



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt  
der Transeuropäischen Verkehrsnetzefinanziertes Vorhaben  
*Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea  
attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee*



# AUSBAU EISENBAHNACHSE MÜNCHEN-VERONA BRENNER BASISTUNNEL


Ausschreibungsphase

## POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progettazione esecutiva

### AP164 Tulfes Pfons AP164 Lotto principale Tulfes Pfons

<b>Projekteinheit</b>	<b>WBS</b>
Tunnel	Galleria
<b>Dokumentenart</b>	<b>Tipo Documento</b>
Technischer Bericht	Relazione tecnica
<b>Titel</b>	<b>Titolo</b>
Geologie und Hydrogeologie Rettungsstollen Tulfes	geotecnica e Idrogeologia cunicolo di soccorso

 <b>ARGE BI - GC</b>					Datum / data	Name / nome	
				Bearbeitet / Elaborato	29.07.2013	WeB	
				Geprüft / Verificato	01.08.2013	HoL	
<u>GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO - BRENNER BASISTUNNEL BBT SE</u>  <i>Piazza Stazione 1 • I-39100 Bolzano Tel.: +39 0471 0622-10 • Fax: +39 0471 0622-11  Amraser Str. 8 • A-6020 Innsbruck Tel.: +43 512 4030 • Fax: +43 512 4030-110  Email: bbt@bbt-se.com • www.bbt-se.com</i>				Freigegeben / Autorizzato	07.08.2013	HoW	
				Freigegeben BBT / Approvato BBT			
				Masstab / Scala	-		
Projekt- kilometer / Progressiva di progetto	von / da  bis / a  bei / al	02+000,00  15+000,00	Bau- kilometer / Chilometro opera	von / da  bis / a  bei / al	00+000,00  09+153,11	Status Dokument / Stato documento	
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
01	H31	TU	00X	GTB	D0642	10710	00

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
02			
01			
00	Erstversion Prima Versione		29.07.2013

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>8</b>
1.1	PROJEKTBSCHREIBUNG	
1.1	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	8
1.2	ÜBERBLICK UNTERLAGEN IM FACHBEREICH GEOLOGIE-HYDROGEOLOGIE	
1.2	QUADRO GENERALE DELLA DOCUMENTAZIONE PER LA GEOLOGIA-IDROGEOLOGIA	9
<b>2</b>	<b>KURZFASSUNG</b>	
<b>2</b>	<b>RELAZIONE DI SINTESI</b>	<b>10</b>
2.1	GEOLOGIE	
2.1	GEOLOGIA	10
2.2	HYDROGEOLOGIE	
2.2	IDROGEOLOGIA	10
2.3	GEOTECHNIK	
2.3	GEOTECNICA	11
<b>3</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	
<b>3</b>	<b>OBIETTIVI DELLO STUDIO</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>GEOLOGISCHES MODELL DES PROJEKTGEBIETES</b>	
<b>4</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO</b>	<b>12</b>
4.1	REGIONALGEOLOGISCHER RAHMEN	
4.1	CONTESTO GEOLOGICO REGIONALE	12
4.2	LOKALER GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	
4.2	CONTESTO GEOLOGICO A SCALA LOCALE	12
4.3	LITHOSTRATIGRAFISCHER AUFBAU	
4.3	STRUTTURA LITOSTRATIGRAFICA	13
4.3.1	Lockergesteine	
4.3.1	Materiali sciolti	13
4.3.1.1	Hangschutt	
4.3.1.1	Detrito di falda	13
4.3.1.2	Eisrandsedimente	
4.3.1.2	Sedimenti morenici	14
4.3.1.3	Moränensedimente	
4.3.1.3	Sedimenti morenici	14
4.3.1.4	Umgelagerte Moränensedimente	
4.3.1.4	Sedimenti morenici, rimaneggiati	14
4.3.1.5	Terrassenschotter	
4.3.1.5	Terrazzi di pietrisco	14
4.3.2	Festgesteine	
4.3.2	Rocce compatte	15
4.3.2.1	Konglomerat	
4.3.2.1	Conglomerato	15
4.3.2.2	Phyllite	
4.3.2.2	Filladi	15
4.3.2.3	Kalkmarmor, Dolomitmarmor	
4.3.2.3	Marmo calcareo, marmo dolomitico	16
4.3.2.4	Grünschiefer	
4.3.2.4	Scisti verdi	16
4.3.3	Störungsgesteine	
4.3.3	Rocce di faglia	17

4.3.3.1	Kataklasit, Kakirit, Fault Gouge	
4.3.3.1	Cataclasite, cachirite, Fault Gouge	17
4.4	STRUKTURGEOLOGISCHER AUFBAU	
4.4	ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	17
4.4.1	Übersicht	
4.4.1	Introduzione	17
4.4.2	Metamorphe Deformationsabfolge	
4.4.2	Successione deformativa metamorfica	18
4.4.3	Postmetamorphe Deformation	
4.4.3	Deformazione postmetamorfica	18
4.4.4	Wichtige Störungen im Trassenkorridor	
4.4.4	Faglie importanti nel corridoio di tracciato	18
4.4.5	Neotektonik	
4.4.5	Tettonica recente	19
4.4.5.1	Ergebnisse	
4.4.5.1	Risultati	19
4.5	GEOLOGISCHE PROGNOSE RETTUNGSSTOLLEN	
4.5	PROGNOSI GEOLOGICA CUNICOLO DI SOCCORSO	20
4.5.1	Gebirgsbereich 1 TM 0 – ca. TM 170	
4.5.1	Settore di ammasso roccioso 1 prog. m 0 – prog. m ca. 170	20
4.5.2	Gebirgsbereich 2 ca. TM 170 – ca. TM 760	
4.5.2	Settore di ammasso roccioso 2 prog. m ca. 170 – prog. m ca. 760	21
4.5.3	Gebirgsbereich 3 ca. TM 760 – ca. TM 940	
4.5.3	Settore di ammasso roccioso 3 prog. m ca. 760 – prog. m ca. 940	21
4.5.4	Gebirgsbereich 4 ca. TM 940 – ca. TM 1.860	
4.5.4	Settore di ammasso roccioso 4 prog. m ca. 940 – prog. m ca. 1.860	21
4.5.5	Gebirgsbereich 5 ca. TM 1.860 – ca. TM 2.190	
4.5.5	Settore di ammasso roccioso 5 prog. m ca. 1.860 – prog. m ca. 2.190	22
4.5.6	Gebirgsbereich 6 ca. TM 2.190 – ca. TM 2.500	
4.5.6	Settore di ammasso roccioso 6 prog. m ca. 2.190 – prog. m ca. 2.500	22
4.5.7	Gebirgsbereich 7 ca. TM 2.500 – ca. TM 4.590	
4.5.7	Settore di ammasso roccioso 7 prog. m ca. 2.500 – prog. m ca. 4.590	23
4.5.8	Gebirgsbereich 8 ca. TM 4.590 – ca. TM 5.760	
4.5.8	Settore di ammasso roccioso 8 prog. m ca. 4.590 – prog. m ca. 5.760	24
4.5.9	Gebirgsbereich 9 ca. TM 5.760 – ca. TM 6.830	
4.5.9	Settore di ammasso roccioso 9 prog. m ca. 5.760 – prog. m ca. 6.830	24
4.5.10	Gebirgsbereich 10 ca. TM 6.830 – ca. TM 7.360	
4.5.10	Settore di ammasso roccioso 10 prog. m ca. 6.830 – prog. m 7.350	25
4.5.11	Gebirgsbereich 11 ca. TM 7.360 – ca. TM 7.545	
4.5.11	Settore di ammasso roccioso 11 prog. m ca. 7.360 – prog. m ca. 7.545	25
4.5.12	Gebirgsbereich 12 ca. TM 7.545 – ca. TM 7.703	
4.5.12	Settore di ammasso roccioso 12 prog. m ca. 7.545 – prog. m ca. 7.703	25
4.5.13	Gebirgsbereich 13 ca. TM 7.703 – ca. TM 7.997	
4.5.13	Settore di ammasso roccioso 13 prog. m ca. 7.703 – prog. m ca. 7.997	26
4.5.14	Gebirgsbereich 14 ca. TM 7.997 – ca. TM 8.121	
4.5.14	Settore di ammasso roccioso 14 prog. m ca. 7.997 – prog. m ca. 8.121	26
4.5.15	Gebirgsbereich 15 ca. TM 8.121 – ca. TM 8.267	
4.5.15	Settore di ammasso roccioso 15 prog. m ca. 8.121 – prog. m ca. 8.267	27
4.5.16	Gebirgsbereich 16 ca. TM 8.267 – ca. TM 8.700	
4.5.16	Settore di ammasso roccioso 16 prog. m ca. 8.267 – prog. m ca. 8.700	27

4.5.17 Gebirgsbereich 17 ca. TM 8.700 – TM 9.122 (Bauwerksende)	
4.5.17 Settore di ammasso roccioso 17 prog. m ca. 8.700 – prog. m 9.122 (fine dell'opera costruttiva)	27

<b>5 HYDROGEOLOGISCHES MODELL DES PROJEKTGEBIETES</b>	
<b>5 MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO</b>	<b>28</b>
5.1 BASISDATEN	
5.1 DATI CONSULTATI	28
5.2 HYDROLOGIE - AUSWERTUNG DER ERHOBENEN PARAMETER	
5.2 IDROLOGIA - INTERPRETAZIONE DEI PARAMETRI RILEVATI	28
5.2.1 Methodik	
5.2.1 Approccio metodologico	29
5.2.2 Anzahl und Lage der hydrologischen Elemente	
5.2.2 Numero e posizione degli elementi idrologici	30
5.2.3 Nutzung	
5.2.3 Utilizzo	31
5.2.4 Geologische Umgebung	
5.2.4 Ambiente geologico	31
5.2.5 Schüttung	
5.2.5 Portata	31
5.2.6 Temperatur	
5.2.6 Temperatura	32
5.2.7 Elektrische Leitfähigkeit	
5.2.7 Conducibilità elettrica	33
5.2.8 Analyseergebnisse aus dem Labor	
5.2.8 Risultati dalle analisi di laboratorio	33
5.2.8.1 Bakteriologie	
5.2.8.1 Batteriologia	34
5.2.8.2 pH-Wert	
5.2.8.2 Valori di pH	34
5.2.8.3 Gesamthärte	
5.2.8.3 Durezza totale	35
5.2.8.4 Ausgewählte Ionen	
5.2.8.4 Ausgewählte Ionen	36
5.2.9 Hydrografische Grundlagen	
5.2.9 Documentazione idrografica	38
5.3 HYDROGEOLOGISCHE EINHEITEN	
5.3 UNITÀ IDROGEOLOGICHE	38
5.3.1 Quartäre Ablagerungen	
5.3.1 Depositi quaternari	38
5.3.2 Festgesteine	
5.3.2 Rocce compatte	38
5.3.3 Störungsgesteine	
5.3.3 Rocce di faglia	39
5.4 BESCHREIBUNG DES HYDROGEOLOGISCHEN MODELLS	
5.4 DESCRIZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO	39
5.4.1 Grundwasserflusssysteme	
5.4.1 Sistemi di flusso ospitati	39
5.4.1.1 Quartäre Ablagerungen	
5.4.1.1 Depositi quaternari	39
5.4.1.2 Festgesteine / Störungsgesteine	
5.4.1.2 Rocce compatte / Rocce di faglia	39

5.4.2	Grundwasseroberfläche	
5.4.2	Superficie della falda acquifera .....	40
5.4.2.1	Quartäre Ablagerungen	
5.4.2.1	Depositi quaternari .....	40
5.4.2.2	Festgesteine / Störungsgesteine	
5.4.2.2	Rocce compatte / Rocce di faglia .....	41
5.5	BERGWASSERZUFLUSS	
5.5	INFILTRAZIONI D'ACQUA .....	41
5.5.1	Methodik	
5.5.1	Metodica .....	41
5.5.2	Zutritte in den Rettungsstollen - Bestand	
5.5.2	Infiltrazioni nella galleria di soccorso – stato attuale .....	42
5.5.3	Zutritte in den Rettungsstollen - Prognose	
5.5.3	Infiltrazioni nella galleria di soccorso – Previsione .....	42
5.5.3.1	Gebirgsbereich 1 TM 0 – ca. TM 170	
5.5.3.1	Settore di ammasso roccioso 1 prog. m 0 – prog. m ca. 170 .....	42
5.5.3.2	Gebirgsbereich 3 ca. TM 760 – ca. TM 940	
5.5.3.2	Settore di ammasso roccioso 3 prog. m ca. 760 – prog. m ca. 940 .....	42
5.5.3.3	Gebirgsbereich 2 und 4 bis 10 ca. TM 170 – ca. TM 760 und ca. TM 940 – ca. TM 9122 (Bauwerksende)	
5.5.3.3	Settori di ammasso roccioso 2 e 4 fino a 10 - prog. m ca. 170 – prog. m ca. 760 e prog. m ca. 940 – prog. m ca. 9122 (fine dell'opera costruttiva) .....	43
5.5.3.4	Gesamtzufluss	
5.5.3.4	Afflusso totale .....	43
5.5.4	Chemische Zusammensetzung	
5.5.4	Composizione chimica .....	43
5.5.4.1	Vortrieb Rettungsstollen	
5.5.4.1	Avanzamento cunicolo di soccorso .....	44
5.6	AUSWERTUNG DES RISIKOS FÜR DIE HYDROLOGISCHEN ELEMENTE	
5.6	INTERPRETAZIONE DEL RISCHIO PER GLI ELEMENTI IDROLOGICI .....	44
5.6.1	Methodik der hydrologischen Risikobewertung	
5.6.1	Metodica della valutazione del rischio idrologico .....	44
5.6.1.1	Eingangsparameter: Bedeutung der hydrologischen Elemente	
5.6.1.1	Parametri di input: Importanza degli elementi idrologici .....	45
5.6.1.2	Eingangsparameter: Größe der Gefahr	
5.6.1.2	Parametri di input: Grandezza del pericolo .....	46
5.6.1.3	Hydrologisches Risiko	
5.6.1.3	Rischio idrogeologico .....	48
5.6.2	Ergebnisse der hydrologischen Risikobewertung	
5.6.2	Risultati della valutazione del rischio idrologico .....	50
5.6.2.1	Bedeutung der hydrologischen Elemente	
5.6.2.1	Significanza degli elementi idrologici .....	50
5.6.2.2	Größe der Gefahr	
5.6.2.2	Importanza del pericolo .....	50
5.6.2.3	Hydrologisches Risiko	
5.6.2.3	Rischio idrologico .....	51
5.6.3	Bewertung der Belastung für die Grundwasserfließsysteme	
5.6.3	Valutazione dell'impatto per i sistemi di flusso delle acque di falda .....	51
5.6.4	Bewertung des hydrogeologischen Risikos für Oberflächenwässer: Ergebnisse	
5.6.4	Valutazione del rischio idrogeologico per le acque superficiali: risultati .....	52

5.7	ERLÄUTERUNGEN ZU DEN ABDICHTUNGSMÄßNAHMEN UND INJEKTIONEN IM ZUGE DES VORTRIEBES	
5.7	DELUCIDAZIONI PER PROVVEDIMENTI DI PERMEABILIZZAZIONE ED INIEZIONI DURANTE L'AVANZAMENTO .....	52
<b>6</b>	<b>GEBIRGSCHARAKTERISIERUNG</b>	
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO .....</b>	<b>52</b>
6.1	METHODIK	
6.1	METODICA .....	52
6.2	ALLGEMEINES UND GRUNDLAGEN	
6.2	GENERALITÀ E DOCUMENTAZIONE DI BASE .....	53
6.3	ERMITTLUNG DER GEBIRGSARTEN	
6.3	DETERMINAZIONE DEI TIPI DI AMMASSO ROCCIOSO.....	53
6.4	PRIMÄRSPANNUNGEN	
6.4	STRESS IN SITU .....	54
6.5	EINFLUSS DES GRUND- UND BERGWASSERS	
6.5	EFFETTO DELL'ACQUA DI FALDA E DI INFILTRAZIONE.....	54
6.6	QUELL- UND SCHWELLERSCHENUNGEN	
6.6	RIGONFIAMENTO DEL TERRENO.....	55
6.7	STÖRUNGSZONEN	
6.7	ZONE DI FAGLIA .....	55
<b>7</b>	<b>KLASSIFIZIERUNG DES AUSBRUCHMATERIALS</b>	
<b>7</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DEL MATERIALE DI SCAVO.....</b>	<b>55</b>
7.1	METHODIK	
7.1	METODICA .....	55
7.2	LITHOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG	
7.2	CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA .....	56
7.2.1	Quartäre Ablagerungen (exkl. Konglomerat)	
7.2.1	Depositi quaternari (escluso conglomerato) .....	56
7.2.2	Festgesteine	
7.2.2	Rocce compatte .....	56
7.2.3	Störungsgesteine	
7.2.3	Rocce di faglia.....	57
7.3	KLASSIFIZIERUNG	
7.3	CLASSIFICAZIONE.....	57
7.3.1	Zuschlagstoffe für Beton	
7.3.1	Inerti per cls.....	57
7.3.2	Schüttmaterial	
7.3.2	Materiale di riporto.....	57
7.3.3	Deponiematerial	
7.3.3	Materiale di deposito .....	57
<b>8</b>	<b>KLASSIFIZIERUNG DER LOCKER- UND STÖRUNGSGESTEINE</b>	
<b>8</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE SCiolTE E DI FAGLIA.....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>GEOTHERMISCHES MODELL</b>	
<b>9</b>	<b>MODELLO GEOTERMICO .....</b>	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>GAS, RADIOAKTIVITÄT UND ASBEST</b>	
<b>10</b>	<b>GAS, RADIOATTIVITÀ E AMIANTO .....</b>	<b>57</b>
<b>11</b>	<b>PORTALBEREICHE</b>	
<b>11</b>	<b>AREE DI PORTALE.....</b>	<b>58</b>

11.1	GRUNDLAGEN	
11.1	DOCUMENTAZIONE DI BASE .....	58
11.2	MORPHOLOGISCH – GEOLOGISCHE SITUATION	
11.2	SITUAZIONE MORFOLOGICA – GEOLOGICA.....	58
11.3	HYDROGEOLOGISCHE SITUATION	
11.3	SITUAZIONE IDROGEOLOGICA.....	59
<b>12</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>12</b>	<b>ELENCO DELLE TABELLE .....</b>	<b>59</b>
12.1	TABELLENVERZEICHNIS	
12.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	<b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b>
12.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
12.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	<b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b>
12.3	LITERATUR UND QUELLEN	
12.3	BIBLIOGRAFIA E FONTI .....	59
12.3.1	Literatur	
12.3.1	Bibliografia.....	59
12.3.2	Quellen	
12.3.2	Fonti .....	60
12.4	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	
12.4	ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI.....	63
12.5	PLÄNE UND SONSTIGE UNTERLAGEN	
12.5	ELABORATI GRAFICI ED ULTERIORE DOCUMENTAZIONE .....	63
12.5.1	Zugehörige Pläne	
12.5.1	Elaborati grafici.....	63
12.5.2	Zugehörige Unterlagen	
12.5.2	Documentazione attinente.....	64



## 1 EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht ist im Auftrag der BBT-SE als Teil der Ausschreibungsverfahren erstellt worden. Er soll im Vergabeverfahren Grundlage zur Leistungsbeschreibung sein.

