungen auf.

- Ausbildung

Durch die oben beschriebenen verschiedenen Ausgangslithologien und den variierenden Tektonisierungsgrad gibt es auch eine große Bandbreite hinsichtlich der Ausbildung. Diese reicht von deutlich entfestigten kataklastischen Schiefen bis hin zu mäßig festen (verschweißten) Ultrakataklastiten, sowie von extrem engständig geschieferten und von zahllosen Spiegelharnischen durchsetzten graphitischen Phylloniten bis hin zu plattig brechenden Quarzitschiefern.

5.2.2 Scisti fillonitici e filladi nere di posizione incerta (750) e rocce di faglia della zona di faglia Val di Mules

Tali rocce sono presenti quasi esclusivamente nelle dirette vicinanze delle grandi zone di shear della zona di faglia Val di Mules. Si tratta spesso di rocce alterate ossia create a causa dell'attività presso la faglia. A seconda del tipo della roccia di partenza e del grado di alterazione si presenta quindi una vasta gamma di rocce, da scisti e quarziti soggetti a tettonizzazione a filladi e cataclasiti fino a ultracataclasiti. Si riscontrano filladi nere, filloniti grafitici con specchi di faglia, cataclasiti e ultracataclasiti scistose, quarziti e scisti calcarei.

- Presenza e spessori

Tali rocce sono presenti prevalentemente nelle dirette vicinanze delle zone di shear della zona di faglia Val di Mules. Le unità presentano tipicamente uno spessore da pochi metri fino a diverse decine di metri.

- Litologie principali

Sono presenti filloniti grafitici a grana fine, contenenti prevalentemente quarzo e mica, oltre a grafite e titanite. Si riscontrano anche scisti composti da quarzo, mica chiara, ± feldspato, ± calcite. Come intercalazioni sono presenti anche quarziti (quarzo, in via subordinata mica chiara, ± feldspato).

- Conformazione

Le varie litologie di partenza sopra descritte e i differenti gradi di tettonizzazione comportano anche una grande varietà in termini di conformazione. Essa va da scisti cataclastici detensionati fino a ultracataclasiti poco compatti (saldati) nonché da filloniti grafitici di scistosità accentuata e penetrati da innumerevoli specchi di faglia a quarziti scistose che si rompono in lastre.



Abb. 3 graphitische Phyllonite und geschieferte Kataklastite mit Spiegelhamischen und plattig brechende Quarzite. (Erkundungstollen Tm 11879)

Fig. 3 Filloniti grafiteici e cataclasiti scistose con specchi di faglia e quarziti che si rompono in lastre. (Cunicolo esplorativo prog. 11879)

5.2.3 Metamorphe Permotrias von Mauls - "Maulser Trias"

5.2.3.1 Metamorphe Alpine-Verrucano-Fm. (709, 711) und Metamorphe Alpine Buntsandstein-Fm. (708)

- Lithologische Beschreibung

Es handelt sich um die basalen Abfolgen der Permotrias von Mauls bestehend aus metamorphen siliziklastischen Sedimenten vermutlich permischen Alters. Dazu gehören schmutzig-weiße, grobkörnige Arkosegneise (711) und bunte Wechselfolgen (709, 708) von oft roten Meta-Konglomeraten, hellen Meta-Sandsteinen (Quarzitschiefern) und roten bis grünen Phylliten.

- Auftreten und Mächtigkeit

Die Arkosegneise (711) treten mehrfach mit Mächtigkeiten von einigen Dezimetern bis hin zu mehreren Zehnermetern auf. Die bunten Wechselfolgen (709, 708) wurden bisher nur mit Mächtigkeiten von maximal ca. 20 Metern angetroffen.

5.2.3 Permotriassico metamorfico di Mules - "Triassico di Mules"

5.2.3.1 Formazione di Verrucano alpino metamorfico (709, 711) e fm. di Buntsandstein alpino metamorfico (708)

- Descrizione litologica

Si tratta della successione basale del Permotrias di Mules composta da sedimenti metamorfici silicoclastici risalenti presumibilmente al Permiano. Ne fanno parte i gneiss arcocici a grana grossa e di colore biancastro (711) e le sequenze variopinte (709, 708) di metaconglomerati spesso rossi, meta-arenarie chiare (quarziti scistosi) e filladi da rosse a verdi.

- Presenza e spessori

I gneiss arcocici (711) affiorano più volte con spessore da alcuni decimetri a diversi 10m. Le sequenze variopinte (709, 708) sono state riscontrate finora solo con spessore massimo di 20 metri.

- Hauptlithologien

Es sind dies die Arkosegneise (711) bestehend aus Quarz und Feldspat, untergeordnet Hellglimmer, \pm Chlorit und selten Granat. Die roten Meta-Konglomerate und Quarzitschiefer bestehen aus Quarz, \pm Feldspat (tw. viel), Hellglimmer/Serizit, \pm Calcit. Die Phyllite bestehen aus Serizit/Hellglimmer und Quarz.

- Ausbildung

Die schmutzig-weißen Arkosegneise (711) zeigen ein massiges Erscheinungsbild und sind vielfach auch von zahlreichen Klüften durchzogen bis hin zu kataklastisch zerlegt. Die Meta-Konglomerate und Quarzitschiefer sind engständig geschiefert und dünnplattig bis plattig ausgebildet. Die Phyllite können außerordentlich engständig geschiefert sein.

- Litologie principali

Si tratta di gneiss arcosici (711) composti da quarzo e feldspato, in via subordinata mica chiara, \pm clorite e raramente granato. I metaconglomerati rossi e i quarziti scistosi sono composti da quarzo, \pm feldspato (parzialmente in quantità sostanziale), mica chiara/sericite, \pm calcite. Le filladi sono composti da sericite/mica chiara e quarzo.

- Conformazione

I gneiss arcosici biancastri (711) presentano una struttura massiccia e spesso indotta da innumerevoli fessure fino a fratture cataclastiche. I meta-conglomerati e scisti quarzitici presentano una scistosità accentuata e una conformazione da lamellare a piastri-forme. Le filladi possono presentare una scistosità estremamente accentuata.



Abb. 4 Arkosegneis (711). (Erkundungsstollen Tm 12013)

Fig. 4 Gneiss arcosici (711). (Cunicolo esplorativo prog. 12013)



Abb. 5 bunte Wechselfolgen von roten Meta-Konglomeraten und Meta-Sandsteinen und roten bis grünen Phylliten (709, 708). (Erkundungsstollen Tm 12092)

Fig. 5 Sequenze variopinte di metaconglomerati e meta-arenarie rossi e filladi da rosse a verdi (709, 708). (Cunicolo esplorativo prog. 12092)

5.2.3.2 Metamorphe Reichenhaller Schichten (707)

- Lithologische Beschreibung

Dabei handelt es sich um metamorphe siliziklastische Sedimente (Quarzite, Phyllite) in Wechselfolge mit Evaporitgesteinen (Anhydrit und Gips) und Karbonaten (Bändermarmore).

- Auftreten und Mächtigkeit

Diese Abfolge zeigt in den Bohrungen maximale Mächtigkeiten von einigen Metern und tritt mehrfach auf. Der Anhydrit und Gips tritt als Einschaltung im Chloritphyllit oder als monomineralisches Gestein mit Mächtigkeiten von bis zu 1 Meter mehrfach auf.

- Hauptlithologien

Die Hauptlithologien sind Quarzite (Quarz, Glimmer, ± Feldspat, ± Calcit), Phyllite (Glimmer, Quarz, ± Calcit) sowie Anhydrit und Gips (monomineralisch).

- Ausbildung

Die Ausbildung reicht von massig (Anhydrit, Gips) über plattig (Quarzit) bis hin zu schiefrig-blättrig (Phyllit). Bei den Anhydrit- und Gips-führenden Gesteinen kann es aber zu sehr relevanten Umwandlungs- und Lösungsprozessen kommen. Die Umwandlungsprodukte (Rauhwacken) – wenn vorhanden – repräsentieren sich bei trockenen Verhältnissen als sehr stark aufgelockertes bis rolliges Gebirge und können bei Wasserführung zu fließendem Gebirge übergehen. Anhydrit kann bei Wasserzutritt quellendes Gebirge darstellen. In den Bohrungen wurden allerdings keine derartigen Erscheinungen beobachtet und in der Bohrung Mu-B-06/11 bereits bei einer Bohrteufe von 120 m unverwitterter Anhydrit und Gips angetroffen.

5.2.3.2 Reichenhaller Schichten metamorfiche (707)

- Descrizione litologia

Si tratta di sedimenti metamorfici silicoclastici (quarziti, filladi) in alternanza con rocce evaporitiche (anidriti e gesso) e carbonati (marmi a bande).

- Presenza e spessori

Nei sondaggi, tale sequenza presenta spessori massimi di alcuni metri e si riscontra più volte. L'anidrite ed il gesso si presentano più volte come intercalazione nella fillade cloritica oppure come roccia monominerale con spessori fino a 1 metro.

- Litologie principali

Le litologie principali sono quarziti (quarzo, mica, ± feldspato, ± calcite), filladi (mica, quarzo, ± calcite) nonché anidrite e gesso (monominerale).

- Conformazione

La conformazione va da massiccia (anidrite, gesso) a piastriforme (quarzite) fino a scistoso-laminata friabile (fillade). Nel caso di rocce contenenti anidrite e gesso, tuttavia, si possono verificare processi trasformativi e di dissoluzione importanti. I prodotti di tale trasformazione (ad es. la carniola), ove presente, si presentano, in condizioni asciutte, come roccia fortemente allentata e incoerente e possono diventare roccia fluida in presenza di circolazione idrica. In caso di venute d'acqua è possibile che gli anidriti rappresentino rocce rigonfianti. Nei sondaggi non sono tuttavia stati osservati tali fenomeni, e nel sondaggio Mu-B-06/11 sono stati peraltro riscontrati anidriti e gesso non alterati già in una profondità di 120m.



Abb. 6 Metamorphe Reichenhaller Schichten (707): metamorphe siliziklastische Sedimente (Quarzite, Phyllite) in Wechselfolge mit Anhydrit. (Erkundungsstollen Tm 12112)

Fig. 6 Reichenhaller Schichten metamorfiche (707): metamorfici silicoclastici (quarziti, filladi) in alternanza con anidrite. (Cunicolo esplorativo prog. 12112)

5.2.3.3 Metamorphe Reifling-Fm. (706)

- Lithologische Beschreibung

Es handelt sich um beige und hellgraue, geschieferte Kalkmarmore (Calcimylonite).

- Auftreten und Mächtigkeit

Die Kalkmarmor-Abfolgen zeigen in den Bohrungen entlang der Trasse Mächtigkeiten von ca. 10 Metern.

- Ausbildung

Der Kalkmarmor ist deutlich geschiefert, wobei tw. sogar 2 Schieferungssysteme (Richtungen) auftreten. Der Marmor bricht plattig bis bankig.

5.2.3.3 Formazione metamorfica di Reifling (706)

- Descrizione litologia

Si tratta di marmi calcarei (calcimiloniti) scistososi di colore beige e grigio chiaro.

- Presenza e spessori

Nei sondaggi lungo il tracciato sono state riscontrate sequenze di marmi calcarei con spessore di 10 m circa.

- Conformazione

I marmi calcarei presentano una notevole scistosità, in parte si osservano addirittura 2 sistemi di scistosità (direzioni). Il marmo presenta una conformazione da piastriforme a stratiforme.



Abb. 7 Metamorphe Reifling-Fm. (706) (Bohrung Mu-B-06/11; 114m-118m)

Fig. 7 Formazione metamorfica di Reifling (706) (Sondaggio Mu-B-06/11; 114m-118m)

5.2.3.4 Dolomit (705)

- Lithologische Beschreibung

Grauer Dolomit

- Auftreten und Mächtigkeit

Der Dolomit tritt in den Bohrungen entlang der Trasse als geringmächtige (ca. 1m) Einschaltung in der Maulser Trias auf.

- Ausbildung

massig

5.2.4 Oligozäne kalkalkaline Magmatite

Die dem Periadratischen Magmatismus des Oligozän zuzuschreibenden Intrusionskörper innerhalb des Arbeitsgebietes bestehen aus der Maulser Tonalitlamelle, dem mächtigen Rensen-Pluton (im ostalpinen Grundgebirge östlich der Trasse) und aus einigen kalkalkalischen Gängen im ostalpinen Grundgebirge (e.g. bei Schloss Sprehenstein bei Sterzing). Entlang der Trasse tritt die Maulser Tonalitlamelle auf und möglicherweise einzelne geringmächtige tonalitische Gänge im Ostalpin, die nicht genauer prognostiziert werden können.

5.2.4.1 Maulser Tonalit

- Lithologische Beschreibung

Die Maulser Lamelle besteht vorwiegend aus geschieferten

5.2.3.4 Dolomie (705)

- Descrizione litologia

Dolomia grigia

- Presenza e spessori

Nei sondaggi lungo il tracciato, la dolomia si presenta come intercalazione nel Triassico di Mules di spessore minore (1m circa).

- Conformazione

massiccio

5.2.4 Magmatiti calcarei alcalini dell'Oligocene

I corpi intrusivi attribuibili al magmatismo periadriatico dell'Oligocene all'interno dell'area di lavoro comprendono la Lamella tonalitica di Mules, l'importante plutone di Rensen (nel basamento austroalpino ad est del tracciato) e alcuni tratti calcarei alcalini nel basamento austroalpino (ad es. presso Castel Pietra a Vipiteno). Lungo il tracciato si rileva la presenza della lamella tonalitica di Mules e possibilmente alcuni tratti tonalitici di spessore ridotto nell'austroalpino in merito a cui non è possibile effettuare previsioni più precise.

5.2.4.1 Tonalite di Mules

- Descrizione litologia

La lamella di Mules è composta prevalentemente da tonaliti

Tonaliten (Tonalitgneis). Lokal kann man auch kleinere Körper aus femischeren Gesteinen beobachten, die aus Diorit und geschieferten, manchmal vergneisten Gabbros bestehen.

Die Gänge bestehen aus Andesiten und Daziten und sind meter- bis dezimetermächtig. Wegen ihrer geringen Mächtigkeit und ihrer Seltenheit, ist ihr Vorhandensein im Sinne des Tunnelvortriebs kam relevant.

- Auftreten und Mächtigkeit

Die Maulser Tonalitlamelle ist ein geschieferter, linsenförmiger Körper mit subvertikaler Lagerung, der sich zwischen dem Brixner Granit und dem Ostalpin befindet. Ihr Kontakt mit dem Brixner Granit ist immer tektonischer Natur (Pustertal-Störung). Außerdem wird die Lamelle von der Malsertal-Störungszone durchschnitten und segmentiert. Im Bereich der Trasse bildet die Malsertal-Störungszone auch die Nordgrenze der Maulser Tonalitlamelle. Auf Tunnelniveau erreicht die Tonalitlamelle im Bereich der Hauptröhren eine Mächtigkeit von ca. 590m (Oströhre) bis ca. 630m (Weströhre). Mit den Bohrungen Mu-B-05/11s und Mu-B-06/11s wurde ein ca. 10-15m mächtiger Span aus tw. stark alteriertem und tektonisiertem Tonalit durchörtert, der innerhalb der Malsertal-Störungszone nördlich der südlichsten/tiefsten Anteile der Mauser Trias auftritt.

- Hauptlithologien

Die Tonalitgneise als weitaus dominierendes Gestein sind durch schwärzliche, bis zu mehreren cm große Phänokristalle aus Hornblende, die in feinkörniger, isotroper oder schieferiger Matrix aus Quarz, Plagioklas und feinem Biotit schwimmen, gekennzeichnet. Die leichte bis stark ausgeprägte Schieferung hängt mit der dynamischen Rekristallisierung des Quarzes und der Entwicklung von Hellglimmer, Chlorit, Epidot, Biotit und Aktinolith zusammen. Chlorit (von Amphibol und Biotit), Aktinolith und Epidot sind in den deformiertesten Zonen reichlich vorhanden. Zahlreich sind weißliche hydrothermale Adern aus Quarz, Epidot, Prehnit, Chlorit.

- Ausbildung

Der meist mittelkörnige Tonalitgneis ist geschiefert und durchwegs deutlich bis stark geklüftet. Geringmächtige Scherbahnen und von Klüften und Störungen ausgehende Alterationserscheinungen sind typisch.

scistose (gneiss tonalitico). A livello locale si possono osservare corpi di dimensioni più ridotte e di roccia mista (dioriti e gabbri scistosi in parte con gneiss).

I filoni sono composti da andesiti e daciti con spessori misurabili in metri e decimetri. Dati gli spessori ridotti e la rarità, la loro presenza è irrilevante ai fini dell'avanzamento della galleria.

- Presenza e spessori

La Lamella di Mules è un corpo scistoso tabulare-lenticolare con giacitura subverticale, situato tra il granito di Bressanone e l'Austroalpino. Il suo contatto con il granito di Bressanone è sempre di natura tettonica (faglia della Val Pusteria). Inoltre, la lamella è tagliata e segmentata dal sistema di faglia della Valle di Mules. Nell'area del tracciato, la zona di faglia della Val di Mules rappresenta anche il confine settentrionale della Lamella di Mules. A livello galleria, nell'area delle canne principali, la Lamella di Mules raggiunge uno spessore da circa 590m (canna est) a 630m (canna ovest). Con i sondaggi Mu-B-05/11s e Mu-B-06/11s è stato attraversato uno straterello dallo spessore di circa 10 - 15m composto in parte da tonalite fortemente alterata e tettonizzata, il quale si presenta all'interno della zona di faglia di Mules a nord delle parti più a sud/più profonde del Triassico di Mules.

- Litologie principali

Gli gneiss di tonalite, come roccia fortemente dominante, è caratterizzata da fenocristalli nerastri di orneblenda, di dimensioni sino a qualche cm, immersi in una matrice fine, isotropa o scistosa, di quarzo, plagioclasio e minuta biotite. La scistosità, da incipiente a molto marcata, è legata alla ricristallizzazione dinamica del quarzo ed allo sviluppo di mica bianca, clorite, epidoto, biotite e attinolute. Clorite (di anfibolo e biotite), attinoto ed epidoto sono abbondanti nelle zone più deformate. Numerose vene idrotermali di quarzo, epidoto, prehnite e clorite.

- Conformazione

Lo gneiss di tonalite prevalentemente a grana media è scistoso e fratturato in modo da evidente a forte. Sono tipici i piani di faglia dallo spessore ridotto nonché i fenomeni di alterazione dovuti a fratture e faglie.



Abb. 8 Maulser Tonalit (BBT Oströhre km 47+962)

Fig. 8 Tonalite di Mules (BBT galleria est km 47+962)

5.2.5 Südalpin

5.2.5.1 Brixner Granit

- Lithologische Beschreibung

Der Brixner Granit ist Teil des Südalpins, das über die Periadriatische Störungszone an das Ostalpin nördlich davon angrenzt. Es handelt überwiegend saure Intrusivgesteine permischen Alters. Die Einheit besteht im Projektgebiet aus Biotit-Graniten und Granodioriten, die von meist geringmächtigen aplitischen bis pegmatitischen und vereinzelt mafischen Gängen durchschlagen werden.

- Auftreten und Mächtigkeit

Der Brixner Granit bildet die heute am nördlichsten gelegene Einheit des Südalpins. Er reicht von Mauls im N bis nach Aicha im S und vom Talschluss des Sarntales im W bis fast nach Bruneck im E. Südlich der Periadriatischen Störungszone liegen damit sämtliche Bauwerke des BBT im Brixner Granit.

- Hauptlithologien

Die wichtigsten Lithologien sind Granite und Granodiorite. Der Granit besteht aus Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz und Biotit. Er ist mittel- oder mittel-grobkörnig. Die im Allgemeinen feinerkörnigen Granodiorite sind makroskopisch wegen des vorhandenen millimetergroßen Amphibols zu

5.2.5 Sudalpino

5.2.5.1 Granito di Bressanone

- Descrizione litologia

Il granito di Bressanone fa parte del Sudalpino che passando per la zona di faglia periadriatica confina all'Austroalpino nella sua parte a nord. Si tratta soprattutto di rocce intrusive acide risalenti al Permiano. All'interno dell'area di progetto l'unità si compone di graniti biotitici e granodioriti attraversati da filoni da aplitici a pematitici e in alcuni casi mafici, prevalentemente di spessore ridotto.

- Presenza e spessori

Il granito di Bressanone rappresenta oggi l'unità più settentrionale del Sudalpino. Si estende da Mules a N fino ad Aica a S e dalla fine della Val Sarrentino a W fino quasi a Brunico a E. A sud della zona di faglia periadriatica tutte le opere della Galleria di Base del Brennero si trovano quindi nel granito di Bressanone.

- Litologie principali

Le litologie principali sono rappresentate da graniti i granodioriti. Il granito è costituito da feldspato potassico, plagioclasio, quarzo e biotite. Ha grana media o medio-grossa. Le granodioriti, in genere a grana più fine, si riconoscono macroscopicamente per la presenza di anfibolo

erkennen. Die Abgrenzungen zueinander sind immer graduell und auf der Basis einfacher makroskopischer Beobachtungen schwierig. Ihre Unterscheidung ist jedenfalls hinsichtlich ihrer bautechnischen Eigenschaften kaum von Relevanz.

- Ausbildung

Die sprödharten Gesteine zeigen ein richtungslos-körniges Gefüge und sind massig ausgebildet. Typisch sind allerdings Klufflächen mit Chloritbestegen und oft grünlich verfärbten Alterationssäumen. Diese treten v.a. im Nahbereich von Störungen vermehrt auf, wobei hier insbesondere der Nahbereich (Damage zone) zur Pustertal-Störung zu erwähnen ist.

dalla dimensione millimetriche. I loro limiti sono sempre graduati, da tracciare difficilmente in base a semplici osservazioni macroscopiche. La loro distinzione è comunque poco rilevante in termini di caratteristiche tecnico-costruttive.

- Conformazione

Le rocce dure e fragili presentano una struttura granulare poco definita e sono massicce. Risultano però essere tipici i piani di frattura con mineralizzazioni di clorite e spesso alterazioni verdastre. Questi si presentano numerosi soprattutto nelle vicinanze di faglie, e in questo caso soprattutto nelle vicinanze (damage zone) della faglia della Val Pusteria.



Abb. 9 Brixner Granit (BBT Oströhre km 48+661)

Fig. 9 Granito di Bressanone (BBT galleria est km 48+661)

5.3 QUARTÄRE ABLAGERUNGEN

Bei der quartären Bedeckung entlang der Trasse handelt es sich um einen relativ geringmächtigen Saum bestehend aus Hangschutt, Mur- und Lawinenschutt in Rinnen und primärem oder umgelagertem Moränenmaterial. Diese Bedeckung weist meist Mächtigkeiten im Bereich von einigen Metern auf, wobei 20 m kaum überschritten werden.