### 1.1 PROJEKTbeschreibung

Der Rettungsstollen liegt nördlich, d.h. talseitig des Umfahrungstunnels Innsbruck. Die Länge des Tunnelabschnittes, der innerhalb des Bearbeitungsbereiches liegt, beträgt 9.122 m. Die Tunnelachsen der beiden Bauwerke verlaufen, mit Ausnahme des unmittelbaren Portalbereichs bis ca. TM 1.000. Ab ca. TM 9.000 biegt der Rettungsstollen 90° nach Süden ab, unterfährt den bestehenden Umfahrungstunnel Innsbruck und mündet dann in den geplanten Verbindungstunnel ein, der den Bestandstunnel mit dem Brenner Basis Tunnel verbinden soll.

Bei TM 7.036 bindet der Fensterstollen, dessen Portal sich westlich von Ampass befindet, in den Rettungsstollen im rechten Winkel ein und ist in seiner Verlängerung gleichzeitig eine Querverbindung zwischen Haupttunnel und Rettungsstollen. Mitte 2012 wurde mit der Bauausführung des Fensterstollens Ampass begonnen.

Der Fensterstollen soll während des Vortriebs des Rettungsstollens als Zwischenangriff genutzt werden.

Das Projektgebiet liegt südlich des Inns am Fuß des Patscherkofels und erstreckt sich von Tulfes im Osten (Nordportal Umfahrungstunnel Innsbruck) bis auf Höhe Aldrans – Sistrans im Westen. Die südliche Abgrenzung des Untersuchungsraumes verläuft ca. 1,1 km südlich des Umfahrungstunnels Innsbruck, parallel zur Bauwerksachse.

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto su incarico della BBT SE come parte della procedura autorizzativa. Su di esso, procedura di assegnazione, viene basata la descrizione delle prestazioni.

### 1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il cunicolo di soccorso è ubicato a nord, ciò significa a lato valle della galleria di circonvallazione di Innsbruck. La lunghezza del tratto di galleria che rientra nell'ambito dell'elaborazione è pari a 9.122 m. Le assi delle due gallerie corrono parallele, tranne nelle zone di portale, fino circa alla progressiva 1.000. All'incirca dalla progressiva 9.000 il cunicolo di soccorso svolta verso sud, passa sotto alla galleria di circonvallazione esistente Innsbruck e si imbecca nella galleria di collegamento in progetto, destinata a collegare la Galleria di base del Brennero con la galleria esistente.

Alla progressiva 7.036 il cunicolo finestra, il cui portale si trova a ovest di Ampass, imbecca nel cunicolo di soccorso con angolo retto, e, nel suo prolungamento, collega anche trasversalmente la galleria principale e il cunicolo di soccorso. A metà del 2012 sono iniziati i lavori dell'accesso intermedio Ampass.

Il cunicolo finestra dovrebbe essere utilizzato come accesso intermedio durante i lavori di avanzamento del cunicolo di soccorso.

La zona di progetto è posta a sud dell'Inn ai piedi del monte Patscherkofel e si estende da Tulfes a est (Portale nord Galleria di circonvallazione di Innsbruck) fino all'altezza di Aldrans-Sistrans ad ovest. Il confine meridionale della zona di indagine si estende ca. 1,1 km a sud della Galleria di circonvallazione di Innsbruck, parallelo all'asse dell'opera.



## 1.2 ÜBERBLICK UNTERLAGEN IM FACHBEREICH GEOLOGIE- HYDROGEOLOGIE

Dieser Bericht beruht zum überwiegenden Teil auf dem Bericht zur Geologie-Hydrogeologie-Geotechnik, in dem die geologischen Verhältnisse im wesentlichen auf Grundlage des Geologisch – hydrogeologischen Bericht (Stingl, V. & Rockenschaub, M. (2005)) sowie dem Baugeologischen Schlussbericht Inntaltunnel ILF (1994) beschrieben sind. Aus den genannten Grundlagen wurden wesentliche Teile des vorliegenden Textes zum Teil wörtlich übernommen.

Grundlage für die Beschreibung der geologischen Verhältnisse sind die Auswertung der geologischen Dokumentation des Umfahrungstunnels Innsbruck, Ergebnisse der Erkundungsarbeiten für den Brenner Basistunnel und die ingenieurgeologische Kartierung (Portalbereiche Rettungsstollen und Fensterstollen, Trassenkorridor des Fensterstollens).

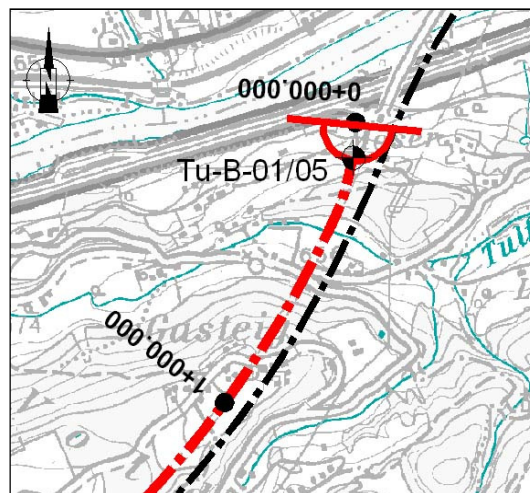
Die Grundlagen werden durch die Ergebnisse von Erkundungsbohrungen im Bereich der Tunnelportale sowie entlang der Trasse des Fensterstollens (ARGE Brenner Basistunnel - Erkundungsbohrungen 2004 Wipptal) und durch geophysikalische Profile im Bereich der Trasse des Fensterstollens ergänzt (GeoExpert 2005/2006). Ebenfalls berücksichtigt wurden Bohrungen die für den Umfahrungstunnel Innsbruck im Jahr 1986 durchgeführt wurden (ILF 1986).

## 1.2 QUADRO GENERALE DELLA DOCUMENTAZIONE PER LA GEOLOGIA- IDROGEOLOGIA

Il presente documento si fonda prevalentemente sulla relazione geologica-idrogeologica-geotecnica che descrive l'assetto geologico basandosi prevalentemente sulla relazione geologica-idrogeologica (Stingl, V. & Rockenschaub, M. (2005)) e sulla relazione geologica conclusiva Inntaltunnel ILF (1994). Dalla documentazione nominata sono state assunte parti essenziali del presente testo, in parte in modo testuale.

Base per la descrizione delle condizioni geologiche sono l'analisi della documentazione geologica della Galleria di Circonvallazione di Innsbruck, i risultati dei lavori di prospezione per la Galleria di Base del Brennero e la cartografia tecnica-geologica (zone di portale del cunicolo di soccorso e cunicolo finestra, corridoio di tracciato del cunicolo finestra).

La documentazione di base viene integrata dai risultati dei sondaggi geognostici eseguiti nella zona di portale della galleria e lungo il tracciato del cunicolo finestra (ARGE Brenner Basistunnel - campagna di sondaggi 2004 Wipptal) e da profili geofisici nella zona del tracciato del cunicolo finestra (GeoExpert 2005/2006). Allo stesso modo sono stati presi in considerazione sondaggi eseguiti per la galleria di circonvallazione di Innsbruck nell'anno 1986 (ILF 1986).



Lageplan der Untergrunderkundungsmaßnahmen 2005 (Kernbohrungen) im Portalbereich Tulfes [Darstellung nicht maßstäblich; Rettungsstollen = rote Linie, Bestandstunnel = schwarze Linie]

Die hydrogeologische Beurteilung basiert größtenteils auf dem Schlussbericht zur Wasserwirtschaftlichen Beweissicherung (Phase 1), dem Baugeologischen Schlussbericht (ILF 1994) und den Teilergebnissen zur

Planimetria dei lavori di prospezione del sottosuolo 2005 (carotaggi) nella zona di portale di Tulfes [rappresentazione non in scala, cunicolo di soccorso = linea rossa, galleria esistente = linea nera]

La valutazione idrogeologica si basa per lo più sulla Relazione conclusiva per il monitoraggio delle risorse idriche (fase 1), sulla Relazione geologica - costruttiva finale (ILF 1994) e sui risultati parziali per il Monitoraggio delle

Wasserwirtschaftlichen Beweissicherung Phase 2 (ILF - Zwischenbericht: 2005, Aktualisierung Bereich Herztal: Herbst 2006, Bereich Erweiterung West: Winter 2007/2008).

Eine detaillierte Aufstellung sämtlicher wichtiger Unterlagen im Zusammenhang mit diesem Gutachten ist dem Kapitel 12.1 und 12.3 zu entnehmen.

## 2 KURZFASSUNG

### 2.1 GEOLOGIE

Der Rettungstollen Umfahrung Innsbruck wird in den Gesteinen der Innsbrucker Quarzphyllitzone sowie in quartären, überwiegend glazialen Ablagerungen aufgeföhren.

Die glazialen Ablagerungen, die zum überwiegenden Teil aus Moränensedimenten aufgebaut werden, bedecken im Bereich der Hochterrasse mit Mächtigkeiten im Bereich von mehreren Dekametern bis > 100 m das metamorphe Grundgebirge. Dieser Umstand sowie das Resultat postglazialen Erosionsprozesse führten zu einer Oberflächentopographie die den Verlauf der Grundgebirgsoberfläche nicht oder nur sehr eingeschränkt nachbildet.

Die Gesteine des Innsbrucker Quarzphyllitkomplexes weisen eine intensive Schieferung mit überwiegend flachen Einfallswinkeln auf, bereichsweise kommt auch mittelsteiles Einfallen der Schieferung vor. Die Einfallsrichtungen sind aufgrund einer flachwelligen Verfaltung variabel. Bereichsweise ist eine Dominanz von Einfallsrichtungen gegen Westen sowie gegen nördliche bzw. südliche Richtungen festzustellen.

Lokal treten meist tektonisch begrenzte Einschaltungen von Kalk- und Dolomitmarmor sowie von metamorphen Gröngesteinen auf.

Die phyllitischen Gesteine des Grundgebirges werden durch tektonische Störungszonen beeinflusst. Die dominierende Struktur stellt ein Inntal paralleles, gegen Nord bis Nordwest einfallendes Störungssystem dar. Dieses System besteht aus mehreren Einzelstörungen die Mächtigkeiten im Bereich von Metern bis zu Dekametern aufweisen. Zusätzlich treten Einzelstörungen mit unterschiedlicher Orientierung auf.

### 2.2 HYDROGEOLOGIE

Der Grundwasserstrom in den Lockergesteinen findet aufgrund der starken Wechselhaftigkeit meist in mehreren Stockwerken statt. Der größte Anteil fließt entlang der Felsoberfläche bzw. der aufgelagerten Moräne ab bzw.

risorse idriche fase 2 (ILF - relazione intermedia: 2005, aggiornamento settore Herztal: autunno 2006, settore allargamento ovest: inverno 2007/2008).

Un elenco dettagliato di tutta la documentazione di base importante in relazione a questa perizia deve essere dedotto dal capitolo 12.1. Una lista degli elaborati grafici attinenti alla perizia e degli allegati si trova al capitolo 12.3.12.3

## 2 RELAZIONE DI SINTESI

### 2.1 GEOLOGIA

Il cunicolo di soccorso circonvallazione Innsbruck viene scavato nelle rocce della zona della fillade quarzifera di Innsbruck e anche in depositi quaternari prevalentemente glaciali.

I depositi glaciali costituiti prevalentemente da sedimenti morenici, ricoprono l'ammasso roccioso metamorfico di base nel settore della terrazza di Hochterrasse con spessori che variano da numerosi decimetri fino a > 100 m. Questa circostanza e anche il risultato di processi di erosione postglaciali hanno portato a una topografia superficiale che non rappresenta l'andamento della superficie dell'ammasso roccioso di base oppure solo molto limitatamente.

Le rocce del complesso della fillade quarzifera di Innsbruck presentano scistosità intensa con angoli di immersione da piani fino a mediamente inclinati in aree delimitate. Le direzioni di immersione sono variabili a causa di una foliazione ad onde piane. A settori si osserva una dominanza di direzioni di immersione ad ovest e a nord ovvero a sud.

Localmente affiorano inclusioni per lo piú tettonicamente confinate di marmo calcareo e marmo dolomitico come pure di rocce verdi metamorfiche.

Le rocce filladiche dell'ammasso roccioso di base vengono influenzate da zone di faglia tettoniche. La struttura dominante é rappresentata da un sistema di faglie parallelo alla valle di Inntal, con immersione a nord fino a nordovest. Questo sistema é costituito da numerose singole faglie con spessori dell'ordine dei metri fino ai decimetri. Inoltre compaiono singole faglie con orientamento diverso.

### 2.2 IDROGEOLOGIA

A causa della forte variabilità la corrente di falda nelle rocce sciolte avviene per lo piú su numerosi livelli. La maggior parte scorre lungo l'orizzonte roccioso cioè lungo le morene appoggiate cioè canalizzerá attraverso litologie ad elevata

wird durch Lithologien mit erhöhter Durchlässigkeit (z.B. Kiese) kanalisiert.

Das hydrogeologische Modell des präquartären Untergrundes sieht wie folgt aus: Wie sich beim Bau des Bestandstunnels (ILF 1994) zeigte, sind sowohl die Bereiche mit gering tektonisch beanspruchtem Innsbrucker Quarzphyllit wie die Inntal-parallelen Hauptstörungen quasi dicht. Die etwa N – S streichenden sprödetektonischen Zerrüttungszonen und Hauptkluftscharen stellen Zonen erhöhter Durchlässigkeit und aufgrund des Durchschlagens der Inntalrichtungen potentielle Wasserwegigkeiten dar. Die Karbonatkörper sind zwar meist erhöht durchlässig, stehen aber aufgrund der Umschließung durch quasi dichte Störungsgesteinen bzw. Phyllite für einen Grundwasserfluss meist nicht zur Verfügung.

### 2.3 GEOTECHNIK

Entsprechend den Ergebnissen der Untergrunderkundungen und nach Auswertung der vorliegenden Unterlagen und Daten wurden folgende Gebirgsverhaltenstypen (GVT) ermittelt:

Quartäre Ablagerungen:

- standfestes Gebirge für (über-) konsolidiertes Moränenmaterial und Konglomerat (GVT 1)
- Gebirge mit dem Potenzial zu großvolumigen Nachbrüchen und progressivem Scherversagen infolge geringer Verspannung im Bereich von Lockergesteinen mit geringer Überlagerung (GVT 7)
- ausfließen von meist kohäsionslosen, trockenen Lockergesteinen durch den Verlust der Stabilität des Korngerüstes (GVT 8)
- fließendes Gebirge in Abschnitten mit wasserführenden sanddominierten Lockergesteinen (GVT 9)

Innsbrucker Quarzphyllitzone:

- standfestes Gebirge bzw. Gebirge mit gefügebedingten Nachbrüchen in Abschnitten mit intakten Karbonatgesteinen und phyllitischen Gesteinen (GVT 1, GVT 2)
- hohlraumnahe Überbeanspruchung in Bereichen mit reduzierter Gebirgsfestigkeit aufgrund der Verwitterung bzw. einer tektonischen Überprägung der phyllitischen Gesteine (GVT 3)
- tiefreichende Überbeanspruchung in Abschnitten

permeabilität (ad es. ghiaie).

Il modello idrogeologico del sottosuolo pre-quaternario ha il seguente aspetto: come mostrato nella costruzione della galleria esistente (ILF 1994), sia i settori della fillade quarzifera di Innsbruck tettonicamente poco sollecitata come anche le faglie principali parallele alla valle di Inntal sono quasi impermeabili. Le zone di frammentazione tettoniche fragili con andamento ca. N – S e famiglie di fratture principali rappresentano zone ad elevata permeabilità e a causa dell'intersezione delle direzioni di Inntal potenziali vie di flusso dell'acqua. La maggior parte dei corpi carbonatici presenta certamente permeabilità elevata, ma essendo racchiusi da rocce di faglia quasi impermeabili ovvero da filladi non é possibile un flusso di acque sotterranee.