5.3 DEPOSITI QUATERNARI

La copertura quaternaria lungo il tracciato è in gran parte un bordo di spessore relativamente limitato composto da detriti provenienti dal pendio, detriti da colate di fango e valanghe nei canali e materiale morenico primario o traslato. Tale copertura presenta per lo più spessori pari ad alcuni metri, senza superare mai, in pratica, i 20 metri.

5.4 TIEFGRÜNDIGE MASSENBEWEGUNGEN

5.4.1 Der Talzus Schub von der Weißen Gaisspitz

Dieser Talzus Schub erfasst die östliche Hangflanke des Sengestales. Die Abrisskante folgt der Spur der NNE-streichenden Gaisspitz-Störung (S30). Die Massenbewegung hat demnach eindeutig eine tektonisch-strukturelle Anlage. Aufgrund der Morphologie ist anzunehmen, dass die Schubmasse weitgehend im Festgesteinsverband stehend en bloc entlang einer basalen Scherbahn über eine nur geringe Strecke abgeglitten ist. Es gibt keine Anzeichen für deutliche rezente Aktivität – eine sehr langsame Bewegung ist möglich. Der maximale Tiefgang liegt abschnittsweise vermutlich bei mehr als 200m. Die Bohrung Se-B-01/05 im Talgrund am Fuß der betroffenen Hangflanke zeigt aber keine unter das Talniveau des Sengestales reichende Beeinflussung des Untergrundes.

5.4.2 Der Talzus Schub an der rechten Flanke des Gansörtales

Diese Massenbewegung erfasst die rechte Talflanke des Gansörtales im Bereich von dessen Mündung ins Malsertal. Die Massenbewegung tritt morphologisch nur mäßig hervor und scheint von geringer Aktivität zu sein. Der max. Tiefgang wird bei ca. 60 m vermutet.

5.5 TEKTONIK

5.5.1 Übersicht

Der Zugangstunnel Trens durchörtert von N nach S das Ostalpin im S des Tauernfensters, die WNW-ESE-streichende Malsertal-Störungszone, die Malsertal-Tonalitlamelle, die Pustertal-Störung und den nördlichsten Anteil des südalpinen Brixner Granits.

Die Großstörungen im Planungsraum sind Produkte der tertiären (oligozänen und miozänen) tektonischen Entwicklung, die durch das ostgerichtete Ausweichen („laterale Extrusion“) der Einheiten des Tauernfensters und die nordgerichtete Bewegung der südalpinen Einheiten relativ zu den Nordalpen gekennzeichnet ist (Selverstone, 1988; Behrmann, 1988; Linzer et al. 2002; Ratschbacher et al., 1989, 1991). Die tektonischen Kontakte dieser Einheiten entsprechen zum Teil krustenmaßstäblichen spröden Störungen, die lateral und vertikal über große Distanzen verfolgbar sind und die zu den größten bekannten

5.4 DEFORMAZIONE GRAVITATIVA PROFONDA DI VERSANTE (DGPV)

5.4.1 Scoscendimento profondo di versante (DGPV) della cima Punta di Capra Bianca

Questo scoscendimento profondo comprende il versante orientale della Val di Senges. Il bordo della rottura segue la traccia della faglia Gaisspitz (S30) in direzione NNE. I movimenti di massa presentano quindi inequivocabilmente un'impronta tettonico-strutturale. Sulla base della morfologia si presume che la massa spingente si sia distaccata per un breve tratto, prevalentemente nella roccia legata en bloc lungo un piano di taglio basale. Non vi è nessuna indicazione relativa ad attività di età recente - è possibile la presenza di un movimento molto lento. La profondità finale si trova presumibilmente oltre i 200m. Il sondaggio Se-B-01/05 ubicato nel fondovalle presso il piede del versante in oggetto non indica però nessuna compromissione del sottosuolo sotto il livello della Val di Senges.

5.4.2 Scoscendimento profondo di versante (DGPV) sul versante destro della Val di Gansor

Questo movimento di massa riguarda il versante destro della Val di Gansor nell'area in cui detta valle sfocia nella Val di Mules. Dal punto di vista morfologico i movimenti di massa si manifestano solo moderatamente e sembrano presentare poca attività. Si presume che la profondità massima ammonti a circa 60 m.

5.5 TETTONICA

5.5.1 Panoramica

La galleria di accesso Trens attraversa da N a S l'Austroalpino al S della finestra dei Tauri, la zona di faglia della Val di Mules in direzione WNW-ESE, la Lamella di Mules, la zona di faglia della Val Pusteria e la parte più a nord del granito di Bressanone sudalpino.

Le faglie principali nell'area di progetto, prodotti dell'evoluzione tettonica terziaria (Oligocene e Miocene), sono caratterizzate da estrusione verso E (lateral extrusion) delle unità della Finestra dei Tauri ed il movimento verso N delle unità sudalpine in relazione alle Alpi orientali (Selverstone, 1988; Behrmann, 1988; Linzer et al., 2002, Ratschbacher et al., 1989, 1991). I contatti tettonici di queste unità corrispondono in parte a faglie fragili alla scala della crosta, che si estendono lateralmente e verticalmente per lunghe distanze ed appartenenti ai più grandi e noti sistemi

Störungssystemen in den Alpen zählen.

5.5.2 Duktile Deformation: Schieferung, Falten und duktile Scherzonen

Das Ostalpin im S des Tauernfensters besteht aus variszisch metamorphem Grundgebirge mit einer permotriassischen Sedimentauflage (Maulser Trias). Das Grundgebirge zeigt tw. noch präalpines Gefüge. Alpidisch wurde dieses mitsamt seiner Sedimentauflage grünschieferfaziell metamorph überprägt. Die Maulser Tonalitlamelle: zeigt eine mäßige bis starke Schieferung Die Schieferung ist E-W-streichend und steilstehend. Das Südalpin südlich der Periadriatischen Linie wurde alpidisch nur spröde deformiert..

5.5.3 Spröde Deformation: Spröde Störungen und Klüfte

5.5.4 Regionale Störungssysteme

Der geplante Tunnel quert die Periadriatische Störung im Übergangsbereich zweier unterschiedlich streichender Segmente: die WNW-ESE-streichende Malsertal-Störungszone und die E-W-streichende Pustertalstörung

Die Kartierungen in diesem Übergangsbereich haben ergeben, dass die Pustertalstörung vom Malsertal-Störungssystem versetzt wird. Dieses Störungssystem besteht aus dextralen NW-streichenden Seitenverschiebungen, die im kinematischen Zusammenhang mit steil nordfallenden Top nach Süd Aufschiebungen stehen. Diese Aufschiebungen bilden auch die tektonische Nordgrenze der Maulser Trias.

Zusammenfassend lassen sich daraus regionale Störungssysteme für den vorliegenden Planungsabschnitt definieren. Ausschlaggebend für die Zuordnung einer bestimmten Störung zu einem definierten System ist in erster Linie die Orientierung der betreffenden Störung und in weiterer Folge, falls bestimmbar, die Kinematik. Das bedeutet, dass die Ausbildung je nach Bildungsalter, Bildungstiefe und Umgebungsgestein der Störung innerhalb eines Systems variieren kann.

Folgende Störungssysteme werden für den vorliegenden Planungsabschnitt definiert:

- Wipptal-Störungssystem (SZ-WT): flach bis steil nach W und E einfallende Abschiebungen im Zusammenhang mit der Brenner-Abschiebung.
- Afener Störungssystem (SZ-AV): NNE-SSW-streichende steilstehende Störungen, sinistrale Seitenverschiebungen und steile WNW- und ESE-gerichtete (Schräg-)Abschiebungen im gesamten

di faglie delle Alpi.

5.5.2 Deformazione duttile: Scistosità, pieghe e zone di shear duttili

L'Austroalpino a sud della Finestra dei Tauri consiste di un basamento varisico-metamorfico con una copertura di sedimenti permotriassici (coperture di Mules). Il basamento presenta in parte una struttura prealpina. È stato sovrimpresso assieme alla sua copertura da una metamorfosi in facies scisti verdi.

5.5.3 Deformazione fragile: Faglie e fratture fragili

5.5.4 Sistemi di faglia regionali

La galleria prevista sottoattraversa la faglia periadriatica nella zona di transizione di due segmenti di direzione diversa: la zona di faglia Val di Mules in direzione WNW-ESE e la faglia della Val Pusteria in direzione E-W.

Dalla cartografia di quest'area risulta che la faglia della Val Pusteria viene spostata dal sistema di faglie del Val di Mules. Tale sistema di faglie è costituito da trascorrenze laterali destri in direzione NW, legate cinematicamente a faglie inverse immergenti ripidamente verso N, con movimento verso S. Le suddette faglie costituiscono inoltre il confine tettonico settentrionale del Triassico di Mules.

In sintesi si possono definire dei sistemi di faglia regionali per il tratto oggetto di progettazione. Risulta determinante per l'assegnazione di una certa faglia a un sistema definito, in prima linea, l'orientamento della faglia in oggetto e, in secondo luogo e se determinabile, la cinematica. Da ciò risulta che la configurazione della faglia può variare all'interno di un sistema a seconda dell'età e della profondità della formazione nonché delle rocce circostanti.

Per il tratto oggetto di progettazione vengono definiti i sistemi di faglia di seguito indicati:

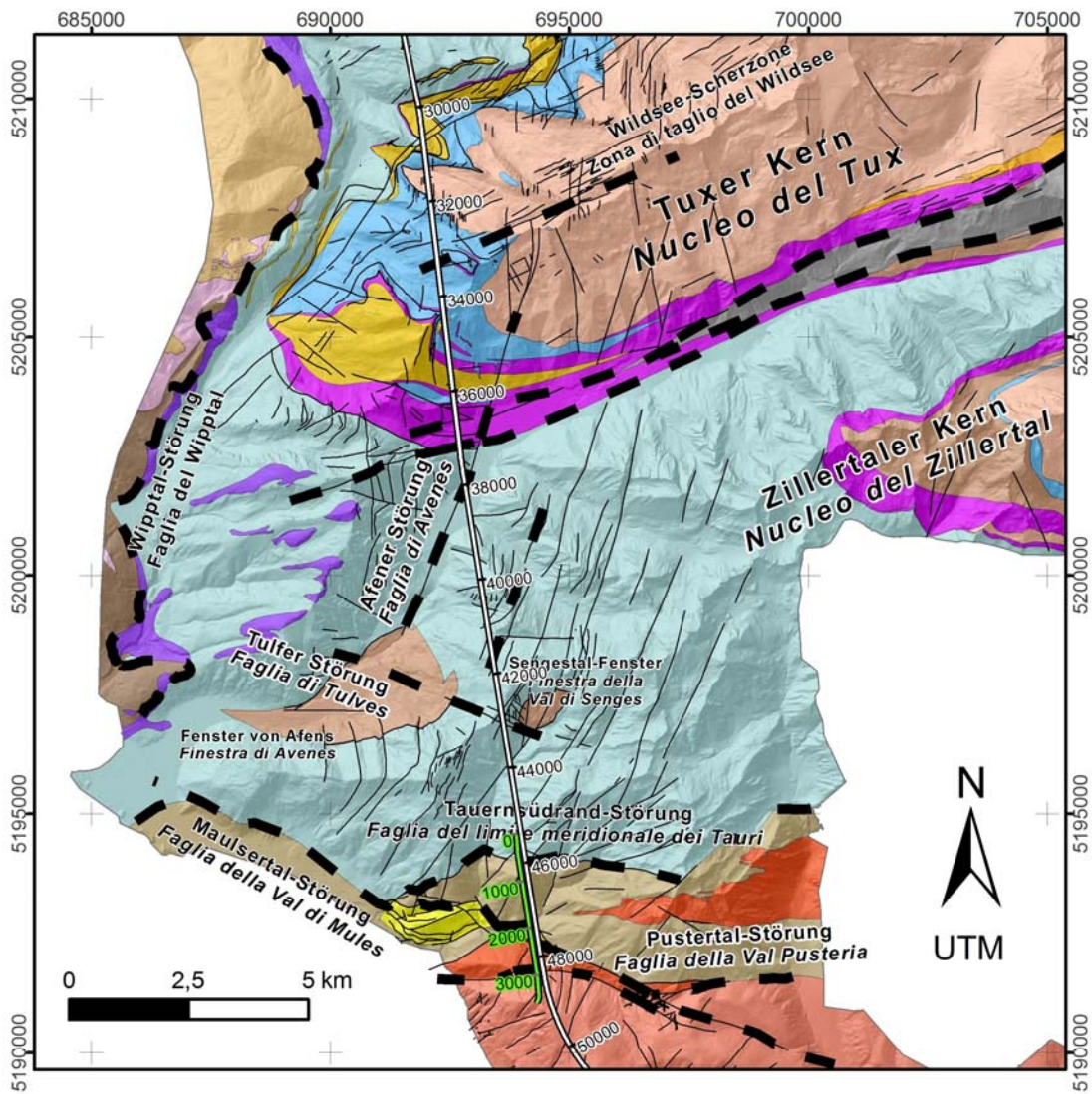
- Sistema di faglia del Wipptal (SZ-WT): faglie dirette che si immergono con pendenza da ridotta ad elevata verso W e E nel contesto della faglia diretta del Brennero.
- Sistema di faglia di Avenes (SZ-AV): Faglie subverticali con direzione NNE-SSW, trascorrenze sinistrali e faglie dirette (trasversali) ripide immergenti verso WNW e ESE in tutta l'area di

Planungsbereich

- Tulfer Störungssystem (SZ-TU): WNW-ESE streichende steilstehende Störungen. Dieses Störungssystem tritt untergeordnet auf. Lokal vermehrt ist es im Bereich von Tulfer über den Pretzkofel Richtung Sengesalm verlaufend anzutreffen.
- Mauseral-Störungssystem (SZ-SVM): steil nach NE bis NNE einfallende, dextral transpressive Seitenverschiebungen bis S- und SW-vergente (Schräg-)Aufschiebungen im Bereich Mauseral-Sengestal, Teil des Periadriatischen Störungssystems
- Pustertal-Störungssystem (SZ-PS): steilstehende E-W-streichende Störungszone zwischen Mauser Tonalit und Brixner Granit, Teil des Periadriatischen Störungssystems zwischen Ostalpin und Südalpin, geringmächtige (sub)parallele Störungen im Nahbereich

progetto

- Sistema di faglia di Tulves (SZ-TU): Faglie subverticali con direzione WNW-ESE. Questo sistema di faglie si presenta in via subordinata. A livello locale ovvero nell'area da Tulves attraverso il monte Pretzkofel in direzione della malga di Senges questo sistema si presenta più frequentemente.
- Sistema di faglia della Val di Mules (SZ-SVM): da trascorrenze destre transpressive che si immergono con pendenza elevata da NE a NNE a faglie (trasversali) dirette S e SW vergenti in corrispondenza della Val di Mules - Val di Senges, parte del sistema di faglia periadriatico
- (Sistema di)faglia della Val Pusteria (SZ-PS): zona di faglia ripida con immersione E-W tra la tonalite di Mules e il granito di Bressanone, parte del sistema di faglia periadriatico tra l'Austroalpino e il Sudalpino, faglie (sub)parallele di spessore ridotto nelle vicinanze



**Ostalpin /
Austroalpino**

- Ötztal-Stubaikristallin
Basamento cristallino Ötztal-Stubai
- Brenner-Mesozoikum
Mesozoico del Brennero
- Steinacher Decke
Falda di Steinach

**Penninikum - Obere Schieferhülle /
Penninico - Schieferhülle superiore**

- Melange der Matreier Zone
Melange della zona di Matrei
- Bündnerschieferkomplex
Complesso dei calcescisti
- Trias an der Basis der Decken der Oberen Schieferhülle
Triassico alla base delle falde della Schieferhülle superiore

**Subpenninikum - Untere Schieferhülle /
Subpenninico - Schieferhülle inferiore**

- Hochstegen-Fm.
Fm. di Hochstegen
- Kaserer-Fm.
Fm. di Kaserer
- Undifferenzierte Einheiten in den
tektonischen Fenstern von Tulfers und Sengses
Unità indifferenziate nelle finestre tettoniche
di Tulfers e Sengses
- Trias
Triassico

**Subpenninikum - Basement /
Subpenninico - Basamento**

- Zentralgneis und Altes Dach
Gneiss centrale e Basamento pregranitico
- Furtschagschiefer
Scisti "Furtschagl"

**Ostalpin südlich des Tauernfensters /
Austroalpino a sud della Finestra dei Tauri**

- Permomesozoikum - "Maulser Trias"
Permo-mesozoico di Mules
- Polymetamorphes ostalpines Kristallin
Basamento cristallino polimetamorfico

Oligozäne Magmatite / Magmatismo oligocenico

- Oligozäne kalkalkaline Magmatite
Magmatismo calcalkalino oligocenico

**Südalpin /
Alpi Meridionali**

- Brixner Granit
Granito di Bressanone

Störungen / Faglie

- Störungen undifferenziert
Faglie indifferenziate
- Hauptstörungen der Störungssysteme
Faglie principale di sistemi di faglia
- Erkundungsstollen / Cunicolo esplorativo
- Zugangstunnel Trens / Galleria d'accesso Trens

Abb. 10 Namengebende Hauptstörungen der Störungssysteme

5.5.5 Störungszonen

5.5.5.1 Störungen des Wipptal-Störungssystems

Im Liegenden der Brenner-Abschiebung wurden in einem etwa 4 km breiten Streifen zahlreiche Nord-Süd- streichende Störungen mit wenigen Kilometern seitlicher Erstreckung kartiert. Die Störungen sind W- und E-gerichtete Abschiebungen, die mit 40° bis 80° nach W einfallen, synthetisch und antithetisch zur Brennerabschiebung. Neben den spröden Störungen gibt es auch westvergente duktile Scherzonen.

5.5.5.2 Störungen des Afener Störungssystems

In Richtung S zeigen die Störungen eine hauptsächlich N20-30E gerichtete Orientierung mit einer dominanten sinistralen Seitenverschiebungskomponente. Die tektonischen Linien dieses Systems sind morphologisch stark ausgeprägt. Die core zones wurden fast nie beobachtet, aber es treten stets kleine bewachsene Taleinschnitte mit regulären Wänden (slickensides) auf, bis zu 10-15 m breit, die auf das Vorhandensein von gouge- und/oder Kakirithorizonten von derselben Mächtigkeit schließen lassen.

5.5.5.3 Störungen des Tulfers Störungssystems

Es handelt sich um untergeordnete, WNW-ESE streichende Abschiebungen. Diese Störungen haben generell den Charakter einer stark entfestigten damage zone (10-15 m mächtig), die aus anastomosierenden Flächen mit Abständen von 20 cm bis 1 m besteht, und in entfernter Position den Charakter einer damage zone, die als VB/F (GSI chart) eingestuft werden kann und von einem größeren Abstand der Klüfte (1-2m) gekennzeichnet ist.

5.5.5.4 Malsertal-Störungszone

Die Malsertal-Störungszone ist eine Teilstörung der Periadriatischen Störungszone (PA). Die PA besteht im Arbeitsgebiet aus der Malsertal-Störungszone und der Pustertal-Störung. Die E-W-streichende Pustertal-Störung wird dabei von der WNW-ESE-streichenden Malsertal-Störungszone dextral versetzt.

- Verlauf:

Die Malsertal-Störungszone verläuft entlang des hinteren Malsertales, das sich hier streng an der Richtung der Störung orientiert, von Flains über den Rücken südlich des Hinterbergs (2100m) in das Valser Tals. Zwischen Flains und Mals biegt die Störungszone ca. in E-W-Richtung und scheint dann westlich von Mals erneut in WNW-ESE-

Fig. 10 Faglie principali dalle quali provengono le denominazioni dei sistemi di faglia

5.5.5 Zone di faglia

5.5.5.1 Faglie del sistema di faglia del Wipptal:

Al letto della faglia diretta del Brennero in una fascia ampia ca 4 km sono state rilevate numerose faglie con direzione N-S ed una persistenza laterale di pochi km. Si tratta di faglie dirette sintetiche e antitetiche con l'orizzonte deformativo del Brennero ed immergenti verso W e verso E di 40°-80°. Oltre alle faglie fragili si presentano anche delle zone di shear duttili W-vergenti.

5.5.5.2 Faglie del sistema di faglia di Avenes

Procedendo verso S, le faglie assumono orientazione prevalente N20-30E e cinematica con dominante trascorrenza sinistra. Le linee tettoniche di questo sistema hanno grande evidenza morfologica. Le zone di nucleo non sono quasi mai state osservate, ma sono sempre presenti piccoli canali inerbiti, dalle pareti molto regolari (slickensides), larghi fino a 10-15 m che fanno supporre la presenza di orizzonti di gouge e/o cachiriti del medesimo spessore.

5.5.5.3 Faglie del sistema di faglia di Tulves

Si tratta di faglie minori dirette WNW-ESE. Queste faglie sono generalmente caratterizzate da una damage zone fortemente detensionata (spessore di 10-15 m), costituita da piani anastomizzati con spaziature da 20 cm a 1m e da una damage zone distale classificabile come VB/F (GSI chart) e caratterizzata da una maggiore spaziatura dei giunti (1-2m).

5.5.5.4 Zona di faglia Val di Mules

La zona di faglia Val di Mules fa parte della zona di faglia periadriatica (PA). Nella zona interessata dal progetto, la PA è costituita dalla zona di faglia Val di Mules e dalla faglia della Val Pusteria. La faglia della Val Pusteria in direzione E-W evidenzia un rigetto destroso dovuto alla faglia di Val di Mules in direzione WNW-ESE.

- Andamento:

La zona di faglia Val di Mules si sviluppa lungo l'alta Val di Mules, orientata alla direzione della faglia, da Flaines attraverso il dorso a sud del monte Hinterberg (2100m) nella Valle di Valles. Tra Flaines e Mules, la zona di faglia volta in direzione E-W circa e sembra di svilupparsi a ovest di Mules, ancora in direzione WNW-ESE sotto il riempimento

Richtung unter der quartären Talfüllung des Wipptales in Richtung Sterzing zu verlaufen.