### 2.3 GEOTECNICA

Corrispondentemente ai risultati delle prospezioni del sottosuolo e dopo analisi della documentazione di base e dati disponibili sono stati determinati i seguenti tipi di comportamento dell'ammasso roccioso (GVT):

Depositi del quaternario:

- ammasso roccioso stabile per materiale morenico (sovra-) consolidato e conglomerato (GVT 1)
- ammasso roccioso con potenziale di franamenti di grande volume e progressiva rottura a taglio a causa di scarso ancoraggio nella zona di materiali sciolti con scarsa copertura (GVT 7)
- fuoriuscita di materiali sciolti per lo più privi di coesione, asciutti, a causa della perdita di stabilità dello scheletro solido (GVT 8)
- ammasso roccioso franoso in settori di materiali sciolti acquiferi a dominanza sabbiosa (GVT 9)

Zona della fillade quarzifera di Innsbruck:

- ammasso roccioso stabile ovvero ammasso roccioso con franamenti strutturali in settori di rocce carbonatiche intatte e rocce filladiche (GVT 1, GVT 2)
- sollecitazione oltre il limite elastico nelle vicinanze del cavo in settori a resistenza ridotta dell'ammasso roccioso a causa di alterazione ovvero di deformazione tettonica delle rocce filladiche (GVT 3)
- sollecitazione oltre il limite elastico profonda in

mit intensiver tektonischer Überprägung der phyllitischen Gesteine sowie in Bereichen mit tektonischen Störungsgesteinen (GVT 4)

- Gebirge mit rasch wechselnden Verformungseigenschaften im Bereich von Zonen mit kompetenten Karbonatgesteinsschollen die im Wechsel mit tektonisch überprägten phyllitischen Gesteinen auftreten (GVT 11)

Aufgrund der Erkenntnisse aus dem Bau des Umfahrungstunnels Innsbruck wird für den Flucht- und Rettungsstollen eine Dominanz von Strecken erwartet, die eine spannungsbedingte tiefreichende Entfestigung bzw. Plastifizierung im Gebirge mit großen Deformationen aufweisen.

### 3 AUFGABENSTELLUNG

Für den Rettungsstollen des Umfahrungstunnels Innsbruck sind die vorhandenen Erkundungsmaßnahmen und Erkenntnisse zusammen zu stellen und ein Dokument für das Ausschreibungsverfahren zu erstellen.

Auf Grund einer Planungsänderung ab dem TM 7.000 sollen zusätzlich die geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Analysen erweitert und dem Planungsstand angepaßt werden.

### 4 GEOLOGISCHES MODELL DES PROJEKTGEBIETES

#### 4.1 REGIONALGEOLOGISCHER RAHMEN

Das Bauvorhaben liegt in der ostalpinen Einheit des Innsbrucker Quarzphyllitkomplexes dessen Hauptmasse metamorphe, feinkörnige Sedimentgesteine des Altpaläozoikums bilden. In diese Abfolge sind Lagen von Metakarbonaten sowie saure und basische Orthogesteine eingeschaltet.

#### 4.2 LOKALER GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der östliche Abschnitt des Rettungsstollens (TM 0 bis TM ca. 4.600) liegt in der „silurischen“ Karbonat-Serizitphyllit-Serie, der westliche Abschnitt (TM ca. 4.600 bis zum Bauwerksende bei TM 9.122) liegt in der westlich anschließenden „ordovizischen“ Quarzphyllit-Grünschiefer-Serie die mit einem tektonischen Kontakt („Hasentalstörung“) aneinander grenzen (Haditsch & Mostler 1982, Stingl & Rockenschaub 2005). Charakteristisch für die stratigraphisch höhere Serie sind Quarzphyllite, Serizitphyllite und Chlorit-Serizitphyllite mit Einschaltungen von Kalk- und Dolomitmarmoren. Die stratigraphisch tiefen Anteile setzen sich aus

sektoren ad intensa deformazione tettonica delle rocce filladiche e anche in settori con rocce di faglia tettoniche (GVT 4)

- Ammasso roccioso con caratteristiche di deformazione rapidamente variabili nel settore di zone con zolle di roccia carbonatica competenti che affiorano in alternanza a rocce filladiche a deformazione tettonica (GVT 11)

In base alle conoscenze dalla costruzione della galleria di circonvallazione di Innsbruck, per le gallerie di fuga e di soccorso viene attesa una dominanza di tratte che presentano una riduzione di resistenza profonda causata dalle tensioni ovvero plastificazione nell'ammasso roccioso con grandi deformazioni.

### 3 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Per quanto concerne il cunicolo di soccorso della galleria di circonvallazione Innsbruck, si devono unire gli interventi di prospezione e le conoscenze disponibili per redigere un documento per la procedura autorizzativa.

A seguito della modifica del progetto (si veda l'illustrazione (quadro di progetto), dalla progressiva m 7.000 dovrebbero essere approfondite le analisi geologiche, idrogeologiche e geotecniche e adattato lo stato del progetto.

### 4 MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO

#### 4.1 CONTESTO GEOLOGICO REGIONALE

Il progetto é localizzato nell'unità alpina orientale del complesso della fillade quarzifera di Innsbruck, le cui masse principali costituiscono le rocce sedimentarie metamorfiche a grana fine dell'Antico Paleozoico. In questa successione sono incluse stratificazioni di metacarbonati come pure di ortorocce acide e basiche.

#### 4.2 CONTESTO GEOLOGICO A SCALA LOCALE

Il tratto ad est della galleria di soccorso (da progressiva metri 0 fino a a progressiva metri ca. 4.600) è localizzato nella serie delle filladi sericitiche – carbonatiche „siluriche“, il tratto ad ovest (prog. m ca. 4.600 fino alla fine dell'opera costruttiva presso prog. m 9.122) come pure il cunicolo finestra si trovano nella serie della fillade quarzifera „ordoviciana“ – scisto verde confinante ad ovest che sono l'uno con l'altro attigui ad un contatto tettonico (faglia di Hasental), (Haditsch & Mostler 1982, Stingl & Rockenschaub 2005). Caratteristici per la serie stratigrafica più elevata sono la fillade quarzifera, la fillade sericitica e la fillade sericitica - cloritica con inserzioni di marmi calcarei e

Quarzphylliten zusammen, in welche Grünschiefer eingeschaltet sind.

Der Quarzphyllit ist großflächig von Moränensedimenten bedeckt. Östlich von Ampass liegen die Moränensedimente z.T. auf Terrassenkiesen. Die Moränenablagerungen werden lokal von Eisrandsedimenten bedeckt. In den Kiesen können lokal Konglomeratlagen auftreten. Entlang von Gerinnen treten rezente Alluvionen und Schwemmfächer auf.

Durch glaziale Erosionsprozesse wurde die Oberflächenform des Grundgebirges stark überprägt wobei die Erosion bevorzugt entlang von tektonisch angelegten Schwächezonen erfolgte.

Im Projektgebiet des Rettungstollens ist der Verlauf der Grundgebirgsoberfläche durch eine Mulde im östlichen Abschnitt des Rettungstollens (ca. TM 760 bis ca. TM 940) sowie durch einen Rücksprung der Felsflanke im Bereich des Hasental (ca. TM 4.400 bis ca. TM 4.700) geprägt. Die o.a. Mulde ist mit Grundmoränensedimenten verfüllt. Im Bereich des Hasentales wurden in Erkundungsbohrungen für den Umfahrungstunnel Innsbruck relativ trassennahe mächtige quartäre Lockergesteinsablagerungen aufgeschlossen (KB 7, KB 8, KB 14, KB 14b, Erkundungsprogramm 1986, ILF 1986), die z.T. bis auf Tunnelniveau reichen (KB 8). Entsprechend dieser Erkundungsergebnisse und der Ergebnisse der baugeologischen Dokumentation des Umfahrungstunnels Innsbruck (ILF 1994) kann der minimale (horizontale) Abstand zwischen dem Rettungstollen und der Felsoberfläche mit ca. 200 m geschätzt werden.

### 4.3 LITHOSTRATIGRAFISCHER AUFBAU

Eine ergänzende Beschreibung der lithologischen Einheiten des Projektgebiets inklusive Abbildungen ist dem Dokument „ANLAGE Aufschlussbeschreibung“ mit der Plannummer D0140-00153 zu entnehmen.

#### 4.3.1 Lockergesteine

Bei den relevanten Lockergesteinen handelt es sich um glaziale und postglaziale Sedimente. Die Lockergesteine bestehen aus Terrassenkiesen, Moränensedimenten, umgelagerten bzw. ausgewaschenen Moränenablagerungen gröberer Körnung, Eisrandsedimenten (Tone bis Kiese) und Hangschutt.

##### 4.3.1.1 Hangschutt

Bei den Hangschuttsedimenten handelt es sich um locker bis mitteldicht gelagerte sandige Kiese bis kiesige Sande, die z.T. einen geringen Schluffgehalt aufweisen sowie stein- und blockführend sein können. Bei den

dolomiti. Le parti stratigraficamente profonde sono composte da filladi quarzifere con inserzioni di scisto verde.

La fillade quarzifera è ricoperta su vasta area da sedimenti morenici. Ad est di Ampass i sedimenti morenici sono localizzati in parte su terrazze di ghiaia. I depositi morenici vengono ricoperti localmente da sedimenti glaciali laterali. Nelle ghiaie possono localmente affiorare strati di conglomerati. Lungo i torrenti affiorano alluvioni recenti e con alluvionali.

La forma della superficie dell'ammasso roccioso di base è stata fortemente caratterizzata da processi di erosione glaciali, per cui l'erosione ha avuto preferibilmente luogo lungo zone deboli tettonicamente caratterizzate.

Nella zona di progetto del cunicolo di soccorso l'andamento della superficie dell'ammasso roccioso di base è caratterizzato da un avvallamento nel settore orientale del cunicolo di soccorso (ca. TM 760 fino a ca. TM 940) e anche da un avvallamento del fianco roccioso nella zona della valle di Hasental (ca. TM 4.400 fino a ca. TM 4.700). L'avvallamento di cui sopra è riempito da sedimenti morenici di fondo. Nella zona della valle di Hasental nelle trivellazioni dei sondaggi per la galleria di circonvallazione di Innsbruck sono stati documentati potenti depositi quaternari di materiale sciolto (KB 7, KB 8, KB 14, KB 14b, programma di prospezione 1986, ILF 1986), che in parte raggiungono il livello della galleria (KB 8). Conformemente ai risultati di queste prospezioni e ai risultati della documentazione geologico-costruttiva della galleria di circonvallazione di Innsbruck (ILF 1994) la distanza minima (orizzontale) tra il cunicolo di soccorso e l'orizzonte roccioso può essere stimato pari a ca. 200 m.

### 4.3 STRUTTURA LITOSTRATIGRAFICA

Una descrizione integrativa delle unità litologiche dell'area di progetto incluse le illustrazioni va dedotta dall'„ALLEGATO Descrizione dell'affioramento“ con il numero di progetto D0140-00153.

#### 4.3.1 Materiali sciolti

I materiali sciolti rilevanti sono composti da sedimenti glaciali e postglaciali. I materiali sciolti sono costituiti da ghiaie terrazzate, sedimenti morenici, depositi morenici rimaneggiati ovvero dilavati di granulometria più grossolana, depositi periglaciali di contatto glaciale (argille fino a ghiaie) e detrito di falda.

##### 4.3.1.1 Detrito di falda

Per i sedimenti di detrito di falda si tratta di ghiaie sabbiose da sciolte a mediamente addensate fino a sabbie ghiaiose, che in parte presentano scarso contenuto in limo come possono pure contenere possibili ciottoli e blocchi. Per le

Grobkomponenten dominieren kantige bis kantengerundete phyllitische Gesteinsbruchstücke sowie untergeordnet Derbyquarz-komponenten. Eine klare Abgrenzung dieser Ablagerungen zu Eisrandsedimenten ist z.T. nicht möglich.

#### 4.3.1.2 Eisrandsedimente

Bei den Eisrandsedimenten handelt es sich um glazio-fluviatile Sedimente, die genetisch mit den glazialen Sedimenten eng verknüpft sind. Je nach Fließgeschwindigkeit des Transportmediums Wasser weisen sie einen unterschiedlichen Sortierungsgrad auf. Im Projektgebiet sind zumeist kiesig - schluffige Sande und tonig - sandige Schluffe zu finden. Lokal wurden aber auch sandige Kiese bzw. schluffige Tone abgelagert. Eisrandsedimente kennzeichnen sich prinzipiell durch eine geringe Lagerungsdichte und (abgesehen von den Ruhigwasserablagerungen) durch eine erhöhte bis hohe Wasserdurchlässigkeit. Auf Grund der Genese ist eine klare Abgrenzung zu Moränenablagerungen nicht überall möglich.

#### 4.3.1.3 Moränensedimente

Die Moränensedimente liegen in typisch weitgestufter Körnung vor. Es handelt sich um Schluff – Sand – Kiesgemische, die wechselnd steinig sind und gelegentlich Findlinge (dokumentierte Durchmesser: 200 cm) führen. Innerhalb der Moränenablagerungen ist eine Unterscheidung nach einer Vormacht von bestimmten Korngrößen, der Konsistenz bzw. der Lagerungsdichte sowie dem Grad der Konsolidierung möglich. Oberflächennahe treten aufgelockerte, durchfeuchtete, weich bis steife Typen auf. Mit zunehmender Überlagerung liegen die Moränensedimente bergfeucht mit steifer bis fester Konsistenz vor, die aufgrund einer Überkonsolidierung z.T. festgesteinsähnliche Eigenschaften hinsichtlich ihrer Lösbarkeit aufweisen können.

#### 4.3.1.4 Umgelagerte Moränensedimente

Bei den umgelagerten bzw. auch ausgeschwemmten Moränensedimenten handelt es sich um lagen- und linsenförmige Einschaltungen von sand- oder kiesdominierten, feinkornarmen bis feinkornlosen Lockergesteinen in Moränensedimente. Die dokumentierte Mächtigkeit von solchen Sandlagen (Nordportal Umfahrungstunnel Innsbruck) beträgt maximal 2,5 m.

#### 4.3.1.5 Terrassenschotter

Bei den Terrassenschottern („Liegendschotter“) handelt es sich um gut gerundete Kiese und Sande die einen wechselnden Anteil an Karbonatkomponenten aufweisen.

komponenten a grana grossa sono dominanti frammenti di roccia filladica da spigolosi ad arrotondati come pure secondariamente anche componenti di quarzo derbitico. Una netta definizione di questi depositi a sedimenti di contatto glaciale in parte non è possibile.

#### 4.3.1.2 Sedimenti morenici

Si tratta di sedimenti glaciali fluviali geneticamente strettamente associati ai sedimenti glaciali. A seconda della velocità di scorrimento del mezzo di trasporto acqua presentano un grado di selezione diverso. Nell'area di indagine si trovano soprattutto sabbie ghiaiose-limose e limi argillosi-sabbiosi. Nell'area di progetto si trovano anche sedimentazioni di ghiaie sabbiose ovvero di argille limose. I depositi periglaciali di contatto glaciale sono principalmente caratterizzati da una scarsa densità di sedimentazione e (eccetto i depositi di acqua dolce) da una permeabilità elevata fino ad alta. A causa della genesi non risulta sempre possibile una chiara differenziazione dai depositi di tipo morenico.

#### 4.3.1.3 Sedimenti morenici

I sedimenti morenici presentano una tipica curva granulometrica estesa. Si tratta di miscele di ghiaia e limo e sabbia, in alternanze ciottolose di quando in quando con trovanti (diametro documentato: 200 cm). All'interno dei depositi glaciali è possibile una distinzione a seconda della prevalenza di certe granulometrie, della consistenza ovvero della compattezza dello strato e anche del grado di consolidazione. Superficialmente affiorano tipologie allentate, umide da molli fino a solide. All'aumentare della copertura i depositi glaciali presentano umidità naturale e consistenza da rigida a resistente, che a causa di una sovraconsolidazione possono presentare parzialmente proprietà simili alla roccia compatta per quanto riguarda la solubilità delle stesse.

#### 4.3.1.4 Sedimenti morenici, rimaneggiati

I sedimenti morenici rimaneggiati ovvero anche con effetto di erosione sono intercalazioni stratificate e lenticolari di materiali sciolti prevalentemente sabbiosi oppure ghiaiosi, da poveri fino a privi di parti fini all'interno di sedimenti morenici. Lo spessore documentato massimo di tali stratificazioni di sabbia (Portale Nord galleria di circonvallazione di Innsbruck) è pari a ca. 2,5 m.

#### 4.3.1.5 Terrazzi di pietrisco

I terrazzi di pietrisco („pietrisco giacente“) sono composte da ghiaie e sabbie ben arrotondate che presentano un'aliquota variabile di componenti carbonatici.

#### 4.3.2 Festgesteine

Die folgenden Gesteinsarten treten im Untersuchungsbereich auf:

- Konglomerate
- Quarzphyllit
- Serizitphyllit
- Serizit-Chlorit-Quarzphyllit mit wechselnden Glimmeranteilen
- Karbonat-Chlorit-Quarzphyllit
- Karbonat-Quarzphyllit
- Serizit-Quarzschiefer
- (biotitreiche) Grünschiefer
- Biotitschiefer
- Kalk- und Dolomitmarmor

Der Quarzphyllit stellt die dominierende Gesteinsart dar. Zwischen den phyllitischen Gesteinen treten vielfach kontinuierliche Übergänge zwischen den unterschiedlichen Gesteinsarten auf. Die Gesteine treten sowohl in Form von annähernd homogenen Bereichen mit Mächtigkeiten bis zu mehreren Dekametern als auch in Form von engen Wechsellagerungen im dm-, cm- und mm-Bereich auf.