- Strukturgeologische Charakterisierung:

Die Malsertal-Störungszone stellt sich im Trassenbereich als eine ca. 400m breite Scherzone bestehend aus mehreren, Meter- bis Zehnermeter-mächtigen Scherbahnen und verschieden stark tektonisiertem Ausgangsgestein dazwischen dar. Die Deformation an der Störungszone zeigt semiduktile bis spröde Verformungserscheinungen. Das dabei entstandene Spektrum an Störungsgesteinen beinhaltet Phyllonite, Kataklasite und Ultrakataklasite und untergeordnet fault gouge und Kakirit. Die Orientierung der Haupt-Störungszone liegt bei 025/60 und sie zeigt einen dextralen Bewegungssinn. Im vorderen Malsertal knickt die Störung um, verläuft dann ca. in E-W-Richtung und geht dann im Wipptal vermutlich wieder in eine WNW-ESE-streichende Struktur über. Damit liegt im Bereich des Umbiegens ein konvergenter stepover vor, der zahlreiche S- bis SE-gerichteten Überschiebungen und Schrägaufschiebungen aufweist. Im Bereich dieses stepover ist zudem die Malsertal Trias eingeklemmt. Diese wird von den Scherzonen lateral begrenzt und intern segmentiert. Die Überschiebungen führen zum Teil auch zu Verdoppelungen der Abfolge und zur Überschiebung der Trias durch ihr Basement, dem ostalpinen Kristallin. Die Trasse verläuft durch den östlichen Randbereich dieses stepover und es sind in diesem v.a. dextrale Seitenverschiebungen und Schrägaufschiebungen sowie einzelne Überschiebungen zu erwarten mit Streichrichtungen zwischen NNW-SSE bis E-W und Einfallswinkeln von sehr steil bis mittelsteil/flach mit einer markanten Häufung bei ca. 60° zu erwarten.

5.5.5.5 Pustertal-Störungszone

Die Pustertal-Störungszone bildet im Bereich der Trasse die tektonische Grenze zwischen Malsertal Tonalit im N und Brixner Granit im S.

- Verlauf:

Die Störung streicht im Projektgebiet in E-W-Richtung. Sie verläuft durch den Geluege Graben südlich von Mals bis in den Bereich von Ritzail im Malsertal, wo sie von der WNW-ESE-streichenden Malsertal-Störung abgeschnitten und um mehrere 100 m dextral versetzt wird. Die östliche Fortsetzung verläuft dann über das Valser Jöchl ins Valstal.

- Strukturgeologische Charakterisierung:

Bei der Pustertal-Störung handelt es sich um eine im Projektgebiet E-W-streichende, steil nach N einfallende

quaternario della valle Wipptal in direzione di Vipiteno.

- Caratterizzazione geologico-strutturale:

Nell'area del tracciato, la zona di faglia val di Mules si presenta come una zona di shear larga 400m circa, costituita da piani di taglio di spessore da 1 metro ad alcuni 10m e rocce di vario grado di tettonizzazione tra di loro. La zona di faglia presenta fenomeni di deformazione da semiduttile a fragile. La vasta gamma di rocce di faglia così create comprende filloniti, cataclasiti e ultracataclasiti nonché, in via molto subordinata, fault gouge e cachiriti. L'orientamento della zona di faglia principale è 025/60, essa mostra uno spostamento destro. Nella bassa Val di Mules, la faglia volta, si sviluppa in direzione E-W per passare nella valle Wipptal presumibilmente ancora in una struttura con direzione WNW-ESE. In tal modo, nella zona della volta si presenta uno stepover convergente con numerosi sovrascorrimenti e faglie inverse in direzione da S a SE. Nell'area di tale stepover è inoltre incastrato il Triassico di Mules. Essa è limitata lateralmente e segmentata internamente dalle zone di shear. I sovrascorrimenti portano in parte anche ad un raddoppio delle sequenze e ad un sovrascorrimento del Triassico dal suo basamento, il Basamento Austroalpino. Il tracciato si sviluppa attraverso il bordo orientale di tale stepover e quindi si possono aspettare in questa zona prevalentemente trascorrenze destrali e faglie inverse nonché singoli sovrascorrimenti con direzione da NNW-SSE a E-W e vari angoli di inclinazione da molto ripido a medio/basso con un ammassamento di inclinazione di 60° circa.

5.5.5.5 Zona di faglia della Val Pusteria

La zona di faglia della Val Pusteria rappresenta all'interno della zona del tracciato il confine tettonico tra la tonalite di Mules a N e il granito di Bressanone a S.

- Andamento:

La faglia attraversa l'area di progetto in direzione E-W. Si estende attraverso la fossa Geluege a sud di Mules fino alla zona di Rizzolo nella Val di Mules dove viene interrotta dalla faglia di Mules in direzione WNW-ESE e sfalsata verso destra per diversi centinaia di metri. La prosecuzione ad est si estende poi attraverso il Passo Valles nella valle di Valles.

- Caratterizzazione geologico-strutturale:

All'interno della zona di progetto la faglia della Val Pusteria è una zona di faglia fragile in direzione E-W con immersione

spröde Störungszone, zwischen Maulser Tonalit im N und Brixner Granit im S. Die Core Zone der Störung hat eine Mächtigkeit von ca. 30 m (27 m im Erkundungsstollen) und besteht im Wesentlichen aus Kataklastit sowie Protokataklastit. Untergeordnet werden auch cm bis dm mächtige Lagen von Kakirit und Fault Gouge angetroffen. Chloritisierungen, die dem Gestein ein grünliches Aussehen verleihen, begleiten diese Zone. Typisch sind auch dunkle Lagen mit einer Mächtigkeit von wenigen dm bestehend aus zementierten Ultrakataklastiten. Die Damage Zones der Störung können charakterisiert werden durch eine mäßig erhöhte Trennflächendichte im Vergleich zum unbeeinflussten Gebirge. Entlang der Trennflächen sind mäßige bis starke Alterationserscheinungen zu beobachten und Chloritbestege sind typisch. Vereinzelt treten geringmächtige Scherzonen (mm bis einige cm) gefüllt mit Kakirit oder fault gouge auf. Die Mächtigkeit der Damage zone liegt im Tonalit bei ca. 50 m und im Granit bei ca. 150 m.

5.6 SEISMISCHER BERICHT

5.6.1 Seismizität

Südtirol ist eine Zone, die durch niedrige Seismizität gekennzeichnet ist, mit seltenen und schwachen Ereignissen. Wie man in Abb. 11 beobachten kann, befindet sich die aktivste Zone im Umkreis des Ortler Massives; weiter nach Osten wird die Seismizität sporadischer. In Abb. 13 sind die Erdbeben aufgezeichnet, die im Katalog CPTI04 für Südtirol aufgeführt sind. Es handelt sich generell um Erdbeben, die durch niedrige Energie gekennzeichnet (Magnitude <5) sind. Sie sind in ziemlich jungen Zeiten erfolgt, für die es wenige Daten über die Intensität und keine spezifische Makroseismische Studie gibt. Nahe dem Studiengebiet ist das Erdbeben von 1905 (Magnitude 4,51) lokalisiert, und wenige km im Südwesten jenes von 1924 mit Magnitude 4,93. Das stärkste in Südtirol dokumentierte Erdbeben ist jenes von Meran am 17. Juli 2001 (Magnitude 5,04). Natürlich erfährt das Gebiet, außer der lokalisierten Seismizität, auch Erdbeben, die ihren Ursprung in den angrenzenden Zonen haben, im Besonderen im Engadin, im Veltlin, in der Zone des Comosees und in den Venetischen Voralpen.

Basierend auf der Karte der nationalen seismischen Gefährdung (Verordnung PCM vom 28. April 2006, Nr. 3519, Anh. 1b) wird für das Projektgebiet eine maximale Bodenbeschleunigung a_{max} mit 10% Überschreitungswahrscheinlichkeiten in 50 Jahren zwischen

ripida verso N, tra la tonalite di Mules a N e il granito di Bressanone a S. La core zone della faglia ha uno spessore di circa 30 m (27 m nel cunicolo esplorativo) ed è costituita principalmente da cataclaste e protocataclaste. In via subordinata si trovano anche strati di cachirite e fault gouge con uno spessore da cm a dm. Questa zona è accompagnata a cloritizzazioni che fanno apparire verdastra la roccia. Sono inoltre tipici anche degli strati scuri dallo spessore di qualche dm, composti di ultracataclastiti cementate. Le damage zones della faglia possono essere caratterizzate tramite la densità di discontinuità mediamente elevata rispetto ad una roccia che non ha subito alcuna influenza. Lungo le discontinuità si osservano tipici fenomeni di alterazione da medi a forti nonché mineralizzazioni cloritiche. Si presentano singole zone di shear dallo spessore ridotto (da mm ad alcuni cm) riempiti con cachirite o fault gouge. Lo spessore della damage zone ammonta a circa 50 m nella tonalite ed a circa 150 m nel granito.

5.6 RELAZIONE SISMICA

5.6.1 Sismicità

L'Alto Adige è un'area a bassa sismicità con eventi relativamente poco frequenti e poco energetici. Come si può osservare nell'fig. 11, la zona più attiva è quella attorno al massiccio dell'Ortles, mentre procedendo verso est la sismicità è più sparsa. In fig. 13 sono elencati i terremoti riportati dal catalogo CPTI04 in Alto Adige. Si tratta in generale di terremoti di bassa energia (magnitudo <5) avvenuti in tempi relativamente recenti per i quali esistono pochi dati di intensità e nessuno studio macrosismico specifico. Nei pressi dell'area di studio è localizzato il terremoto del 1905 (magnitudo 4,51) mentre pochi km a SW è localizzato il terremoto del 1924 di magnitudo 4,93. Ovviamente, oltre alla sismicità localizzata in Alto Adige, l'area risente dei terremoti che si generano in aree limitrofe, in particolare nell'Engadina e in Valtellina, nella zona del lago di Garda e lungo le Prealpi venete.

Basandosi sulla Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b), per l'area di progetto viene indicata un'accelerazione del terreno con probabilità di superamento a_{max} 10% in 50 anni tra 0,025 e 0,050 g.

0,025 und 0,050 g angegeben.

Auf Basis dieser Werte fällt das Projektgebiet in die seismische Zone 4 (Abb. 12).

In base a questi valori, l'area di progetto ricada nella cosiddetta zona sismica 4 (Fig. 12).