Im Folgenden werden die einzelnen Gesteinsarten entsprechend den verfügbaren Informationen im Detail beschrieben:

Nicht metamorphe Gesteine (Quartär)

##### 4.3.2.1 Konglomerat

Konglomerate treten innerhalb der glazialen Sedimente in Form von Lagen und unregelmäßig geformten Konkretionskörpern auf. Bei den Konglomeraten handelt es sich um in sich massig ausgebildete, verkittete Terrassenschotter sowie um verkittete Eisrandsedimente.

Metamorphe Gesteine (Altpaläozoikum)

##### 4.3.2.2 Phyllite

Die phyllitischen Gesteine werden durch die jeweils dominanten Mineralarten bestimmt und sind nur unter dem Mikroskop bzw. mittels Röntgendiffraktometrie zuverlässig bestimmbar. Makroskopisch sind diese Gesteinsarten meist durch Farbe und durch Unterschiede in der Textur und Struktur unterscheidbar, jedoch nicht petrographisch bestimmbar. Die Gesteinsbezeichnungen stammen von Dünnschliffuntersuchungen, die an Proben aus dem Inntaltunnel durchgeführt wurden. Weitere

#### 4.3.2 Rocce compatte

Nella zona di indagine si ha la comparsa dei seguenti tipi di roccia:

- Conglomerati
- filladi di quarzo
- filladi sericitiche
- filladi sericitiche–clorotiche–quarzitiche con alternanza di miche
- filladi carbonatiche-cloritiche
- filladi di quarzo–carbonatiche
- scisto quarzoso sericitico
- scisti verdi (ricchi in biotite)
- scisto di biotite
- marmo calcareo e dolomitico.

La fillade quarzifera rappresenta il tipo di roccia dominante. Tra le rocce filladiche sono spesso presenti continui passaggi tra tipi di roccia differenti. Le rocce sono affioranti affiorano sia a settori approssimativamente omogenei con spessori fino al pluridecametro come anche in forma di strette alternanze stratigrafiche con range dei dm, cm e mm.

Di seguito vengono descritti in dettaglio i singoli tipi di roccia conformemente alle informazioni disponibili:

Rocce non metamorfiche (quaternario)

##### 4.3.2.1 Conglomerato

Conglomerati affiorano all'interno dei depositi glaciali in forma di strati e corpi di concrezione di forma irregolare. Per i conglomerati trattasi di massicci terrazzi di pietrisco, e anche di depositi periglaciali di contatto glaciale.

Rocce metamorfiche (Paleozoico antico)

##### 4.3.2.2 Filladi

Le rocce filladiche vengono determinate dai tipi di minerali di volta in volta dominanti e sono definibili con sicurezza solo al microscopio ovvero mediante diffrattometro a raggi X. Questi tipi di roccia sono macroscopicamente differenziabili attraverso il colore e differenze di tessitura e struttura, tuttavia non sono petrograficamente definibili. Le denominazioni dei tipi di roccia derivano dalle analisi su lastrina levigata, eseguite su campioni della galleria di Inntal. Ulteriori analisi di campioni condurrebbero



Probenuntersuchungen würden möglicherweise zu weiteren Differenzierungen führen.

Die Schwankungsbreite der Mineralgehalte in den phyllitischen Gesteinen sind sehr groß und reichen von 0% bis > 60 %. Ursache dafür sind die primären Materialunterschiede während der Sedimentation als sandiges, tonig-schluffiges oder karbonatisches Material wie auch Unterschiede im Metamorphosegrad. Mineralogisch setzt sich der Quarzphyllit aus Quarz, Serizit, Chlorit und untergeordnet aus Feldspat sowie geringen Gehalten an Erzen zusammen. Diese Mineralphasen sind lagenförmig angeordnet. Charakteristisch für den Quarzphyllit sind mm bis cm dicke Quarzlinsen. Tektonisch überprägte zerscherte Phyllite weisen oft schmierige, graphitische Trennflächenbesteige auf. Durch eine mehrphasige metamorphe und tektonische Beanspruchung sind in den phyllitischen Gesteinen mehrere Schieferungs- und Faltensysteme ausgebildet. Durch die intensive Foliation bzw. Schieferung besitzen die Gesteine eine ausgeprägte Anisotropie.

#### 4.3.2.3 Kalkmarmor, Dolomitmarmor

Petrographisch handelt es sich bei den Karbonatgesteinen um meist hellgrau bis grau gebänderte Kalkmarmore. Neben massigen, mittelkörnigen, reinen Kalkmarmoren finden sich auch geschieferte, unreine Hellglimmer- und quarzführende Marmore. Untergeordnet treten auch feinkörnige weiße bis graue Dolomitmarmore auf.

Bei den Karbonatgesteinen handelt es sich um primäre Einlagerungen innerhalb der phyllitischen Gesteinsserie. Die Karbonatgesteine sind vielfach tektonisch beansprucht, ausgedünnt, geschert, linsenförmig deformiert und häufig tektonisch abgegrenzt. Sie treten entlang des Rettungstollens innerhalb eines ca. 1.600 m langen Abschnittes auf. Über eine Strecke von ca. insgesamt 500 m liegt der gesamte Tunnelquerschnitt innerhalb einer Karbonatgesteinsscholle, die gegen Westen tektonisch verschuppt als Wechsellagerung zusammen mit Chloritphylliten, Serizit-Quarzitschiefern vorliegt.

Die in sich geklüfteten und teilweise zerscherten Karbonatgesteine besitzen keine gefügebedingte Anisotropie.

#### 4.3.2.4 Grünschiefer

Es handelt sich um ein meist dunkelgrünes Gestein von mäßig hoher bis hoher Festigkeit. Die Ausbildung der Grünschiefer reicht von engständig geschiefert bis massig.

probabilmente ad ulteriori differenziazioni.

I margini di oscillazione del contenuto di minerali nelle rocce filladiche sono molto grandi e variano dallo 0% fino a > 60 %. Le cause sono le differenze primarie del materiale durante la sedimentazione avvenuta come materiale sabbioso, argilloso-limoso oppure carbonatico come anche differenze nel grado di metamorfosi. Mineralogicamente la fillade quarzifera è composta da quarzo, sericite, clorite e secondariamente da feldspati come anche da scarsi contenuti di bronzo. Queste fasi minerali sono disposte per strati. Caratteristiche per le filladi quarzifere sono lenti di quarzo dello spessore dal mm al cm. Le filladi caratterizzate tettonicamente presentano spesso strati scivolosi, grafitici. A causa di una sollecitazione metamorfica polifasica e tettonica nelle rocce filladiche si ha formazione di numerosi sistemi scistosi e di pieghe. Attraverso l'intensiva foliazione ovvero scistosità le rocce presentano una spiccata anisotropia.

#### 4.3.2.3 Marmo calcareo, marmo dolomitico

Petrograficamente le rocce carbonatiche sono composte per lo più da marmi calcarei a bande di colore da grigio chiaro a grigio. Accanto ai marmi calcarei puri massicci, di media granulometria si trovano anche miche chiare impure scistose e marmi quarzosi. Secondariamente si ha anche la comparsa di marmi dolomitici minuti da bianchi a grigi.

Le rocce carbonatiche sono composte da intercalazioni primarie all'interno della serie di rocce filladiche. Le rocce carbonatiche sono sollecitate tettonicamente più volte, allungate, tagliate, a deformazione lenticolare e spesso tettonicamente delimitate. Fanno comparsa lungo la galleria di soccorso in un tratto lungo ca. 1.600 m. Su di una lunghezza di complessivamente ca. 500 m tutta la sezione della galleria si trova all'interno di una scaglia di roccia carbonatica, affiorante in direzione ovest tettonicamente scagliata in alternanza con filladi cloritiche, scisti quarziticci e sericitici.

Le rocce carbonatiche fratturate e parzialmente tettonizzate non presentano alcuna anisotropia strutturale.

#### 4.3.2.4 Scisti verdi

Si tratta di una roccia prevalentemente di colore verde scuro, di stabilità medio-alta. Per quanto concerne la formazione, scisti verdi possono presentarsi da intensamente foliati a massicci.

Dünnschliffanalysen stufen das Gestein als einen biotitreichen und/oder aktinolithreichen Grünschiefer einer prograden, der unteren Grünschieferfazies entsprechenden Metamorphose ein. Bereichsweise konnte ein hoher Pyrit-Anteil beobachtet werden.

Der Grünschiefer bildet Linsen, kommt als einzelne Lage oder auch als größerer Gesteinskörper vor. In Einzelfällen ist die synsedimentäre Stellung eindeutig, meistens ist der Grünschiefer jedoch tektonisch begrenzt. Das unmittelbare Nebengestein weist häufig einen relativ erhöhten Zerlegungsgrad auf.

Im Inntaltunnel wurde häufiger ein geringer bis mäßiger Wasserandrang beschrieben. Dieser ist jedoch meist örtlich sehr begrenzt und hat langfristig eine rückläufige Tendenz. In Folge des Wasservorkommens weist das Nebengestein meist einen erhöhten Verwitterungsgrad auf.

#### **4.3.3 Störungsgesteine**

##### **4.3.3.1 Kataklasit, Kakirit, Fault Gouge**

Bei den Störungsgesteinen dominieren überwiegend feinkörnige, tonig-schluffige Typen, in die z.T. unterschiedlich große Gesteinsfragmente des Ausgangsgesteins eingebettet sein können. Es treten sowohl Typen auf die intern von Störungsflächen (Harnisch- bzw. Spiegelharnischflächen) durchtrennt sind als auch vollständig strukturelose, plastische Kakirite, die als homogen bezeichnet werden können. Entsprechend den durchgeführten tonmineralogischen Analysen weisen die Störungsgesteine keine signifikanten Gehalte an quellfähigen Tonmineralen auf. Die Störungsgesteine sind aufgrund ihres hohen Feinkornanteils als sehr wasserempfindlich einzustufen. Die Mächtigkeit dieser Störungsgesteine reicht von tonigen Bestegen auf Trennflächen bis zu mehreren Dekametern mächtigen Kakiriten.

#### **4.4 STRUKTURGEOLOGISCHER AUFBAU**

Die Trasse des Rettungstunnels streicht im Portalbereich Tulfes etwa N–S, schwenkt jedoch etwa auf ein ONO–WSW Streichen ein, welches ab ca. TM 3.000 durchwegs gilt. Ab ca. TM 9.000 schwenkt die Achse Richtung Süden, um mit einer NNW–SSE Orientierung in den Verbindungstunnel zum Brennerbasistunnel anzubinden.

##### **4.4.1 Übersicht**

Die Gesteine des Innsbrucker Quarzphyllitkomplexes weisen eine intensive Schieferung mit flachen bis mittelsteilen Einfallswinkeln auf. Die Einfallrichtungen variieren aufgrund einer flachwelligen Verfallung. Bereichsweise ist eine Dominanz von Einfallrichtungen

Da quanto risulta dalle analisi con lastrina, la roccia si classifica come scisti verdi ricchi di biotite e/o actinolite di una metamorfosi da progradazione corrispondente alla lente inferiore degli scisti verdi. A tratti si è potuta osservare una frazione elevata di pirite.

Gli scisti verdi formano lenti, si presentano a strati singoli o in corpi di roccia di grandi dimensioni. In casi isolati la posizione è chiara, più spesso gli scisti verdi sono tettonicamente limitati. La roccia immediatamente confinante presenta spesso un grado di fratturazione abbastanza elevato.

Nella galleria Inntal è stata spesso descritta un'affluenza idrica medio-bassa. Questa è tuttavia quasi sempre localmente limitata e tende a diminuire con il tempo. A causa delle risorse idriche, la roccia vicina mostra per lo più un elevato grado di alterazione.

#### **4.3.3 Rocce di faglia**

##### **4.3.3.1 Cataclasite, cachirite, Fault Gouge**

All'interno delle rocce di faglia dominano prevalentemente tipologie argillose-limose a grana fine, nelle quali in parte diversamente possono essere annegati frammenti di grosse dimensioni della roccia madre. Affiorano sia tipologie che all'interno dei piani di faglia (facce di pressione e scorrimento) risultano tagliate come anche completamente prive di struttura, cachiriti plastiche, che possono essere definite omogenee. Secondo le analisi mineralogiche eseguite, le rocce di faglia non presentano contenuti significativi di minerali argillosi rigonfianti. Le rocce di faglia devono essere classificate come molto sensibili all'acqua a causa dell'alto contenuto granulometrico sottile. Lo spessore di queste rocce di faglia varia da quello degli strati argillosi su fratture fino ai numerosi decimetri delle cachiriti.

#### **4.4 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE**

Il tracciato della galleria di soccorso nella zona di portale ha andamento ca. N–S, da progressiva ca. 3.000 cambia di direzione per orientarsi ca. a ENE–OSO. A partire circa dalla progressiva 9.000, l'asse devia in direzione sud, per allacciarsi, con orientamento NNO–SSE alla galleria di collegamento alla Galleria di base del Brennero.

##### **4.4.1 Introduzione**

Le rocce del complesso della fillade quarzifera di Innsbruck presentano elevata scistosità con angoli di immersione da piani fino a mediamente inclinati. Le direzioni di immersione variano a causa di una leggera foliazione. A settori viene osservata una dominanza di direzioni di immersione verso

gegen nördliche bzw. südliche Richtungen sowie gegen Westen festzustellen.

Die phyllitischen Gesteine des Grundgebirges werden durch tektonische Störungszonen beeinflusst. Die dominierende Struktur stellt ein Inntal paralleles, gegen Nord bis Nordwest einfallendes Störungssystem dar. Dieses System besteht aus mehreren Einzelstörungen die Mächtigkeiten im Bereich von Metern bis zu Dekametern aufweisen. Zusätzlich treten Einzelstörungen mit unterschiedlicher Orientierung auf.

#### **4.4.2 Metamorphe Deformationsabfolge**

Die Gesteine wurden mehrfach metamorph überprägt und weisen eine ausgeprägte Schieferung sowie eine Isoklinalverfaltung auf. Durch eine offene Faltung der Gesteine mit NO–SW orientierten Faltenachsen wechselt die Orientierung der Schieferungsflächen von nördlichen über horizontale Lagerung zu südlichen Einfallrichtungen. Es überwiegen flache bis mittelsteile Einfallswinkel. Abweichungen von den genannten Einfallrichtungen sind auf Faltungen und/oder Verstellungen an Störungen zurückzuführen.

Der überwiegende Teil des Rettungstunnels wird annähernd parallel zum Streichen der Schieferung aufgefahren. Einzig die östlichsten 3 km sind durch einen Vortrieb annähernd quer zum Schieferungsstreichen gekennzeichnet.

#### **4.4.3 Postmetamorphe Deformation**

Das Klufflächengefüge ist charakterisiert durch das Auftreten von ein bis drei ausgebildeten Kluftsystemen. Im östlichen Abschnitt des Bearbeitungsgebietes (ca. TM 500 bis ca. TM 2.700) überwiegen steil N bzw. S fallende Klüfte die zusammen mit den bereichsweise parallel streichenden Schieferungsflächen eine hohe Teilbeweglichkeit bewirken. Untergeordnet treten nach NO- und SW-einfallende Klufflächen auf.

Im westlichen Abschnitt (ca. TM 4.000 bis TM 9.122) dominieren zwei Klufflächenscharen. Die eine Flächenschar streicht SO–NW und fällt dominant nach NNO bis NO, untergeordnet nach SW ein. Die zweite Kluftchar streicht N-S und fällt dominant nach O, untergeordnet nach W, ein.

In Abschnitten mit tektonisch stark gestörten Phylliten sind aufgrund der intensiven Durchbewegung i.A. keine Klufflächenscharen ausgebildet.

#### **4.4.4 Wichtige Störungen im Trassenkorridor**

Im Quarzphyllitkomplex des Untersuchungsgebietes sind

nord ovvero sud come pure ad ovest.

Le rocce filladiche dell'ammasso roccioso di base sono influenzate da zone di faglia tettoniche. La struttura dominante rappresenta un sistema di faglia parallelo alla valle di Inntal, con direzione di immersione a nord fino a nord-ovest. Questo sistema é costituito da numerose singole faglie con spessori che variano dai metri fino ai decametri. Inoltre si ha la comparsa di faglie singole con orientamento differente.

#### **4.4.2 Successione deformativa metamorfica**

Le rocce sono state più volte caratterizzate metamorfologicamente e presentano spiccata scistosità come anche piegature isoclinali. Per la foliazione aperta delle rocce con assi di foliazione orientati a NE–SO, l'orientamento delle superfici di scistosità varia da immersioni verso nord con giacitura orizzontale a immersioni verso sud. Prevalgono angoli di immersione da piani a mediamente inclinati. Deviazioni dalle nominate direzioni di immersione devono essere ricondotte a pieghe e/o spostamenti di faglie.

La maggior parte del cunicolo di soccorso viene scavato parallelamente all'andamento della scistosità. Solamente i 3 chilometri più ad est sono caratterizzati da uno scavo prevalentemente trasversale rispetto alla direzione delle scistosità.

#### **4.4.3 Deformazione postmetamorfica**

La struttura dei piani di frattura è caratterizzata dalla comparsa di 1 fino a 3 sistemi di frattura formati. Nel tratto ad est della zona di elaborazione (progressiva m ca. 500 fino a progressiva m ca. 2.700) si ha prevalenza di fratture ad inclinazione elevata a nord ovvero a sud, che insieme con le superfici di scistosità con andamento a settori parallelo sono causa di alta mobilità parziale. Secondariamente affiorano superfici di frattura con inclinazione in direzione NE e SO.