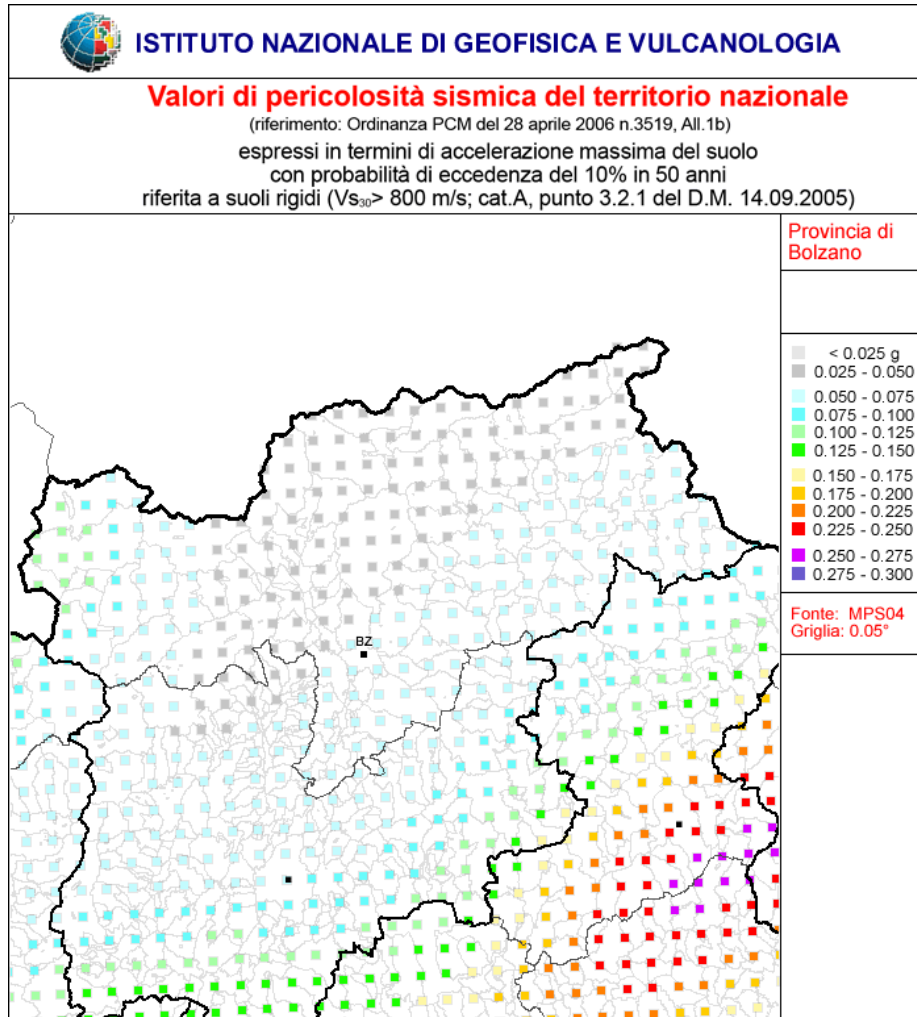


Abb. 11 Detail der Karte der Erdbebengefährdung des Staatgebiets für die Provinz Bozen, in maximaler Horizontalbeschleunigung des Untergrundes angegeben, mit Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren

Fig. 11 Dettaglio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale per la provincia di Bolzano, in termini di accelerazione orizzontale massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Zone Zona	Horizontale Beschleunigung mit Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren [ag/g] Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]
1	> 0.25

2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Abb. 12 Bestimmung der seismischen Zonen auf Basis der Werte der horizontalen Beschleunigung des Untergrundes mit Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10 % in 50 Jahren (Anhang 1 der Verordnung PCM n. 3274 der 20.03.03).

Fig. 12 Definizione delle zone sismiche in base ai valori di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Allegato 1 dell'Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.03).

Datum Data	Gebiet Area	Geograph. Breite Epizentrum Latitudine epicentrale	Geograph. Länge Epizentrum Longitudine epicentrale	Epizentral- Intensität Intensità epicentrale	Momenten- Magnitude Magnitudo momento
01.09.1850	Dietenheim	46,803	11,951	6	4,72
27.05.1862	Sillian	46,737	12,384	5-6	4,74
19.06.1902	Ridanna	46,900	11,300	6	4,72
14.09.1905	Terme Brennero	47,000	11,500	5-6	4,51
11.11.1911	Tirol	46,800	12,300	5-6	4,51
20.09.1913	Tirol	47,100	11,300	4-5	4,09
26.03.1924	Vipiteno	46,900	11,400	6-7	4,93
21.05.1924	Val Monastero	46,620	10,552	5-6	4,71
14.05.1930	Auronzo	46,609	12,347	5-6	4,90
15.03.1961	Cime Nere	46,800	10,900	5-6	4,51
25.01.1980	Val Vesnosta	46,650	10,968	4-5	4,09
17.07.2001	Merano	46,642	11,153	6	5,04

Abb. 13 Erdbeben in Südtirol im Katalog CPTI11 (Roveda et al. 2011)

Fig. 13 Terremoti riportati dal catalogo CPTI11 (Roveda et al. 2011)

5.6.2 Potenziell aktive Störungen

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen (D0154):

Im italienischen Projektraum ist mit potenziell aktiven Störungen zu rechnen, deren Versatz mit großer Wahrscheinlichkeit jedoch unter 1 mm pro Jahr liegt.

5.6.2 Faglie potenzialmente attive

I risultati più importanti si possono riassumere nel modo seguente (D0154):

Nel settore italiano dell' area di progetto è prevista la presenza di faglie potenzialmente attive il cui spostamento, tuttavia, rimane molto probabilmente al di sotto di 1 mm all'anno.

Als potenziell aktiv werden die Afener Störung und damit assoziierte südlich des Pfitschtals und die Malsertalstörung und damit assoziierte Störungen zwischen dem Pfitschtal und Mals eingestuft.

Entsprechende Störungen werden in Abb. 14 aufgelistet und aufgrund der neotektonischen Datengrundlagen und zu erwartenden Bewegungsraten grobklassifiziert.

Sono classificate come potenzialmente attive la faglia di Avenes e le faglie associate a sud della Val di Vizze e la faglia di Valle di Mules e le faglie associate tra la Val di Vizze e Mules.

Le relative faglie sono riportate nella fig. 14 e classificate a grandi linee sulla base dei dati neotettonici disponibili e dei previsti tassi di movimento.

Störungsname nome della faglia	Nr.	Bezeichng. Geotechnik denom. geotechnico	Bewegungsrate tasso di movimento vta [mm/a]	Regionales Störungssystem sistema di faglia regionale
NNE-streichende Störungen südl. Pfitschtal Faglie con direzione NNE a sud della Val di Vizze	-	SZ-AV	0.01 – 1.0	Afens Avenes
NW-streichende Störungen südl. Pfitschtal Faglie con direzone NW a sud della Val di Vizze	-	SZ-TU	0.01 – 1.0	Tulfer Tulve
Maulsertal Störungssystem Sistema di faglia Di Val di Mules	-	SZ-SVM	0.01 – 1.0	Maulsertal Val di Mules

Abb. 14 Klassifizierung der Störungen entlang des geplanten Brenner-Basistunnels (südlicher Abschnitt) bezüglich der tektonischen Aktivität (D0154, modifiziert).

Fig. 14 Classificazione delle faglie lungo la Galleria di Base del Brennero (settore meridionale) rispetto all'attività tettonica. (D0154, modificato)

5.7 GEOLOGISCHE PROGNOSE AUF TUNNELNIVEAU

5.7 PREVISIONE GEOLOGICA A QUOTA GALLERIA

5.7.1 Abschnitt von km 0+0 bis 0+150: Amphibolit

5.7.1 Tratto dal km 0+0 al km 0+150: anfibolite

- Grundlagen der geologischen Prognose

- Fondamenti della prognosi geologica

Die Informationen stammen im Wesentlichen aus der Bohrung Se-B-01/05. Aufgrund der relativ großen Projektionsentfernung von ca. 715m sind allerdings deutliche Unsicherheiten mit der Projektion verbunden.

Le informazioni provengono soprattutto dal sondaggio Se-B-01/05. Data la distanza di proiezione relativamente grande, pari a ca. 715m, la proiezione è incerta.

- Lithologische Beschreibung

- Descrizione litologica

Der Amphibolitzug besteht aus Amphibolit (802) und Einschaltungen von Paragneis (801), Orthogneis (804) und Quarzit (805).

L'ammasso roccioso è composto da anfibolite (802) e intercalazioni di paragneiss (801), ortogneiss (804) e quarziti (805).

- Duktile Strukturen und spröde Störungen

- Strutture duttili e faglie fragili

Der Amphibolit ist kaum bis stark geschiefert. Die Schieferung fällt mit ca. 30-60° nach N ein.

L'anfibolite ha una scistosità da debole a forte con una pendenza di circa 30-60° verso N.

Die Grenze Tauernfenster/Ostalpin wurde in der Bohrung Se-B-01/05 als Sprödstörung angetroffen

Il limite tra la Finestra dei Tauri e l'Austroalpino è stato perforato con il sondaggio Se-B-01/05 e si presenta come faglia fragile.

5.7.2 Abschnitt von km 0+150 bis 1+615 ca.: Schiefer des Ostalpinen Kristallins

5.7.2 Tratto dal km 0+150 al km 1+615 ca.: Scisti dell'cristallino austroalpino

- Grundlagen der geologischen Prognose

- Fondamenti della prognosi geologica

Als Grundlage dient die Oberflächenkartierung. Die Nordgrenze dieses Abschnitts wurde ca. 700 m westlich der Trasse von der Bohrung Se-B-01/05 durchörtert.

- Lithologische Beschreibung

Polymetamorphes ostalpines Grundgebirge, bestehend aus Paragneisen und granatführenden Zweiglimmerschiefern in Amphibolitfazies und aus deren retrograd-metamorphen Produkten. Sie enthalten reichlich Linsen, Adern und Taschen aus Pegmatit, häufig in glimmerige Quarzite umgewandelt.

Nicht sicher prognostizierbar sind Marmore, die zw. km 45.3 und 45.8 die Trasse erreichen können.

- Duktile Strukturen und spröde Störungen

Die regionale Schieferung fällt mit ca. 30-60° gegen Norden ein.

Neben der prognostizierten Störung S19 werden weitere Störungen des Afener Störungssystems erwartet. Störungen des Wipptal-Störungssystems und des Tulfer Störungssystems sind möglich. Nach S hin ist zunehmender Einfluss des Maulsertal-Störungssystems prognostiziert.

5.7.3 Abschnitt von km 1+615 bis 1+920 ca.: Nördlicher Anteil der Maulsertal- Störungszone und tektonisiertes Ostalpines Kristallin

- Grundlagen der geologischen Prognose:

Die Prognose beruht neben der Oberflächenkartierung auf den Erkundungsbohrungen Mu-B-05/11s und Mu-B-06/11s sowie der Vorausböhrung SAV7CC. Die Erkundungsbohrungen geben keinen eindeutigen Hinweis auf den Nordrand der Maulsertal-Störungszone. Die Position der Nordgrenze der Störungszone sowie die Ausbildung der Gesteine in diesem Bereich stellen damit Punkte mit großer Prognoseunsicherheit dar.

- Lithologische Beschreibung :

Für die Schiefer des ostalpinen Kristallins ist ein zunehmender Tektonisierungsgrad zur Störung hin anzunehmen. Es treten im Nahbereich (einige Zehnermeter) vermehrt entfestigte Kataklastite und fault gouge auf. Auch graphitische Phyllonite sind möglich. Für die nördlichste Scherbahn werden graphitische Phyllonite mit Spiegelharnischen, mäßig feste geschieferte Kataklastite mit dm-mächtigen fault gouge Abschnitten, zerrüttete Quarzite

La base della prognosi è il rilevamento geologico di superficie. Il limite settentrionale di questo tratto è stato perforato dal sondaggio Se-B-01/05, ca. 700 m a ovest del tracciato.

- Descrizione litologica

Basamento polimetamorfo austroalpino, costituito da paragneiss e micascisti a due miche e granato, in facies anfibolitica prealpina e dai loro prodotti di retrocessione metamorfica. Contengono abbondanti letti, vene e sacche di pegmatiti, spesso trasformate in quarziti micacee.

Non si possono pronosticare con certezza le presenze di marmi che potrebbero raggiungere il tracciato tra il km 45.3 e il km 45.8.

- Strutture duttili e faglie fragili

La scistosità regionale immerge a N di circa 30-60°.

Oltre alla faglia S19, già pronosticata, sono previste ulteriori faglie appartenenti al sistema di faglie di Avenes. Sono considerate possibili faglie appartenenti al sistema dell'Alta Valle Isarco e al sistema di Tulves. A sud è prevista un'influenza crescente del sistema di faglie di Mules.