Nel settore ovest (prog. m ca. 4.000 fino a prog. m 9.122) dominano due serie di piani di frattura. Una serie di piani ha andamento SE-NO ed è inclinata nella direzione dominante di NNE fino a NE, secondariamente a SO. La seconda serie di piani ha andamento N–S e inclinazione dominante E, secondariamente ad O.

Nei settori delle filladi tettonicamente fortemente disturbate a causa dell'intenso movimento non si ha in generale la formazione di serie di piani di frattura.

#### **4.4.4 Faglie importanti nel corridoio di tracciato**

Nel complesso della fillade quarzifera della zona di indagine

spröde tektonische Störungen sehr verbreitet. Es dominieren NO–SW streichende, mittelsteil gegen nordwestliche Richtungen einfallende Störungen sowie steilstehende Störungen mit NNW–SSO bis NNO–SSW orientierten Streichrichtungen. Zusätzlich weisen die phyllitischen Gesteine vielfach eine Schieferungsparallele Zerschörung auf. Im Bereich dieser Störungszonen sind die phyllitischen Gesteine zu tonig–schluffigen Störungsgesteinen umgewandelt (Kataklasite, Kakirite, „Fault Gouge“). Die Mächtigkeit dieser Störungsgesteine reicht von tonigen Bestegen auf Schieferungsflächen bis zu mehreren Dekametern mächtigen Kakiriten.

Das dominierende tektonische Element im Projektgebiet stellt eine mittelsteil gegen NW bis NNW einfallende, mächtige Störungszone dar

Entsprechend den Kenntnissen aus dem Bau des Umfahrungstunnels Innsbruck verläuft diese Störungszone schließend bis parallel zum Haupt- und Rettungstollen, sodass große Strecken des Bauwerkes in oder im Nahbereich zu dieser Störungszone zu liegen kommen.

Anzumerken ist, daß im Bereich TM 2700 – TM 4800 im Bestandstunnel erhebliche Setzungen gemessen wurden. Diese Setzungen stehen im direkten Zusammenhang mit der oben beschriebenen Störung (siehe auch D0642-00422). Auf der gesamten genannten Länge betragen die Setzungen > 15 cm und erreichen ihr Maximum bei ca. TM 3200 mit bis zu 90 cm.

Es ist davon auszugehen, daß der Rettungstollen weniger von diesem Störungssystem beeinflusst wird als der Umfahrungstunnel Innsbruck. Nach Auswertung der Daten könnte die Störung in den Bereichen TM 2500 – TM 2700 und TM 4500 – TM 4800 den Querschnitt des Rettungstollens schneiden und damit auch zu erhöhten Konvergenzen führen (vergleiche D0642-00422). Für eine genauere Beschreibung der Gebirgsverhältnisse siehe Kapitel 4.5.7.

#### 4.4.5 Neotektonik

Die Beurteilung des Einflusses neotektonischer Prozesse auf die Bauwerke im Planungsraum erfolgt auf Basis des Berichtes zur Neotektonik (Geoteam 2006). Im Folgenden werden Resultate dieser Bearbeitung sowie Empfehlungen für weiterführende Untersuchungen, soweit sie den gegenständlichen Projektraum betreffen, auszugsweise zitiert.

##### 4.4.5.1 Ergebnisse

- Die strukturgeologischen Ergebnisse, die Erdbeben und die geodätischen Daten belegen

sind sehr diffuse faglie tettoniche fragili. Dominant sind die faglie mit andamento NE–SO, mediante inclinate a nord-ovest, come pure faglie a forte inclinazione orientate a NNO–SSE fino a NNE–SSO. Gli ammassi rocciosi filladici presentano inoltre spesso frammentazione parallela alle scistosità. Nel settore di queste zone di faglia le rocce filladiche hanno subito una trasformazione in rocce di faglia argillose–limose (cataclasite, cachirite, „Fault Gouge“). Lo spessore di queste rocce di faglia varia dai sottili strati argillosi sui piani di scistosità ai numerosi decimetri delle cachiriti.

L'elemento tettonico dominante nella zona di progetto è rappresentato da un'importante zona di faglia mediante inclinata a NO fino a NNO.

Corrispondentemente alle conoscenze derivanti dalla costruzione della galleria di Circonvallazione di Innsbruck, questa zona di faglia ha andamento da quasi parallelo a parallelo rispetto alla galleria principale e di soccorso, cosicché grandi tratte dell'opera ricadono all'interno oppure nelle vicinanze di questa zona di faglia.

Si osserva che in corrispondenza delle progressive m 2700 – 4800 nella galleria esistente sono stati rilevati cedimenti significativi, ricollegabili direttamente alla faglia sopra descritta (si veda anche D0642-00422). Su tutta la lunghezza descritta i cedimenti sono > 15 cm e raggiungono la dimensione massima di 90 cm alla progressiva 3200.

Si presuppone che il cunicolo di soccorso sarà influenzato da questo sistema di faglia meno della circonvallazione Innsbruck. Secondo la valutazione dei dati, la faglia potrebbe attraversare la sezione del cunicolo di soccorso in corrispondenza delle progressive 2500 – 2700 e 4500 – 4800 e causare un aumento della convergenza (cfr. D0642-00422). Per la descrizione dettagliata delle condizioni dell'ammasso si rimanda al capitolo 4.5.7.

#### 4.4.5 Tettonica recente

La valutazione dell'influsso di processi tettonici recenti sulle costruzioni nell'area di progettazione avviene in base alla relazione sulla tettonica recente (Geoteam 2006). Di seguito vengono in parte citati i risultati di questa elaborazione e anche le raccomandazioni per le indagini che continuano, fino a quando riguardano la zona di progetto in oggetto.

##### 4.4.5.1 Risultati

I risultati geologici strutturali, i dati sismici e geodetici documentano chiaramente che nell'area di progetto devono

eindeutig, dass im Projektgebiet mit aktiven Bewegungsvorgängen an Störungen gerechnet werden muss.

- Die Ergebnisse der grobmaschigen Permanent – GPS–Stationen des EPN–Netzes (EUREF permanent GPS Network) lassen den Schluss zu, dass die Bewegungsraten aller aktiven Störungen unter 1 mm pro Jahr liegen.
- Aufgrund der Bestandsdaten kann nur ein grobes, vorläufiges Bild gezeichnet werden. Folgende Störungen im engeren Projektraum erscheinen als potenziell aktiv: Inntalstörung und damit assoziierte Störungen. Von diesem Störungssystem geht jedenfalls das größte seismische Gefährdungspotenzial aus. Ob nur die Störung unterhalb der Talfüllung im Inntal selbst, oder auch damit assoziierte Störungen südlich davon aktiv sind, kann aufgrund der Bestandsdaten nicht eindeutig festgelegt werden. Die Hauptstörung streicht östlich von Innsbruck etwa ONO-WSW.

#### **4.5 GEOLOGISCHE PROGNOSE RETTUNGSSTOLLEN**

Die geologische Prognose für den Rettungstollen basiert im Wesentlichen auf den Ergebnissen der Auswertung der:

- Umfahrung Innsbruck, Inntaltunnel, Baugeologische Dokumentation (ILF 1994)
- Interpretation, Aus- und Einarbeitung der baugeologischen Dokumentation des Umfahrungstunnels Innsbruck (Stingl & Rockenschaub 2005)
- Bohrkernaufnahmen der Bohrungen 1986 (ILF)

Die geologische Prognose Rettungstollen ist im Plan „Geologischer Längenschnitt Rettungstollen“ (Maßstab 1 : 5000) dargestellt.

##### **4.5.1 Gebirgsbereich 1 TM 0 – ca. TM 170**

Länge des Gebirgsbereichs 1: ca. 170 m

Im Gebirgsbereich 1 werden quartäre, glaziale Ablagerungen angetroffen. Dabei handelt es sich zum überwiegenden Teil um Moränensedimente, das sind weit gestufte Schluff – Sand – Kiesgemische in die Steine und Blöcke eingelagert sein können. Einzelblöcke können Durchmesser > 2 m aufweisen. Lokal treten lagen- bis linsenförmige Einschaltungen von ausgewaschenen bzw. umgelagerten Moränenmaterial in Form von

essere tenuto in conto processi di movimento attivi in corrispondenza alle faglie.

I risultati delle stazioni GPS permanenti a maglie grosse della rete EPN (EUREF GPS Network permanente) lasciano concludere che i movimenti di tutte le faglie attive sono inferiori a 1 mm/anno.

Sulla base dei dati esistenti può essere eseguita solamente una rappresentazione grossolana provvisoria. Le seguenti faglie nell'area di progetto ristretta sembrano potenzialmente attive: faglia di Inntal e le faglie associate. Da questo sistema di faglie deriva comunque il potenziale di pericolosità sismica più elevato. In base ai dati esistenti non si può stabilire in modo univoco se risulta attiva solamente la faglia stessa sotto il riempimento di valle nella valle di Inntal oppure anche le faglie associate a sud di questa. La faglia principale ad est di Innsbruck segue in ogni caso un andamento approssimativamente in direzione ENE-OSO.

#### **4.5 PROGNOSE GEOLOGICA CUNICOLO DI SOCCORSO**

La previsione geologica per il cunicolo di soccorso si basa essenzialmente sui risultati dell'interpretazione di:

- Circonvallazione Innsbruck, galleria Inntal, documentazione geologica (ILF 1994)
- Interpretazione, elaborazione ed inserimento della documentazione geologica-costruttiva della galleria di circonvallazione di Innsbruck (Stingl & Rockenschaub 2005)
- Catalogazione delle carote 1986 (ILF)

La previsione geologica del cunicolo di soccorso è rappresentata nella tavola „Sezione longitudinale geologica cunicolo di soccorso“(scala 1 : 5000).

##### **4.5.1 Settore di ammasso roccioso 1 prog. m 0 – prog. m ca. 170**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 1: ca. 170 m.

Nel settore 1 dell'ammasso roccioso si trovano depositi quaternari, glaciali. Si tratta prevalentemente di sedimenti morenici, miscele limo-sabbia con ampia curva granulometrica con possibili inclusioni di ciottoli e blocchi. Singoli blocchi possono avere diametro > 2m. Localmente si presentano inclusioni a forma di stato fino a lenticolare di materiali morenici dilavati ovvero rimaneggiati in forma di sabbie e ghiaie da povere fino a prive di granulometrie

feinkornarmen- bis feinkornlosen Sanden und Kiesen auf.

Oberflächennahe dominieren aufgelockerte, durchfeuchtete Moränenablagerungen mit weicher bis steifer Konsistenz.

Mit zunehmender Überlagerung liegen die Moränensedimente bergfeucht mit steifer bis fester Konsistenz vor, die aufgrund einer Überkonsolidierung z.T. festgesteinsähnliche Eigenschaften hinsichtlich ihrer Lösbarkeit aufweisen können. Vereinzelt können auch Trennflächen entwickelt sein.

#### **4.5.2 Gebirgsbereich 2 ca. TM 170 – ca. TM 760**

Länge des Gebirgsbereichs 2: ca. 590 m

Der Gebirgsbereich 2 wird überwiegend in Quarzphyllite und Störungsgesteine mit z.T. plastischen Kakiriten aufgeföhren. Eine Dominanz von Störungsgesteine wird insbesondere für den Abschnitt von TM ca. 380 bis TM ca. 760 erwartet. Die überwiegend zerscherten Phyllite können im Stollen aufgrund der geringen Felsüberdeckung verwittert vorliegen.

Die Schieferungsflächen sowie Störungsflächen verlaufen spitzwinkelig zur Bauwerksachse. Die Schieferungsflächen fallen mit überwiegend flachen Winkeln gegen südliche Richtungen ein (SO bis SW).

Eine bis zu mehrere Dekameter mächtige tektonische Hauptstörungszone streicht annähernd tunnelparallel in NO-SW bis NNO-SSW Richtung mit mittelsteilen Einfallswinkeln gegen NW bis WNW. Diese Störung wird an NNW-SSO streichenden, gegen WSW einfallende Störungen versetzt.

#### **4.5.3 Gebirgsbereich 3 ca. TM 760 – ca. TM 940**

Länge des Gebirgsbereichs 3: ca. 180 m

Im Gebirgsbereich 3 werden überkonsolidierte Moränensedimente mit geringmächtigen Einschaltungen von ausgewaschenen bzw. umgelagerten Moränenmaterial in Form von feinkornarmen- bis feinkornlosen Sanden und Kiesen angetroffen.

Die Moränensedimente liegen bergfeucht mit steifer bis fester Konsistenz vor, die aufgrund einer Überkonsolidierung z.T. festgesteinsähnliche Eigenschaften hinsichtlich ihrer Lösbarkeit aufweisen können. Vereinzelt können auch Trennflächen entwickelt sein.

#### **4.5.4 Gebirgsbereich 4 ca. TM 940 – ca. TM 1.860**

sottili.

Superficialmente dominano depositi morenici allentati, umidi con consistenza da plastica a semisolida.

All'aumentare della copertura affiorano sedimenti morenici umidi con consistenza da semisolida a solida, che a causa di una sovraconsolidazione possono presentare in parte caratteristiche simili alla roccia compatta con riferimento alla loro solubilità. Sporadicamente possono essere sviluppate anche fratture.

#### **4.5.2 Settore di ammasso roccioso 2 prog. m ca. 170 – prog. m ca. 760**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 2: ca. 590 m

Il settore di ammasso roccioso 2 viene scavato prevalentemente in fillade quarzifera e rocce di faglia in parte con cachiriti plastiche. Una dominanza di rocce di faglia viene attesa in particolare per il settore da progressiva m ca. 380 fino a progressiva m ca. 760. Le filladi prevalentemente tettonizzate possono affiorare nel cunicolo alterate a causa della scarsa coperura rocciosa.

I piani di scistosità e anche di faglia hanno andamento ad angolo acuto rispetto all'asse dell'opera. I piani di scistosità risultano inclinati con angoli prevalentemente piani a sud (SO fino a SW).

Una zona principale di faglia di origine tettonica con spessore fino a numerosi decimetri ha andamento approssimativamente parallelo alla galleria in direzione NE-SO fino a NNE-SSO con angoli di immersione mediamente ripidi a NO fino a ONO. Questa faglia viene disallineata da faglie con andamento NNO-SSE in direzione OSO.

#### **4.5.3 Settore di ammasso roccioso 3 prog. m ca. 760 – prog. m ca. 940**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 3: ca. 180 m.

Nel settore di ammasso roccioso 3 si trovano sedimenti morenici sovraconsolidati con inclusioni di modesto spessore di materiali morenici dilavati ovvero rimaneggiati in forma di sabbie e ghiaie da povere a prive in granulometria sottile.

I sedimenti morenici affiorano umidi con consistenza da semisolida a solida, possono avere in parte caratteristiche simili alla roccia compatta con riferimento alla solubilità a causa di una sovraconsolidazione. Sporadicamente possono essere sviluppate anche superfici di frattura.

#### **4.5.4 Settore di ammasso roccioso 4 prog. m ca. 940 – prog. m ca. 1.860**

Länge des Gebirgsbereichs 4: 920 m

Der Gebirgsbereich 4 wird überwiegend in Quarzphylliten und Störungsgesteinen mit z.T. plastischen Kakiriten aufgefahren. Eine Dominanz von Störungsgesteine wird insbesondere für den Abschnitt von ca. TM 940 bis ca. TM 1.100 erwartet. Untergeordnet treten Karbonatgesteine sowie Chlorit- und Kalkphyllite sowie Quarzitschiefer auf. Die Gebirgsverhältnisse werden durch die Nahelage zu einer tektonischen Hauptstörungszone beeinflusst.

Aufgrund einer flachwelligen Verfallung fallen die Schieferungsflächen mit flachen bis mittelsteilen Einfallswinkeln in südwestliche bis nordnordwestliche Richtungen.

Eine bis zu mehrere Dekameter mächtige tektonische Hauptstörungszone streicht in NO–SW Richtung mit mittelsteilen Einfallswinkeln gegen NW, wobei der Rettungsstollen zum Großteil im Liegenden der Störungszone zu liegen kommt. Diese Störungszone wird von zahlreichen NW – SO bis WNW – OSO sowie O – W streichenden Störungen mit beidsinnigen Einfallsrichtungen durchschlagen. Steilstehende O – W streichende Störungszonen versetzen z.T. die o.a. Hauptstörungszone.

#### **4.5.5 Gebirgsbereich 5 ca. TM 1.860 – ca. TM 2.190**

Länge des Gebirgsbereichs 5: ca. 330 m

Der Gebirgsbereich 5 wird überwiegend in Kalk- und Dolomitmarmoren aufgefahren. Untergeordnet treten Störungsgesteine auf. Lokal können Einschaltungen von phyllitische Gesteinen angetroffen werden.

Die massigen bis gebankten Gesteine weisen aufgrund einer flachwelligen Verfallung Schieferungsflächen mit flachen bis mittelsteilen Einfallswinkeln in südwestliche bis nordnordwestliche Richtungen auf.

Geringmächtige, überwiegend steil stehende Störungszonen mit beidsinnigen Einfallsrichtungen streichen überwiegend O – W, untergeordnet treten Störungszonen mit NO – SW verlaufenden Streichrichtungen auf. Der Rettungsstollen verläuft im Liegenden einer tektonischen Hauptstörungszone.