5.7.3 Tratto dal km 1+615 al km 1+920 ca.: Parte settentrionale della zona di faglia della Val di Mules e del cristallino austroalpino tettonizzato

- Basi della previsione geologica:

Oltre alla mappatura di superficie, la previsione si basa sui sondaggi geognostici Mu-B-05/11s und Mu-B-06/11s e sui dati del sondaggio in avanzamento SAV7CC. Dai sondaggi geognostici non risultano indicazioni chiare relative al bordo settentrionale della zona di faglia Val di Mules. La posizione del bordo settentrionale della zona di faglia nonché la conformazione della roccia in quest'area rappresentano quindi punti con alta incertezza di previsione.

- Descrizione litologica:

Per quanto riguarda gli scisti del Basamento Austroalpino si presume un grado di tettonizzazione crescente verso la faglia. Nelle adiacenze della faglia (alcuni 10m) aumenta la presenza di cataclastiti detensionati e fault gouge. È possibile anche la presenza di filloniti grafitici. Per il piano di taglio più settentrionale si prevedono filloniti grafitici con specchi di faglia, cataclastite scistosa poco compatta con tratti di fault gouge di spessore di qualche dm, quarzite fratturata e fillade.

und Phyllite prognostiziert. Diese Zone wird insgesamt mit einer Mächtigkeit von wenigen Zehnermetern angenommen. Anschließend wird eine Schuppenzone mit Triasgesteinen (möglich sind Marmore, Quarzite, Phyllite, Anhydrit, Gips), graphitischen Phylloniten, Glimmerschiefern des ostalpinen Kristallins und möglicherweise auch Tonaliteinschaltungen prognostiziert. Die Bohrungen Mu-B-05/11s und Mu-B-06/11s zeigen eine verdoppelte Abfolge mit zwei übereinandergestapelten Triaseinheiten und dazwischenliegendem Kristallin und Tonalitgneis. In diesem Stapel treten mehrere Scherbahnen mit geschiefertem, entfestigtem bis festem Kataklasit mit Mächtigkeiten von einigen dm bis zu ca. 1m auf. Südlich der Schuppenzone werden tektonisierte Glimmerschiefer und Phyllite des ostalpinen Kristallins sowie graphitische Phyllonite über eine Länge ca. 200 m prognostiziert.

- Duktile Strukturen und spröde Störungen:

Die Einheiten des ostalpinen Kristallins sind polyphas metamorph und dementsprechend mehrphasig verfaltet und zeigen eine penetrative Hauptschieferung, die im N der Störungszone flach bis mäßig steil grob nach NNW einfällt. Die Schieferung der phyllonitischen Gesteine entspricht im Wesentlichen den Scherbahnen in diesem Gestein. Die Maulser Trias zeigt eine penetrative Schieferung und eine überprägende Schieferung. Auch die Trias ist in enge Falten gelegt. Im Bereich der core zones wird für die Schieferung NNW-SSE- bis E-W-Streichen und steiles bis mäßig steiles Einfallen angenommen, während außerhalb davon durch Verfaltung starke Variationen möglich sind.

5.7.4 Abschnitt von km 1+920 bis 2+110 ca.: Südlicher Anteil der Maulsertal- Störungszone

- Grundlagen der geologischen Prognose:

Die Prognose beruht neben der Oberflächenkartierung auf den Erkundungsbohrungen Mu-B-03/04s, Mu-B-05/11s und Mu-B-06/11s, auf der Vorausbohrung SAV7CC und auf den Ergebnissen aus dem Erkundungsstollen.

- Lithologische Beschreibung :

Der Hauptanteil dieses Abschnitts wird gebildet von wechselnd auftretenden, Meter- bis Zehnermeter-mächtigen Abschnitten bestehend aus graphitischen Phylloniten mit eingeschalteten Quarziten, entfestigten bis mäßig festen Kataklasiten und Ultrakataklasiten sowie möglicherweise Zonen mit lockergesteinsartigen Störungsgesteinen.

Lo spessore presunto di questa zona è di pochi 10m. Successivamente, si prevede una zona a scaglie con rocce triassiche (possibile presenza di marmi, quarziti, filladi, anidrite, gesso), filloniti grafitici, micascisti del Basamento Austroalpino ed eventuali intercalazioni di tonalite. Dai sondaggi Mu-B-05/11s e Mu-B-06/11s si individua un raddoppio della sequenza con due unità triassiche accatastate l'una sopra l'altra e rocce cristalline e gneiss tonalitico in mezzo. Questa struttura presenta più piani di taglio con cataclasite scistosa da detensionata a compatta e uno spessore da alcuni dm a 1m circa. A sud della zona a scaglie sono previsti micascisti e filladi tettonizzati del cristallino austroalpino e filloniti grafitici per un tratto lungo circa 200 m.

- Strutture duttili e faglie fragili:

Le unità del Basamento Austroalpino presentano una struttura metamorfica polifasica e sono quindi piegate in modo polifasico, si individua inoltre una scistosità principale penetrativa che immerge a nord della zona di faglia ad angolo da basso a medio verso NNW. La scistosità delle rocce fillonitiche corrisponde sostanzialmente ai piani di taglio presenti in questa roccia. Il Triassico di Mules presenta una scistosità penetrativa e sovrainpressa. Anche il Triassico è caratterizzato da pieghe serrate. Nell'area delle core zone si prevedono per la scistosità una direzione da NNO-SSE a ONO-ESE ed un'immersione da ripida a media, mentre all'esterno di esse sono possibili forte variazioni dovute al piegamento.

5.7.4 Tratto dal km 1+920 al km 2+110 ca.: Parte meridionale della zona di faglia Val di Mules

- Basi della previsione geologica:

Oltre alla mappatura di superficie, la previsione si basa sui sondaggi geognostici Mu-B-03/04s, Mu-B-05/11s e Mu-B-06/11s, sui dati del sondaggio in avanzamento SAV7CC e sui dati risultanti dallo scavo del cunicolo esplorativo.

- Descrizione litologica:

La parte principale di questo tratto presenta tratti con spessori misurabili in metri o decine di metri composti da filloniti grafitici e con inclusioni di quarzo, cataclasiti allentati o mediamente compatti e ultracataclasiti e possibilmente zone con rocce di faglia allentate.

- Duktile Strukturen und spröde Störungen:

Dieser Abschnitt weist insgesamt einen starken bis extrem starken Tektonisierungsgrad auf. Störungsgesteine mit verschiedenen Ausprägungen herrschen vor. Die strukturelle Überprägung durch die Störungsaktivität ist penetrativ. Vorherrschend ist eine phyllonitische Schieferung mit NW-SE-Streichen bis E-W-Streichen und mäßig steilem bis steilem Einfallen nach N bis NE bzw. steilem Einfallen nach S bis SW. Scherbahnen zeigen ebenfalls Vorzugsorientierungen in diesen Richtungen. Die Orientierung des im Erkundungsstollen durchörterten Südrandes der Maulsartal-Störungszone liegt bei 028/60.

5.7.5 Abschnitt von km 2+110 bis 2+773 ca.: Maulser Tonalitlamelle

- Grundlagen der geologischen Prognose:

Die Prognose beruht neben der Oberflächenkartierung auf den Ergebnissen aus dem Erkundungsstollen und auf der Vorausböhrung SAV7CC.

- Lithologische Beschreibung :

In diesem Abschnitt tritt Tonalitgneis auf.

- Duktile Strukturen und spröde Störungen:

Der Tonalitgneis zeigt eine mäßige bis deutliche, steilstehende, grob E-W-streichende Schieferung. Das Gebirge ist deutlich bis stark geklüftet mit einer breit gestreuten Verteilung der Kluftrichtungen. Dies gilt auch für geringmächtige Scherbahnen bzw. Harnischflächen. Von Klüften und Störungen ausgehende Alterationserscheinungen sind häufig. Der generell deutlich erkennbare Tektonisierungsgrad nimmt zu den randlichen Großstörungen hin zu.

5.7.6 Abschnitt von km 2+773 bis 2+800 ca.: Core Zone der Pustertal-Störung

- Grundlagen der geologischen Prognose:

Die Prognose beruht neben der Oberflächenkartierung auf den Ergebnissen aus dem Erkundungsstollen und der Bohrung Mu-B-04/05s.

- Lithologische Beschreibung :

Die Core Zone der Pustertal-Störung besteht im Wesentlichen aus Kataklastit sowie Protokataklastit. Untergeordnet werden auch cm bis dm mächtige Lagen von Kakirit und Fault Gouge angetroffen. Chloritisierungen, die dem Gestein ein grünliches Aussehen verleihen, begleiten diese Zone.

- Strukturen duttil und fragil:

Questo tratto presenta nel complesso un grado di tettonizzazione da forte a molto forte. Sono prevalenti rocce di faglia con diverse caratteristiche. Gli effetti strutturali dell'attività della faglia a è di tipo penetrativo. È prevalente una scistosità fillonitica con orientamento da NO-SE a E-O e immergente con pendenza da mediamente ripida a ripida verso N-NE nonché immergente con pendenza ripida da S a SO. Anche i piani di taglio sono prevalentemente orientati in queste direzioni. L'orientamento del margine inferiore della zona di faglia della Val di Mules intersecato dal cunicolo esplorativo è 028/60.

5.7.5 Tratto dal km 2+110 al km 2+773 ca.: Lamella tonalitica di Mules

- Basi della previsione geologica:

Oltre alla mappatura di superficie, la previsione si basa sui dati risultanti dallo scavo del cunicolo esplorativo e dal sondaggio in avanzamento SAV7CC.

- Descrizione litologica:

In questo tratto è presente il gneiss tonalitico.

- Strutture duttili e fragili:

lo gneiss tonalitico mostra una scistosità da media ad evidente, con una pendenza ripida orientata E-O. La fratturazione della roccia va da evidente a forte con una distribuzione ampia delle direzioni delle fratture. Questo vale anche per le zone di taglio o gli specchi di faglia di spessore limitato. I fenomeni di alterazione causate da fratture e faglie sono frequenti. Il grado di tettonizzazione, generalmente evidente, aumenta man man che ci si avvicina alle faglie importanti ai margini

5.7.6 Tratto dal km 2+773 al km 2+800 ca.: Core zone della faglia della Val Pusteria

- Basi della previsione geologica:

Oltre alla mappatura di superficie, la previsione si basa sui dati risultanti dallo scavo del cunicolo esplorativo e dal sondaggio Mu-B-04/05s.

- Descrizione litologica:

La core zone della faglia della Val Pusteria è costituita prevalentemente da cataclasi e protocataclasi. In via subordinata si trovano anche strati di cachirite e fault gouge con uno spessore da cm a dm. Questa zona è accompagnata a cloritizzazioni che fanno apparire verdastra la roccia.

- Duktile Strukturen und spröde Störungen:

Die Scherzonen sind analog zur gesamten Störung vorzugsweise querschlällig. Das Gebirge ist stark bis extrem stark geklüftet mit Kluftrichtung in mindestens 4 Vorzugsrichtungen (N-S, E-W, NE-SW und NW-SE).

5.7.7 Abschnitt von km 2+800 bis 3+592 ca.: Brixner Granit

- Grundlagen der geologischen Prognose:

Die Prognose beruht neben der Oberflächenkartierung auf den Ergebnissen aus dem Erkundungsstollen, den beiden Haupttröhren, dem Zugangstunnel Mauls und der Bohrung Mu-B-04/05s.

- Lithologische Beschreibung :

In diesem Abschnitt tritt Brixner Granit auf.

- Duktile Strukturen und spröde Störungen:

Der Brixner Granit repräsentiert sich als ungeschiefert-massiges Gestein mit mäßiger Kluftdichte, die im Nahbereich von Störungen deutlich ansteigt, so auch in der ca. 150 m breiten Damage Zone der Pustertal-Störung. Alterationserscheinungen und Chloritisierungen entlang von Trennflächen sind typisch. An Störungen treten im vorliegenden Abschnitt u.a. grob E-W-streichende, steilstehende Strukturen ungefähr parallel zur Pustertal-Störung auf. Die in diesem Abschnitt dokumentierten Störungen innerhalb des Brixner Granits zeichnen sich neben der deutlich erhöhten Trennflächendichte und -länge durch meist geringmächtige Scherbahnen mit Kakirit und evt. fault gouge aus.

6 VERZEICHNISSE

6.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1	Tektonische Übersichtskarte des westlichen Tauernfensters. Verändert nach Brandner, 1980, ergänzt nach Mancktelow et al., 2001.	
Fig. 1	Carta tettonica generale della Finestra dei Tauri occidentale. Modificato Brandner, 1980, integrato secondo Mancktelow et al., 2001.	9
Abb. 2	Ostalpines Basement (Maulser Tal)	
Fig. 2	Basamento austroalpino (Val di Mules)	18
Abb. 3	graphitische Phyllonite und geschieferte Kataklasite mit Spiegelharnischen und plattig brechende Quarzite. (Erkundungsstollen Tm 11879)	
Fig. 3	Filloniti grafitici e cataclasi scistose con specchi di faglia e quarziti che si rompono in lastre. (Cunicolo esplorativo prog. 11879)	20
Abb. 4	Arkosegneis (711). (Erkundungsstollen Tm 12013)	

- Strutture duttili e faglie fragili:

Analogicamente all'intera faglia le zone di shear sono principalmente trasversali. L'ammasso roccioso è fratturato in modo da forte ad estremamente forte con direzione della frattura in almeno 4 direzioni prevalenti (N-S, E-W, NE-SW e NW-SE).

5.7.7 Tratto dal km 2+800 al km 3+592 ca.: Granito di Bressanone

- Basi della previsione geologica:

Oltre alla mappatura di superficie, la previsione si basa sui dati risultanti dallo scavo del cunicolo esplorativo, delle gallerie principali, della galleria di accesso Mules e dal sondaggio Mu-B-04/05s.

- Descrizione litologica:

In questo tratto è presente il granito di Bressanone.

- Strutture duttili e faglie fragili:

Il granito di Bressanone si presenta come roccia massiccia non scistosa con una densità di fratturazione media che aumenta notevolmente nelle vicinanze delle faglie e di conseguenza anche nella damage zone della faglia della Val Pusteria dalla larghezza di circa 150 m. Si presentano tipici fenomeni di alterazione e cloritizzazioni lungo le discontinuità. Per quanto concerne le faglie, nel tratto in questione troviamo tra l'altro strutture ripide in direzione E-W con un andamento quasi parallelo alla faglia della Pusteria. Le faglie documentate in questo tratto all'interno del granito di Bressanone si caratterizzano tramite un'aumentata densità e lunghezza delle discontinuità nonché tramite piani di shear dallo spessore ridotto con presenza di cahirite ed eventuali fault gouge.

6 ELENCHI

6.1 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Fig. 4	Gneiss arcocici (711). (Cunicolo esplorativo prog. 12013)	21
Abb. 5	bunte Wechselfolgen von oft roten Meta-Konglomeraten, hellen Meta-Sandsteinen (Quarzitschiefern) und roten bis grünen Phylliten (709, 708). (Erkundungsstollen Tm 12092)	
Fig. 5	Sequenze variopinte di metaconglomerati spesso rossi, meta-arenarie chiare (quarziti scistosi) e filladi da rosse a verdi (709, 708). (Cunicolo esplorativo prog. 12092)	22
Abb. 6	Metamorphe Reichenhaller Schichten (707): metamorphe siliziklastische Sedimente (Quarzite, Phyllite) in Wechselfolge mit Anhydrit. (Erkundungsstollen Tm 12112)	
Fig. 6	Reichenhaller Schichten metamorfiche (707): metamorfici silicoclastici (quarziti, filladi) in alternanza con anidrite. (Cunicolo esplorativo prog. 12112)	24
Abb. 7	Metamorphe Reifling-Fm. (706) (Bohrung Mu-B-06/11; 114m-118m)	
Fig. 7	Formazione metamorfica di Reifling (706) (Sondaggio Mu-B-06/11; 114m-118m).....	25
Abb. 8	Maulser Tonalit (BBT Oströhre km 47+962)	
Fig. 8	Tonalite di Mules (BBT galleria est km 47+962)	27
Abb. 9	Brixner Granit (BBT Oströhre km 48+661)	
Fig. 9	Granito di Bressanone (BBT galleria est km 48+661)	28
Abb. 10	Namengebende Hauptstörungen der Störungssysteme	
Fig. 10	Faglie principali dalle quali provengono le denominazioni dei sistemi di faglia.....	33
Abb. 11	Detail der Karte der Erdbebengefährdung des Staatgebiets für die Provinz Bozen, in maximaler Horizontalbeschleunigung des Untergrundes angegeben, mit Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren	
Fig. 11	Dettaglio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale per la provincia di Bolzano, in termini di accelerazione orizzontale massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni	36
Abb. 12	Bestimmung der seismischen Zonen auf Basis der Werte der horizontalen Beschleunigung des Untergrundes mit Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10 % in 50 Jahren (Anhang 1 der Verordnung PCM n. 3274 der 20.03.03).	
Fig. 12	Definizione delle zone sismiche in base ai valori di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Allegato 1 dell'Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.03).	37
Abb. 13	Erdbeben in Südtirol im Katalog CPT111 (Roveda et al. 2011)	
Fig. 13	Terremoti riportati dal catalogo CPT111 (Roveda et al. 2011)	37
Abb. 14	Klassifizierung der Störungen entlang des geplanten Brenner-Basistunnels (südlicher Abschnitt) bezüglich der tektonischen Aktivität (D0154, modifiziert).	
Fig. 14	Classificazione delle faglie lungo la Galleria di Base del Brennero (settore meridionale) rispetto all'attività tettonica. (D0154, modificato).....	39

6.2 LITERATUR UND QUELLEN

6.2 BIBLIOGRAFIA E FONTI

6.2.1 Literatur

6.2.1 Bibliografia

Behrmann, J.H., 1988. Crustal-scale extension in a convergent orogen: the Sterzing-Steinach mylonite zone in the Eastern Alps. *Geodynamica Acta* (Paris), 2: 63-73.

Crescenti, U., Dramis, F., Prestininzi, A. & Sorriso-Valvo, M. 1994. Deep-seated gravitational slope deformations and large-scale landslides in Italy. Chieti University, Spec. Vol. 7th Int. Congr. of IAEG., Lisboa: 36-41.

Frisch, W., 1976. Ein Modell zur alpidischen Evolution und Orogenese des Tauernfensters. *Geologische Rundschau*, 65: 375-392.

Frisch, W., 1979. Tectonic progradation and plate tectonic evolution of the Alps. *Tectonophysics*, 60: 121-139.

- Fügenschuh, B., Seward, D. & Mancktelow, N.S., 1997. Exhumation in a convergent orogen: the western Tauern window. *Terra Nova*, 9(5-6): 213-217.
- Köhler, M. (1978): Brennerflachbahn, Projekt 1978, Ergebnisse der geologischen Untersuchungen. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 8: 1-99.
- Linzer, H.-G., Decker, K., Peresson, H., Dell'Mour, R. & Frisch, W., 2002. Balancing lateral orogenic float of the Eastern Alps. *Tectonophysics*, 354(3-4): 211-237.
- Mancktelow, N.S., Stöckli, D.F., Grollmund, B., Müller, W., Fügenschuh, B., Viola, G., Seward, D. & Villa, I.M., 2001. The DAV and Periadriatic fault systems in the Eastern Alps south of the Tauern window. *International Journal of Earth Sciences*, 90: 593-622.
- Perna, G. (Editor), 1964. L'industria mineraria nel Trentino-Alto Adige. *Economia Trentina*, Vol. 1. C.C. I. A., Trento, 413 pp.
- Ratschbacher, L., Frisch, W., Neubauer, F., Schmid, S.M. & Neugebauer, J., 1989. Extension in compressional orogenic belts: the Eastern Alps. *Geology*, 17: 404-407.
- Ratschbacher, L., Frisch, W., Linzer, H.-G. & Merle, O., 1991. Lateral extrusion in the Eastern Alps, Part 2: Structural Analysis. *Tectonics*, 10(2): 257-271.
- Rovida, A., Camassi, R., Gasperini P. and Stucchi M. (eds.), 2011. CPTI11, the 2011 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>
- Schmid, S.M., Fügenschuh, B., Kissling, E. & Schuster, R., 2004. Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 97(1): 93.
- Selverstone, J., 1988. Evidence for east-west crustal extension in the eastern Alps: implications for the unroofing history of the Tauern Window. *Tectonics*, 7(1): 87-105.

6.2.2 Quellen

6.2.2.1 BBT-Dokumente

- BBT D0104a: Geologie Endbericht, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.
- BBT D0104b: Geologische Karte des Trassenkorridors 1:10.000, Blatt A.1.7., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.
- BBT D0104c: Geologische Karte 1:25.000, Blatt A.3.3., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.
- D0104d: Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, Strukturelle Detailaufnahme repräsentativer Aufschlüsse Österreichischer Abschnitt, Mappe 2, Einlage G2.1b-01, 30.11.2005.
- BBT D0104/D0154: Längenschnitte Tunnel 1:10.000, Blatt E.1.4., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2007.
- BBT D0154: Progetto definitivo, Geologie, GEOTEAM, 2008.
- BBT D0154: Geologisch-tektonische Übersichtskarte

6.2.2 Fonti

6.2.2.1 Documenti BBT

- BBT D0104a: Geologia Rapporto definitivo, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.
- BBT D0104b: Carta geologica del corridoio 1:10.000, Tavola A.1.7., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.
- BBT D0104c: Carta geologica 1:25.000, Tavola A.3.3., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2006.
- D0104d: Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, Rilievo strutturale di dettaglio di Rappresentativi Settore Austriaco, Mappe 2, Einlage G2.1b-01, 30.11.2005.
- BBT D0104/D0154: Profili longitudinali 1:10.000, Tavola E.1.4., Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2007.
- BBT D0154: Progetto definitivo, Geologia, GEOTEAM, 2008.
- BBT D0154: Carta geologico-tettonica d'orientamento

1:50.000, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2008.

1:50.000, Consorzio Ferrara Ricerche, Geologische Bundesanstalt, Universität Innsbruck, 2008.

Lagepläne der gesamten Trasse, BBT 2012, 2013.

Planimetrie dell'intero tracciato, BBT 2012, 2013.

6.2.2.2 Sonstige Quellen

6.2.2.2 Altre fonti

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003). Allegato 1.

Visualizzazione dei valori di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All 1b), INGV

6.2.2.3 Geologische Karten

6.2.2.3 Carte geologiche

Brandner, R., 1980. Geologische Übersichtskarte von Tirol. 1:300.000, Tirol-Atlas, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.