#### **4.5.6 Gebirgsbereich 6 ca. TM 2.190 – ca. TM 2.500**

Länge des Gebirgsbereichs 6: ca. 310 m

Der Gebirgsbereich 6 wird überwiegend in einer tektonisch angelegten Wechselfolge von Dolomit-

Lunghhezza del sett. di amm. roccioso 4: ca. 920 m

Il settore di ammasso roccioso 4 viene scavato prevalentemente in fillade quarzifera e rocce di faglia con in parte cachiriti plastiche. Una dominanza di rocce di faglia viene attesa in particolare per il settore da progressiva m ca. 940 fino a progressiva m ca. 1.100. Secondariamente affiorano rocce carbonatiche e anche filladi di clorite e calcaree come pure scisti di quarzo. Le condizioni dell'ammasso roccioso vengono influenzate dalla vicinanza a una zona principale di faglia tettonica.

A causa di una foliazione piana i piani di scistosità presentano angoli di immersione da piani fino a mediamente inclinati in direzione sud-ovest fino a nord-nord-ovest.

Una zona principale di faglia tettonica spessa fino a numerosi decimetri ha andamento in direzione NE - SO con angoli di immersione mediamente inclinati a NO, per cui la galleria di soccorso viene a trovarsi per la maggior parte al di sotto della zona di faglia. Questa zona di faglia viene attraversata da numerose faglie con andamento NO - SE fino a ONO - ESE e anche E - O con angoli di immersione in entrambe le direzioni. Zone di faglia a forte pendenza con andamento E - OE disallineano in parte le zone di faglia principali di cui sopra.

#### **4.5.5 Settore di ammasso roccioso 5 prog. m ca. 1.860 – prog. m ca. 2.190**

Lunghhezza del sett. di amm. roccioso 5: ca. 330 m.

Il settore di ammasso roccioso 5 viene scavato prevalentemente in marmi calcarei e dolomitici. Secondariamente affiorano rocce di faglia. Localmente possono essere incontrate anche inclusioni di rocce filladiche.

Le rocce da massicce fino a banchi presentano a causa di una foliazione leggermente ondulata piani di scistosità con angoli di immersione da piani a mediamente inclinati in direzione sud ovest fino a nordnordovest.

Zone di faglia di modesto spessore prevalentemente ripide con direzioni di immersione in entrambi i sensi hanno prevalentemente andamento E - O, secondariamente affiorano zone di faglia con andamento NE - SO. Il cunicolo di soccorso corre al di sotto di una zona principale di faglia tettonica.

#### **4.5.6 Settore di ammasso roccioso 6 prog. m ca. 2.190 – prog. m ca. 2.500**

Lunghhezza del sett. di amm. roccioso 6: ca. 310 m.

Il settore di ammasso roccioso 6 viene prevalentemente scavato in un alternanza di origine tettonica di marmi

/ Kalkmarmoren und Quarzphylliten aufgefahren. Untergeordnet treten Störungsgesteine auf. Die Gebirgsverhältnisse werden durch die intensive tektonische Verschiebung beeinflusst.

In den phyllitischen Gesteinen ist eine deutliche Schieferung ausgebildet die z.T. tektonisch überprägt vorliegt. Die Schieferungsflächen fallen zum überwiegenden Teil mit flachen Einfallswinkeln gegen WSW. Durch lokale Verfaltungen bzw. tektonische Schiebung treten davon auch abweichende Orientierungen der Schieferungsflächen auf.

Eine bis zu mehrere Dekameter mächtige tektonische Hauptstörungszone streicht in NO – SW Richtung, mit mittelsteilen Einfallswinkeln gegen NW, wobei der Rettungsstollen im Liegenden der Störungszone zu liegen kommt. Diese Störungszone wird von zahlreichen NW – SO bis WNW – OSO sowie O – W streichenden Störungen mit beidsinnigen Einfallsrichtungen durchschlagen. Steilstehende O – W streichende Störungszonen versetzen z.T. die o.a. Hauptstörungszone.

#### **4.5.7            Gebirgsbereich 7 ca. TM 2.500 – ca. TM 4.590**

Länge des Gebirgsbereichs 7: ca. 2.090 m

Der Gebirgsbereich 7 wird überwiegend in Quarzphylliten und Störungsgesteinen mit z.T. plastischen Kalkiten aufgefahren. Eine Dominanz von Störungsgesteinen wird insbesondere für die Abschnitte von ca. TM 2.500 bis ca. TM 2.640 sowie ca. TM 4.500 bis 4.590 erwartet. Untergeordnet treten Serizit- und Chloritphyllite sowie Quarzschiefer auf. Die Gebirgsverhältnisse werden durch die Nähe zu einer tektonischen Hauptstörungszone beeinflusst.

In den phyllitischen Gesteinen ist eine deutliche Schieferung ausgebildet die z.T. tektonisch überprägt vorliegt. Im Abschnitt zwischen ca. TM 2.700 und ca. TM 3.450 wechseln die Einfallsrichtungen und Einfallswinkel der Schieferungsflächen von flachem Einfallen in Richtung W bis SW über steiles Nordeinfallen bis flaches bis mittelsteiles Einfallen gegen N wie auch gegen S. Im Abschnitt zwischen ca. TM 3.450 bis ca. TM 4.590 überwiegt ein flaches bis mittelsteiles Einfallen der Schieferungsflächen gegen S.

Eine bis zu mehrere Dekameter mächtige tektonische Hauptstörungszone streicht in ONO – WSW Richtung, mit mittelsteilen Einfallswinkeln gegen NNW, wobei der Rettungsstollen im Hangenden der Störungszone zu liegen kommt. Diese Störungszone wird von zahlreichen N – S bis NW – SO sowie WNW – OSO streichenden

dolomitici - calcarei e filladi di quarzo. Rocce di faglia affiorano secondariamente. Le condizioni dell'ammasso roccioso vengono influenzate dall'intensa imbricazione tettonica.

Nelle rocce filladiche vi é la formazione di una chiara scistosità in parte tettonicamente caratterizzata. I piani di scistosità sono inclinati prevalentemente con angoli di immersione piani verso OSO. A causa di piegature locali ovvero deformazione tettonica si presentano anche orientazioni deviate dei piani di scistosità.

Una zona principale di faglia dello spessore fino a numerosi decimetri ha andamento in direzione NE – SO con angoli di immersione mediamente inclinati verso NO, per cui il cunicolo di soccorso viene a trovarsi al di sotto della zona di faglia. Questa zona di faglia viene attraversata da numerose faglie con andamento NO – SE fino a ONO – ESE come pure E – O con angoli di immersione in entrambe le direzioni. Zone di faglia ad andamento ripido verso O – WE disallineano in parte le zone principali di faglia di cui sopra.

#### **4.5.7            Settore di ammasso roccioso 7 prog. m ca. 2.500 – prog. m ca. 4.590**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 7: ca. 2.090 m

Il settore di ammasso roccioso 7 viene prevalentemente scavato in filladi di quarzo e rocce di faglia con in parte calcitiche plastiche. Una dominanza di rocce di faglia viene attesa in particolare per le tratte da progressiva m ca. 2.500 fino a progressiva m ca. 2.640 come pure progressiva m ca. 4.500 fino a 4.590. Secondariamente affiorano filladi di sericite e di clorite e anche scisti quarzitici. Le condizioni dell'ammasso roccioso vengono influenzate dalla vicinanza ad una zona principale di faglia tettonica.

Nelle rocce filladiche si é chiaramente formata un evidente scistosità che in parte risulta tettonicamente caratterizzata. Nel settore tra progressiva m ca. 2.700 e progressiva m ca. 3.450, le direzioni di immersione e gli angoli di immersione dei piani di scistosità variano da un immersione piana in direzione O fino a SO attraverso immersioni ripide a nord fino a piane e mediamente ripide, come anche a sud. Nel settore tra progressiva m ca. 3.450 fino a ca. 4.590 prevale un immersione piana fino a mediamente ripida dei piani di scistosità a S.

Una zona di faglia principale tettonica dello spessore fino a numerosi decimetri ha andamento in direzione ENE – OSO, con angoli di immersione mediamente ripidi verso NNO, per cui il cunicolo di soccorso viene a trovarsi al di sopra della zona di faglia. Questa zona di faglia viene oltrepassata da numerose faglie con andamento N – S fino a NO – SE e



Störungen mit beidsinnigen Einfallsrichtungen durchschlagen und z.T. versetzt. Im Bereich der Unterfahrung des Hasentales (ca. TM 4.500 bis ca. TM 4.700) wird die Hauptstörungszone an einer ebenfalls mehrere Dekameter mächtigen, NO – SW streichenden und steilstehenden tektonische Störungszone sinistral versetzt („Hasentalstörung“, ca. TM 4.550 bis ca. TM 4.600)

#### **4.5.8 Gebirgsbereich 8 ca. TM 4.590 – ca. TM 5.760**

Länge des Gebirgsbereichs 8: 1.170 m

Der Gebirgsbereich 8 wird überwiegend in Quarzphylliten aufgeföhren. Untergeordnet treten Serizit- und Chloritphyllite, Quarzitschiefer sowie Störungsgesteine auf.

In den phyllitischen Gesteinen ist eine deutliche Schieferung ausgebildet mit überwiegend flachem bis mittelsteilem Einfallen gegen S.

Im Abschnitt zwischen ca. TM 4.590 bis ca. TM 4.830 streicht eine bis zu mehrere Dekameter mächtige Hauptstörungszone ONO – WSW bis WNW – OSO und fällt mittelsteil bis steil nach SSO bis SSW. In diesem Abschnitt verläuft der Rettungstollen im Liegenden dieser Hauptstörungszone. Im Abschnitt zwischen TM ca. 4.830 bis ca. TM 5.730 wird eine ONO – WSW streichende, gegen NNW einfallende Hauptstörungszone im Hangenden des Rettungstollens vermutet.

#### **4.5.9 Gebirgsbereich 9 ca. TM 5.760 – ca. TM 6.830**

Länge des Gebirgsbereichs 9: 1.070 m

Der Gebirgsbereich 9 wird überwiegend in Quarzphylliten und Störungsgesteinen mit z.T. plastischen Kakiriten aufgeföhren. Eine Dominanz von Störungsgesteinen wird insbesondere für den Abschnitt von ca. TM 6.650 bis ca. TM 6.830 erwartet. Untergeordnet treten Serizit- und Chloritphyllite sowie Quarzitschiefer auf. Die Gebirgsverhältnisse werden durch die Nahelage zu einer tektonischen Hauptstörungszone beeinflusst.

In den phyllitischen Gesteinen ist eine deutliche Schieferung ausgebildet die z.T. tektonisch überprägt vorliegt. Es überwiegt ein flaches bis mittelsteiles Einfallen der Schieferungsflächen gegen S.

Im Abschnitt ca. TM 5.760 bis ca. TM 6.580 streicht eine bis zu mehrere Dekameter mächtige tektonische Hauptstörungszone in ONO – WSW Richtung, mit mittelsteilen Einfallswinkeln gegen NNW. Diese Störungszone wird von zahlreichen N – S bis NNW – SSO streichenden Störungen mit beidsinnigen

anche ONO – ESE con immersione in entrambe le direzioni e in parte disallineate. Nella zona di sottopasso della valle di Hasental (progr. m ca. 4.500 fino a pr. m ca. 4.700) la zona principale di faglia viene disallineata a sinistra da una zona di faglia tettonica dello spessore di numerosi decametri con andamento NO – SO e ripida (faglia di „Hasentalstörung“, progr. m ca. 4.550 fino a progr. m ca. 4.600).

#### **4.5.8 Settore di ammasso roccioso 8 prog. m ca. 4.590 – prog. m ca. 5.760**

Lunghezza del sett. di ammasso roccioso 8: ca. 1.170 m

Il settore di ammasso roccioso 8 viene prevalentemente scavato in filladi quarzifere. Secondariamente affiorano filladi sericitiche e cloritiche, scisti quarzitici e anche rocce di faglia.

Nelle rocce di faglia vi è la formazione di una chiara scistosità con immersioni in prevalenza piane fino a mediamente ripide verso S.

Nel settore tra progr. m ca. 4.590 fino a progr. m ca. 4.830 una zona di faglia principale con spessore fino a numerosi decametri ha andamento ENE – OSO fino a ONO – ESE ed è da mediamente ripida fino a ripida verso SSE fino a SSO. In questo settore il cuni colo di soccorso si trova al di sotto di questa zona principale di faglia. Nel settore tra progr. m ca. 4.830 fino a progr. m ca. 5.730 è probabile una zona principale di faglia con andamento ENE – OSO e immersione a NNO al di sopra del cunicolo di soccorso.

#### **4.5.9 Settore di ammasso roccioso 9 prog. m ca. 5.760 – prog. m ca. 6.830**

Lunghezza del sett. di ammasso roccioso 9: 1.070 m

Il settore di ammasso roccioso 9 viene prevalentemente scavato in filladi di quarzo e rocce di faglia con in parte cachiriti plastiche. Una dominanza di rocce di faglia viene particolarmente attesa nel settore da progr. m ca. 6.650 fino a progr. m ca. 6.830. Secondariamente affiorano filladi di quarzo sericitiche e filladi cloritiche e anche scisti di quarzo. Le condizioni dell'ammasso roccioso sono influenzate dalla vicinanza a una zona principale di faglia tettonica.

Nelle rocce si é formata una chiara scistosità che in parte è tettonicamente caratterizzata. Prevale un immersione da piana a mediamente ripida dei piani di scistosità a S.

Nel settore tra progr. m ca. 5.760 fino a progr. m ca. 6.580 una zona di faglia tettonica dello spessore fino a numerosi decametri ha andamento in direzione ENE – OSO con angoli di immersione mediamente ripidi verso NNO. Questa zona di faglia viene attraversata da numerose faglie con andamento a N – S bis NNO – SSE con angoli di

Einfallsrichtungen durchschlagen und z.T. versetzt. In diesem Teilstück liegt der Rettungstollen im Liegenden dieser Störungszone. Zwischen ca. TM 6.580 und ca. TM 6.830 streicht die Hauptstörungszone O – W und fällt gegen S ein. Ein Versatz tritt an N – S streichenden, steil gegen W einfallenden Störungszone auf. Der Rettungstollen kreuzt in diesem Abschnitt die Störungszone mit spitzem Winkel.

#### **4.5.10 Gebirgsbereich 10 ca. TM 6.830 – ca. TM 7.360**

Länge des Gebirgsbereichs 10: 530 m

Der Gebirgsbereich 10 wird überwiegend in Quarzphylliten aufgeföhren. Untergeordnet treten Serizit- und Chloritphyllite, Grünschiefer, Quarzitschiefer, Biotitschiefer, Karbonatschiefer sowie Störungsgesteine auf.

In den phyllitischen und schiefrigen Gesteinen ist eine deutliche Schieferung ausgebildet. Im Abschnitt zwischen ca. TM 6.830 bis ca. TM 7.050 überwiegt ein flaches bis mittelsteiles Einfallen der Schieferungsflächen gegen S. Im Abschnitt zwischen ca. TM 7.050 bis ca. TM 7.911 fallen die Schieferungsflächen aufgrund einer Verfallung mit W – E verlaufenden Faltenachsen mit flachen bis mittelsteilen Einfallswinkeln gegen NNW bzw. SSO. Untergeordnet treten auch flache Einfallswinkel gegen W auf.

Als tektonisches Element treten gering mächtige Einzelstörungen mit variablen Streich- und Einfallswinkeln auf.

#### **4.5.11 Gebirgsbereich 11 ca. TM 7.360 – ca. TM 7.545**

Länge des Gebirgsbereichs 11: 185 m

Der Gebirgsbereich 11 wird in Quarzphylliten mit Einschaltungen von gneisigen biotitreichen Lagen und Grünschieferlagen aufgeföhren.

In den phyllitischen und schiefrigen Gesteinen ist eine deutliche Schieferung ausgebildet. Die Schieferung zeigt generell ein flaches Einfallen mit welliger Struktur und E-W-streichenden Faltenachsen. In einigen Fällen kann die Schieferung ein bis zu mittelsteiles einfallen einnehmen.

Vereinzelt werden Einzelstörungen, die geringmächtige lehmige Füllungen von < 5cm aufweisen können, durchörter. Vorherrschend sind zwei Streichrichtung, eine verläuft ungefähr rechtwinkelig (NNW-SSE) zur Tunnelachse und eine zweite ca. 50° zur Achse. Das Einfallen ist überwiegend steil bis mittelsteil.

#### **4.5.12 Gebirgsbereich 12**

immersione in entrambi i sensi ed in parte disallineate. In questo settore il cunicolo di soccorso si trova al di sotto di questa zona di faglia. Tra progr. m ca. 6.580 e progr. m ca. 6.830 la zona di faglia principale ha andamento E – O ed immersione a S. Un disallineamento ha luogo lungo zone di faglia con andamento N - S e forte immersione ad O. Il cunicolo di soccorso incrocia in questo settore la zona di faglia con angolo acuto.

#### **4.5.10 Settore di ammasso roccioso 10 prog. m ca. 6.830 – prog. m 7.350**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 10: 530 m

Il settore di ammasso roccioso 10 viene scavato in prevalenza in filladi di quarzo. Secondariamente affiorano filladi sericitiche e cloritiche, scisti verdi, scisti di quarzo, scisti di biotite, scisti carbonatici e anche rocce di faglia.

Nelle rocce filladiche e scistose si è formata una chiara scistosità. Nel settore tra progressiva m ca. 6.830 fino a progressiva m ca. 7.050 prevale un immersione da piana a mediamente inclinata dei piani di scistosità verso S. Nel settore tra progressiva m ca. 7.050 fino a progressiva m ca. 7.911 a causa di una foliazione con assi di piega i piani di scistosità hanno andamento O – E con angoli di immersione a NNO ovvero SSE. Secondariamente si presentano anche angoli di immersione piani verso O.

Come elemento tettonico affiorano singole faglie di modesto spessore con angoli di azimuth e di immersione variabili.

#### **4.5.11 Settore di ammasso roccioso 11 prog. m ca. 7.360 – prog. m ca. 7.545**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 11: 185 m

Il settore di ammasso 11 nella fillade quarzifera viene attraversato da intrecciazioni di livelli con gneis ricchi di biotite e livelli di scisti verdi.

Nelle rocce fillitiche e scistose si è formata una chiara foliatura. La foliatura mostra generalmente un andamento piatto con struttura a onde e asse della piega diretto a E – W. In alcuni casi la foliatura può avere un andamento mediamente ripido.

In casi isolati si attraversano faglie singole, che potrebbero presentare un riempimento sottile argilloso di < 5 cm. Prevalgono due direzioni, una che corre all'incirca ad angolo retto (NNW – SSE) rispetto all'asse della galleria e una che corre a circa 50° rispetto all'asse. L'andamento è prevalentemente ripido o mediamente ripido.

#### **4.5.12 Settore di ammasso roccioso 12**

**ca. TM 7.545 – ca. TM 7.703**

Länge des Gebirgsbereichs 12: 158 m

Der Gebirgsbereich 12 wird in Quarzphylliten aufgefahren. Vereinzelt sind Bereiche, meist lagig, als Grünschiefer, gneisiger Phyllit und Quarzitschiefer ausgebildet.

Die Schieferung fällt flach nach S bis SW ein.

Vereinzelt werden geringmächtige Störungen mit steilem bis mittelsteilem Einfallen und variablen Streichen durchörtert.

**4.5.13 Gebirgsbereich 13  
ca. TM 7.703 – ca. TM 7.997**

Länge des Gebirgsbereichs 13: 294 m

Der Gebirgsbereich 13 wird innerhalb von Quarzphylliten aufgefahren. Ab ca. TM 8.575 sind häufiger Lagen von gneisigem Phyllit eingeschaltet.

Die Schieferung fällt flach nach S bis W ein.

Als tektonisches Element treten gering mächtige Einzelstörungen mit variablen Streich- und Einfallswinkeln auf.

Im Bereich von ca. TM 8.700 bis ca. TM 8.725 durchzieht eine steile nach NNE einfallende Störzone den Querschnitt. Innerhalb dieser Zone treten Mylonite, Kakirite und tonige Scherflächen auf. Die Kernzone, die überwiegend von Myloniten gebildet wird, hat eine Mächtigkeit von ca. 2-4 m. Im Haupttunnel wurde östlich der Störungszone im Kontaktbereich Chloritschiefer angetroffen. Im Nahbereich muß mit subparallelen Scherflächen gerechnet werden.

Im Haupttunnel wurden flach einfallende bis horizontale Störungen mit schleifendem Streichen und horizontaler Verschiebungen dokumentiert, die von quer verlaufenden Störungen abgeschnitten scheinen. Dadurch sind die kartierten Störungen nicht bis zur Achse des Rettungsstollens verfolgbar, das Vorkommen ist hier jedoch möglich.

**4.5.14 Gebirgsbereich 14  
ca. TM 7.997 – ca. TM 8.121**

Länge des Gebirgsbereichs 14: 124 m

Der Gebirgsbereich 14 wird im Bereich ca. TM 7.997 - ca. TM 8.040 in einer Wechselfolge von Quarzphylliten, Grünschiefern und Gneisen aufgefahren. Hinter einer Störzone durchörtert der Vortrieb voraussichtlich einen größeren Grünschieferblock. Der Grünschiefer ist bereichsweise phyllitreich.

Die Schieferung fällt allgemein flach nach SW ein.

**prog. m ca. 7.545 – prog. m ca. 7.703**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 12: 158 m

Nel settore di ammasso 12 si scava nella fillade quarzifera. Si formano aree isolate, per lo più a strati, di scisti verdi, filladi con gneis e scisti quarziticci.

La foliatura ha un andamento piatto verso S – SW.

In casi isolati si attraversano faglie poco spesse con andamento ripido - mediamente ripido e direzione variabile.

**4.5.13 Settore di ammasso roccioso 13  
prog. m ca. 7.703 – prog. m ca. 7.997**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 13: 294 m

Il settore di ammasso 13 viene attraversato all'interno delle filladi quarzifere. All'incirca dalla progressiva 8.575 si trovano spesso livelli di intercalazioni di filladi con gneis.

La foliatura ha un andamento piatto verso S fino a W.

Come elemento tettonico affiorano singole faglie di modesto spessore con angoli di azimut e di immersione variabili.

In corrispondenza circa della progressiva 8.700 - 8.725 la sezione è attraversata da una faglia ripida con andamento verso NNE. Entro questa zona si presentano mioliti, cachiriti e superfici di taglio argillose. Il nucleo, formato prevalentemente da mioliti, ha uno spessore di circa 2-4 m. Nella galleria principale, a est della zona di faglia, si incontrano nell'area di contatto scisti grafitici. Nell'area vicina si devono attendere superfici di taglio subparallele

Nella galleria principale sono state documentate faglie con andamento da piatto a orizzontale con direzione subverticale e spostamenti orizzontali, che sembrano tagliate da faglie che corrono trasversalmente. A causa di ciò, le faglie cartografate non possono essere seguite fino all'asse del cunicolo di soccorso, è tuttavia possibile che si presentino.

**4.5.14 Settore di ammasso roccioso 14  
prog. m ca. 7.997 – prog. m ca. 8.121**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 14: 124 m

Nel settore di ammasso 14, in corrispondenza circa della progressiva 7.997 – 8.040, si presenta un'alternanza di filladi quarzifere, scisti verdi e gneis. Dietro una zona di faglia, lo scavo attraversa presumibilmente un blocco di scisti verdi di grandi dimensioni. Gli scisti verdi sono a tratti ricchi di pirite.

La foliatura ha un andamento piatto verso S fino a W.

Im Bereich von ca. TM 8.030 - ca. TM 8.050 durchzieht eine steilstehende Störungszone, die durch eine ausgeprägt zerrüttetes und zerschertes Gebirge mit Mylonit- und Kakiritbildungen charakterisiert ist. Die Zone wurde im Haupttunnel mit einer Mächtigkeit von 6 m angetroffen und weist eine horizontale Verschiebung mit einem dextralen Anteil auf. Durch eine Mächtigkeit der Mylonit von bis zu 2 m kann das Gebirge ausgeprägt plastisches Verhalten zeigen.

Innerhalb der Grünschiefer treten vereinzelt mittelsteil einfallende Störungen mit zur Störzone parallelem bis subparallelem Streichen auf. Die Störungen haben i.d.R. eine mylonitische Füllung und sind bis zu 1 m mächtig.

#### **4.5.15 Gebirgsbereich 15 ca. TM 8.121 – ca. TM 8.267**

Länge des Gebirgsbereichs 15: 124 m

Der Gebirgsbereich 15 verläuft in Quarzphylliten. Vereinzelt sind Gneislagen eingeschaltet.

Die Schieferung fällt überwiegend mittelsteil nach NW bis W ein. Im Bereich ca. TM 8.210 bis ca. TM 8.267 ist sie jedoch häufig an Störungen verkippt. In einigen Abschnitten wurden intensive Verfaltungen dokumentiert.

In diesem Bereich durchziehen mehrere steil nach ENE einfallende Störungen den Querschnitt.

Im Bereich ca. TM 8.121 bis ca. TM 8.180 treten vermehrt Scherflächen und Großklüfte auf und flache, nach WSW einfallende Störungen können vorkommen.

#### **4.5.16 Gebirgsbereich 16 ca. TM 8.267 – ca. TM 8.700**

Länge des Gebirgsbereichs 16: 433 m

Der Gebirgsbereich 16 liegt innerhalb von Quarzphylliten. Vereinzelt können Quarzitschieferlagen eingeschaltet sein. Von ca. TM 8.490 bis ca. TM 8.560 sind geringmächtige Karbonatlagen zwischengeschaltet.

Die Schieferung fällt im Mittel mittelsteil mit westlichen Richtungen ein. Bereichsweise ist sie sölig. Bereichsweise wurden ausgeprägtere Verfaltungen dokumentiert.

Vereinzelt verlaufen mittelsteile bis steile Störungen wechselnder Richtung von bis zu 30 cm Mächtigkeit den Rettungsstollen.

#### **4.5.17 Gebirgsbereich 17 ca. TM 8.700 – TM 9.122 (Bauwerksende)**

Länge des Gebirgsbereichs 17: 422 m

Nell'area in corrispondenza della progressiva 8.030 – 8.050 corre una faglia ripida, caratterizzata da un ammasso fortemente frammentato e tagliato con formazioni di mioliti e cachiriti. La zona è stata individuata nella galleria principale con uno spessore di 6 m, e presenta uno spostamento orizzontale con frazione destrosa. A causa dello spessore della miolite, che raggiunge i 2 m, l'ammasso può presentare un comportamento tipicamente plastico.

All'interno degli scisti verdi si presentano faglie isolate mediamente ripide, con andamento parallelo-subparallelonrispoetto alla faglia, che hanno generalmente un riempimento miolitico e spessore fino a 1 m.

#### **4.5.15 Settore di ammasso roccioso 15 prog. m ca. 8.121 – prog. m ca. 8.267**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 15: 124m

Il settore di ammasso 15 corre nella fillade quarzifera. Si presentano intercalazioni isolate di gneis.

La foliatura ha un andamento prevalentemente mediamente ripido in direzione NW-W. in corrispondenza della progressiva 8.210 – 8.267, è tuttavia spesso legata a faglie. In alcuni tratti sono state documentate foliazioni intense.

In quest'area la sezione è attraversata da diverse faglie con direzione ENE.

In corrispondenza circa della progressiva 8.121 – 8.180 si presenta un aumento delle superfici di faglia e fratture di grandi dimensioni su faglie piate, con direzione WSW.

#### **4.5.16 Settore di ammasso roccioso 16 prog. m ca. 8.267 – prog. m ca. 8.700**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 16: 433 m

Il settore di ammasso 16 si trova all'interno della fillade quarzifera. Si possono presentare intercalazioni isolate di scisti quarzificati. All'incirca dalla progressiva 8.490 – 8.560 si presentano intercalazioni non spesse, contenenti carbonati.

La foliatura ha un andamento centrale, mediamente ripido, in direzione ovest. A tratti presenta spostamenti. Sono state documentate importanti foliazioni a tratti.

Il cunicolo di soccorso è attraversato da faglie isolate, mediamente ripide – ripide, di direzione variabile, spesse fino a 30 cm.

#### **4.5.17 Settore di ammasso roccioso 17 prog. m ca. 8.700 – prog. m 9.122 (fine dell'opera costruttiva)**

Lunghezza del sett. di amm. roccioso 17: 422 m

Der Gebirgsbereich 17 besteht überwiegend aus Quarzphylliten. Vereinzelt können gneisige Lagen zwischen geschaltet sein. Sehr selten kommen Einschaltungen von Karbonat- und Grünschieferlagen vor.

Die Schieferung fällt im Allgemeinen flach bis mittelsteil in westliche Richtungen ein. Bereichsweise wurden Faltenachsen mit E-W-Streichen und einem abtauchen nach W beobachtet. Die Schieferung ist häufig durch Störungen verstellt und zeigt entsprechend wechselnde Orientierungen. Vereinzelt wurden v.a. in Störungsnähe Verfaltungen beobachtet.

Die dominierende Streichrichtung der Störungen ist ESE-WNW. Überwiegen fallen sie mittelsteil nach SW und NE ein.

Zwischen ca. TM 8.670 und ca. TM 8.820 durchziehen mehrere mächtigere Störungen den Querschnitt. Sie haben eine Mächtigkeit bis zu 1 m und bestehen aus einer Kernzone aus Myloniten (im Mittel 1-10 cm) und einer Randzone aus Kakiriten, Kataklasten und stark aufgelockertem Gebirge.

Bei ca. TM 8.900 und ca. TM 9.050 durchziehen erneut zwei ausgeprägtere Störungen den Querschnitt. Hier sind Mylonite, Kakirite und stark aufgelockertes Gebirge zu erwarten.

Zwischen den größeren Störungen kommen immer wieder geringmächtige Störungen mit wechselnder Orientierung vor.

## **5 HYDROGEOLOGISCHES MODELL DES PROJEKTGEBIETES**

### **5.1 BASISDATEN**

Die Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse beruht zum überwiegenden Teil auf dem Hydrogeologischen Bericht zum Brenner Basistunnel (Forschungsgruppe CFR - Universität Innsbruck - GBA, 2005), dem Baugeologischen Schlussbericht zur Umfahrung Innsbruck (ILF, 1994), dem Schlussbericht zur Wasserwirtschaftlichen Beweissicherung (ILF, 1994), dem Geologisch-Hydrogeologischen Bericht (Stingl & Rockenschaub, 2005) und dem Arbeitsbericht Hydrografische Messstellen (ARGE WWBS, 2005). Aus den genannten Grundlagen wurden wesentliche Teile des vorliegenden Textes zum Teil wörtlich übernommen.

### **5.2 HYDROLOGIE - AUSWERTUNG DER ERHOBENEN PARAMETER**

Il settore di ammasso 17 è formato prevalentemente da filladi quarzifere. Si possono presentare intercalazioni isolate di gneis. Molto raramente si presentano intercalazioni di livelli di carbonato e scisti verdi.

La foliatura è generalmente piatta – mediamente ripida, con direzione ovest. A tratti sono state osservate assi della piega con direzione E-W e un'immersione verso W. La foliatura è spesso spostata da faglie, con conseguenti orientamenti variabili. Sono state osservate foliazioni isolate, soprattutto nelle vicinanze della faglia.

La direzione dominante delle faglie è ESE – WNW. Prevalentemente l'andamento è mediamente ripido verso SW e NE.

In corrispondenza della progressiva 8.670 – 8.820 la sezione è attraversata da diverse faglie importanti, con spessore fino a 1 m, formate da un nucleo di mioliti (al centro 1-10 cm) e una zona marginale composta da cachiriti, cataclasi e ammasso fortemente allentato.

In corrispondenza circa della progressiva 8.900 – 9.050 la sezione è nuovamente attraversata da due faglie rilevanti. In questo punto si attendono mioliti, cachiriti e ammasso fortemente allentato.

Tra le faglie di grandi dimensioni si presentano continuamente faglie di scarso spessore con orientamento variabile.

## **5 MODELLO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO**

### **5.1 DATI CONSULTATI**

La descrizione delle caratteristiche idrogeologiche si basa prevalentemente sulla relazione idrogeologica per la Galleria di base del Brennero (Gruppo di ricerca CFR - Università di Innsbruck - GBA, 2005), sulla "Relazione geologica finale per la circonvallazione di Innsbruck" (ILF, 1994), sulla "Relazione finale del monitoraggio delle risorse idriche" (ILF, 1994), "La relazione geologica-idrogeologica" (Stingl & Rockenschaub, 2005) e sulla "Relazione luoghi di misurazione idrografica" (ATI MRI, 2005). Dalla nominata documentazione sono state assunte, in parte testualmente, parti essenziali del presente testo.

### **5.2 IDROLOGIA - INTERPRETAZIONE DEI PARAMETRI RILEVATI**

Die jüngsten vorliegenden Daten sind die von der WWBS 2 aus 2005 bzw. Winter 2007/2008. Da es keine neuen Kenntnisse zur Hydrologie gibt, wurde die Auswertung vollständig von der Einreichung übernommen.

#### 5.2.1 Methodik

Bei Quelfassungen mit mehreren Zuläufen werden – sofern es die Datengrundlage zulässt – die physikalischen und chemischen Parameter der einzelnen Zuläufe getrennt ausgewertet

Zusätzlich zu den 56 Elementen existieren 8 Elemente, von denen aus diversen Gründen (u.a. Verweigerung bzw. Verhinderung des Zutritts) keine oder nur eingeschränkte Informationen vorliegen. Für diese 8 Elemente wird in weiterer Folge trotzdem ein (mit gewissen Unsicherheiten behaftetes) hydrologisches Risiko ermittelt. Bei der Auswertung bestimmter Parameter konnten diese 8 Elemente miteinbezogen werden.

Bei der im Folgenden beschriebenen Auswertung der chemischen Parameter werden die Gerinne nicht berücksichtigt. Die jeweiligen Werte dieser 7 Elemente sind jedoch in den Listen im Anhang zu finden.

Ausgewertet wurden folgende 64 hydrologische Elemente:

- 50 Quellen / Quellzutritte
- 7 Gerinne
- 2 Flächengewässer (Pegel)
- 2 Grundwassermessstellen
- 2 Brunnen (für Wärmepumpen)
- 1 Bohrbrunnen im Pumpbetrieb

Die hydrologischen Elementen liegen auf folgenden Gemeindegebieten:

- 18 in Aldrans
- 11 in Ampass
- 11 in Tulfes
- 9 in Lans
- 9 in Rinn
- 3 in Volders
- 2 in Sistrans
- 1 in Innsbruck

I dati più recenti risalgono al WWBS 2 del 2005 ovvero inverno 2007/2008. Poiché non sono disponibili nuove informazioni sull'idrogeologia, la valutazione è stata presa dal progetto definitivo.

#### 5.2.1 Approccio metodologico

Per opere di presa delle sorgenti con numerosi afflussi – fintantoché i dati di base lo consentono – i parametri fisici e chimici dei singoli afflussi verranno valutati separatamente.

In aggiunta ai 56 elementi esistono 8 elementi, di cui per differenti motivi di sorta (fra cui rifiuto oppure impedimento all'accesso) non sono disponibili oppure sono disponibili solamente informazioni limitate. Nonostante ciò, per questi 8 elementi viene in seguito determinato il rischio idrologico (affetto da un certo grado di insicurezza). Dall'analisi di definiti parametri questi 8 elementi potevano essere successivamente.

Nell'interpretazione dei parametri chimici di seguito descritta non vengono presi in considerazione i corsi d'acqua. I rispettivi valori di questi 7 elementi si trovano tuttavia nelle liste in allegato.

Sono stati valutati i seguenti 64 elementi idrologici:

- 50 sorgenti / ammissioni
- 7 torrenti
- 2 corso d'acqua superficiale (piezometro)
- 2 luoghi di misurazione delle falde freatiche
- 2 pozzi (per pompe di calore)
- 1 foro di sondaggio con utilizzo di pompa

Gli elementi idrologici si trovano nel territorio dei seguenti comuni:

- 18 in Aldrans
- 11 in Ampass
- 11 in Tulfes
- 9 in Lans
- 9 in Rinn
- 3 in Volders
- 2 in Sistrans
- 1 in Innsbruck

Name <i>nome</i>	Gemeinde <i>comune</i>	VWV-Nummer <i>numero</i>	x	y	Seehöhe [m] <i>altitudine slm</i>
Aldransbach	Aldrans	/	684945,07	5235434,87	810
Aschauerquelle MO/PM 2	Aldrans	QU70302501	685095,74	5235121,70	865
Bleichbrünnl	Aldrans	QU70302502	685588,21	5235336,19	880
Herztalbach	Aldrans	/	686036,89	5235675,23	810
Ischiaquelle	Aldrans	QU70302506	687879,19	5235435,24	810
Möslquelle MO/PM 1	Aldrans	QU70302508	684876,95	5235815,04	760
Obere Herztalquellen MO/PM 1o	Aldrans	QU70302003	686113,57	5235903,76	785
Obere Herztalquellen MO/PM 2	Aldrans	QU70302003	686098,57	5236053,76	780
Obere Herztalquellen MO/PM 3u	Aldrans	QU70302003	686138,57	5236091,76	775
Obere Prockenquelle	Aldrans	QU70302509	686781,30	5236152,53	860
OP Herzsee	Aldrans	/	685938,31	5235691,19	812
Prockenbach	Aldrans	/	686732,73	5236165,43	845
Schönrühquelle/Tomasi MO/PM 2	Aldrans	QU70302511	684513,87	5236051,84	720
Seehüterquelle	Aldrans	QU70302513	687310,33	5235336,89	900
Triendquellen 1+2	Aldrans	QU70302514	688059,89	5235424,54	920
Tschuggenquelle	Aldrans	QU70302515	685489,25	5235683,52	800
Wainigquelle	Aldrans	QU70302516	687127,42	5235505,57	880
Zimmertalbach Oberlauf/Hasental	Aldrans	/	688046,97	5236452,01	795
Agenbachquellen MO/PM 1	Ampass	QU70303001	686235,13	5236960,46	689
Agenbachquellen MO/PM 2	Ampass	QU70303001	686235,13	5236960,46	689
Andlklausquelle MO/PM 1	Ampass	QU70303501	690363,92	5238656,94	604
Angerlequelle	Ampass	QU70303002	686287,56	5236442,73	757
Häuserquelle	Ampass	QU70303502	688191,69	5238355,03	572
Kalkofenquelle Ampass MO/PM 2	Ampass	QU70303503	687092,66	5238223,60	608
Lochmühlquelle MO/PM 1	Ampass	QU70303504	686102,15	5236954,60	653
Mutelquelle	Ampass	QU70303505	686100,10	5236957,56	650
Tischlerquelle	Ampass	QU70303506	686211,72	5236962,41	680
Untere Herztalquelle MO/PM 1	Ampass	QU70303003	686212,56	5236512,73	739
Widumquelle	Ampass	QU70303507	686008,00	5236785,00	741
Egerdachquelle	Innsbruck	/	685239	5236974	598
Brunnen Haas	Lans	GW70325001	683822,49	5234377,88	861
Hackerquelle (Oberfeld)	Lans	QU70325503	684159,93	5234334,30	900
Lanser Moos Quelle	Lans	QU70325506	684459,58	5234404,59	860
Luschquelle II	Lans	QU70325007	684634,93	5234574,40	878
Mühlseequelle MO/PM 2	Lans	QU70325510	684037,51	5234786,59	840
Mühlalbach	Lans	/	684161,71	5235246,76	792
Öllacherquelle	Lans	QU70325513	684045,65	5234223,49	880
OP Mühlsee	Lans	/	683844,30	5235096,28	807
Quelle im oberen Feld	Lans	QU70325514	684134,41	5234276,59	900
Bach bei den Mooshöfen	Rinn	/	688928,82	5237030,83	855
Brunnen Traugott 1	Rinn	GW70345001	689362,56	5236208,92	895
Brunnen Traugott 2	Rinn	GW70345002	689350,37	5236229,19	895
Kellerquelle	Rinn	/	688260,03	5235756,84	895
Kralingerquelle MO/PM 1	Rinn	/	690252,42	5237330,26	870
Lechnerquelle	Rinn	/	690353,09	5236824,94	853
Schmidquelle MO/PM 1	Rinn	QU70345506	689977,51	5236039,44	940
Triendlhofquelle	Rinn	QU70345507	688604,49	5235741,89	920
Trinkllochquelle/Höck-Zwetkoff MO/PM 1	Rinn	QU70345508	688473,56	5235620,64	920
Plattenmahdquelle	Sistrans	QU70353507	686419,38	5234979,40	920
Ranser Quellen 1+2	Sistrans	QU70353003	685028,15	5234862,89	882
Aschbacherquelle	Tulfes	QU70360501	692369,91	5239179,71	560
Faulingerquelle MO/PM 1	Tulfes	QU70360506	692260,09	5238993,81	600
Glockenhofquelle	Tulfes	QU70360508	691054,51	5238671,12	660
Gschleinhöfe 1 MO/PM 1	Tulfes	/	691437,07	5237964,44	730
Hallerquelle MO/PM 2	Tulfes	QU70360511	691866,45	5237861,96	740
Mühlingerquelle	Tulfes	/	692018,64	5238318,61	715
Platzerquelle	Tulfes	QU70345503	690033,20	5236116,40	920
Pottenhofquelle MO/PM 2	Tulfes	QU70360520	690533,83	5236899,04	820
Schützenquelle	Tulfes	QU70360522	692018,64	5238318,61	715
Weierhofquelle	Tulfes	QU70360527	691426,59	5237304,48	900
Zimmertalbach	Tulfes	/	691742,01	5238832,02	640
Kohlerquelle MO/PM 1	Volders	QU70365510	692758,25	5238733,39	700
Peterquelle MO/PM 2	Volders	QU70365506	692958,53	5239088,79	640
Scheiberquelle	Volders	QU70365507	692810,87	5239378,44	600

Liste der ausgewerteten Elemente (Sortierung nach Gemeinden).

## 5.2.2 Anzahl und Lage der hydrologischen

Lista degli elementi analizzati (ordinati secondo comune).

## 5.2.2 Numero e posizione degli elementi idrologici

## Elemente

Die Elemente liegen auf folgenden Seehöhen:

- 3 auf < 600 m ü.A.
- 12 auf 600 - 700 m ü.A.
- 15 auf 700 - 800 m ü.A.
- 24 auf 800 - 900 m ü.A.
- 10 auf 900 - 1000 m ü.A.

Die höchsten Elemente sind die Schmidquelle auf ca. 940 m ü.A. und die Trinklochquelle/Höck-Zwetkoff, die Triendlquellen, die Triendlhofquelle, die Platzerquelle sowie die Plattenmahdquelle auf ca. 920 m ü.A. Die niedrigsten Quellen sind die Aschbacherquelle auf ca. 560 m ü.A. und die Häuserquelle auf ca. 570 m ü.A.

### 5.2.3 Nutzung

Die Nutzung der 64 Elementen sieht wie folgt aus:

- 18 öffentliche Wasserversorgungen
- 28 Haus- bzw. Einzelwasser-versorgungen
- 3 Wärmepumpen bzw. Bohrbrunnen
- 2 Teiche (Fischzucht)
- 3 Nutz-/Brauchwasser- bzw. Laufbrunnen
- 10 derzeit ohne Nutzung (v.a. Gerinne) bzw. ausgeleitet

### 5.2.4 Geologische Umgebung

Der geologische Nahbereich wird von der ILF für die 64 Elemente wie folgt angegeben:

- 44 dominierend Lockergestein
- 20 dominierend Festgestein

Die meisten Quellen liegen somit in der Lockergesteinsüberlagerung, werden vorwiegend aus diesen gespeist und weisen somit ein seichtes, eng begrenztes Einzugsgebiet auf. Dieser Umstand wurde bei den Messungen im Rahmen der WWBS 1 und 2 bestätigt. Zum überwiegenden Teil wurden geringe Schüttungsmengen bei einer meist großen Schwankungsbreite dokumentiert.

### 5.2.5 Schüttung

Die risikobewerteten Quellen mit den 5 niedrigsten maximalen Schüttungsmengen waren:

- Glockenhofquelle – 0,04 l/s

Gli elementi si trovano alle seguenti quote msA:

- 3 a < 600 msA
- 12 a 600 - 700 msA
- 15 a 700 - 800 msA
- 24 a 800 - 900 msA
- 10 a 900 - 1000 msA

Gli elementi posti a quota più elevata sono le sorgenti di Schmidquelle a ca. 940 m sA e le sorgenti di Trinklochquelle/Höck-Zwetkoff, di Triendlquellen, di Triendlhofquelle, di Platzerquelle e di Plattenmahdquelle a ca. 920 m sA. Le sorgenti a quota più bassa sono la sorgente di Aschbacherquelle a ca. 560 msA e di Häuserquelle a ca. 570 msA.

### 5.2.3 Utilizzo

L'utilizzo dei 64 elementi é il seguente:

- 18 approvvigionamento idrico pubblico
- 28 approvvigionamento idrico domestico ovvero approvvigionamento singolo
- 3 pompe di calore ovvero pozzi
- 2 stagno (itticoltura)
- 3 acqua per uso industriale ovvero fontanelle
- 10 attualmente non utilizzate (corsi d'acqua) risp. Dispersi

### 5.2.4 Ambiente geologico

L'ambiente geologico dei 64 elementi idrologici viene così indicato da ILF:

- 44 dominante materiale sciolto
- 20 dominante ammasso roccioso compatto

La maggior parte delle sorgenti si trova perciò nella copertura in materiale sciolto, da cui vengono prevalentemente alimentate e presentano perciò un bacino di alimentazione a bassa profondità stretto e limitato. Questa circostanza è stata confermata dalle misurazioni nell'ambito del MRI 1 e 2. Sono state per lo più documentate portate scarse con un margine di oscillazione per lo più grande.

### 5.2.5 Portata

Le sorgenti valutate a rischio con le 5 portate più basse massime erano

- sorgente Glockenhofquelle – 0,04 l/s



- Möslquelle MO 1 – 0,05 l/s
- Ischiaquelle – 0,05 l/s
- Triendlhofquelle – 0,06 l/s
- Kralingerquelle MO 1 – 0,06 l/s

Die risikobewerteten Quellen mit den 5 größten maximalen Schüttungsmengen waren:

- Kalkofenquelle MO 2 – 11,4 l/s
- Luschquelle II – 6,0 l/s
- Platzerquelle – 2,8 l/s
- Lanser Moos Quelle – 2,7 l/s
- Untere Herztalquelle MO 1 – 2,3 l/s

Die risikobewerteten Quellen mit den 5 größten minimalen Schüttungsmengen waren:

- Kalkofenquelle MO 2 – 7,0 l/s
- Luschquelle II – 3,2 l/s
- Platzerquelle – 1,7 l/s
- Lanser Moos Quelle – 1,4 l/s
- Untere Herztalquelle MO 1 – 1,2 l/s

Die risikobewerteten Quellen mit den 5 niedrigsten minimalen Schüttungsmengen waren:

- Plattenmahdquelle – 0,000 l/s
- Möslquelle MO 1 – 0,001 l/s
- Glockenhofquelle – 0,003 l/s
- Ischiaquelle – 0,006 l/s
- Öllacherquelle – 0,02 l/s

#### 5.2.6 Temperatur

Die 7 Quellen mit der höchsten minimalen Wassertemperatur im Beobachtungszeitraum sind:

- Gschleinshöfe MO 1 mit 9,4°C
- Andlklausquelle MO 1 mit 9,2°C
- Scheiberquelle mit 9,0°C
- Tschuggenquelle mit 8,9°C
- Kalkofenquelle Ampass MO 2 mit 8,9°C
- Peterquelle MO 2 mit 8,9°C
- Brunnen Haas mit 8,9°C

Die 5 Quellen mit der niedrigsten minimalen Wassertemperatur im Beobachtungszeitraum sind:

- sorgente Möslquelle PM 1 – 0,05 l/s
- sorgente Ischiaquelle – 0,05 l/s
- sorgente Triendlhofquelle – 0,06 l/s
- sorgente Kralingerquelle PM 1 – 0,06 l/s

Le sorgenti valutate a rischio con le 5 portate più alte massime erano:

- sorgente Kalkofenquelle PM 2 – 11,4 l/s
- sorgente Luschquelle II – 6,0 l/s
- sorgente Platzerquelle – 2,8 l/s
- sorgente Lanser Moos Quelle – 2,7 l/s
- sorgente Untere Herztalquelle PM 1 – 2,3 l/s

Le sorgenti valutate a rischio con le 5 portate più alte minime erano:

- sorgente Kalkofenquelle PM 2 – 7,0 l/s
- sorgente Luschquelle II – 3,2 l/s
- sorgente Platzerquelle – 1,7 l/s
- sorgente Lanser Moos Quelle – 1,4 l/s
- sorgente Untere Herztalquelle PM 1 – 1,2 l/s

Le sorgenti valutate a rischio con le 5 portate più basse minime erano:

- sorgente Plattenmahdquelle – 0,000 l/s
- sorgente Möslquelle PM 1 – 0,001 l/s
- sorgente Glockenhofquelle – 0,003 l/s
- sorgente Ischiaquelle – 0,006 l/s
- sorgente Öllacherquelle – 0,02 l/s

#### 5.2.6 Temperatura

Le 7 sorgenti con la temperatura più alta minima dell'acqua nel periodo di osservazione sono:

- sorgente Gschleinshöfe PM 1 con 9,4°C
- sorgente Andlklausquelle PM 1 mit 9,2°C
- sorgente Scheiberquelle con 9,0°C
- sorgente Tschuggenquelle con 8,9°C
- sorgente Kalkofenquelle Ampass PM 2 con 8,9°C
- sorgente Peterquelle PM 2 con 8,9°C
- Brunnen Haas con 8,9°C

Le 5 sorgenti con la temperatura più bassa minima dell'acqua nel periodo di osservazione sono:

- Glockenhofquelle mit 3,0 °C
- Aschauerquelle MO 2 mit 3,1 °C
- Möslquelle MO 1 mit 3,8 °C
- Faulingerquelle MO 1 mit 4,0 °C
- Seehüterquelle mit 4,1 °C

Die 5 Quellen mit der niedrigsten maximalen Wassertemperatur im Beobachtungszeitraum sind:

- Triendlhofquelle mit 7,7 °C
- Platzerquelle mit 7,8 °C
- Schmidquelle MO 1 mit 7,9 °C
- Kellerquelle mit 8,1 °C
- Untere Herztalquelle MO 1 mit 8,3 °C

Die 5 Quellen mit der höchsten maximalen Wassertemperatur im Beobachtungszeitraum sind:

- Möslquelle MO 1 mit 19,0 °C
- Trinklochquelle/Höck-Zwetkoff MO 1 mit 17,1 °C
- Aschauerquelle MO 2 mit 16,4 °C
- Andlklausquelle MO 1 mit 14,9 °C
- Hallerquelle MO 2 mit 13,2 °C

#### 5.2.7 Elektrische Leitfähigkeit

Die Quellen mit den 5 niedrigsten elektrischen Leitfähigkeit im Beobachtungszeitraum sind:

- Triendlquelle MO 2 mit 96 µS/cm
- Seehüterquelle mit 115 µS/cm
- Quelle im oberen Feld mit 147 µS/cm
- Hackerquelle (Oberfeld) mit 150 µS/cm
- Lanser Moos Quelle mit 166 µS/cm

Die Quellen mit den 5 höchsten elektrischen Leitfähigkeiten im Beobachtungszeitraum sind:

- Möslquelle MO 1 mit 1574 µS/cm
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2 mit 1381 µS/cm
- Obere Prockenquelle mit 1375 µS/cm
- Aschauerquelle MO 2 mit 984 µS/cm
- Mühlseequelle MO 2 mit 792 µS/cm

#### 5.2.8 Analyseergebnisse aus dem Labor

Von den 64 Elementen wurden 55 Elemente beprobt und im Labor analysiert.

- sorgente Glockenhofquelle mit 3,0 °C
- sorgente Aschauerquelle PM 2 mit 3,1 °C
- sorgente Möslquelle PM 1 mit 3,8 °C
- sorgente Faulingerquelle PM 1 mit 4,0 °C
- sorgente Seehüterquelle mit 4,1 °C

Le 5 sorgenti con la temperatura più bassa massima dell'acqua nel periodo di osservazione sono:

- sorgente Triendlhofquelle mit 7,7 °C
- sorgente Platzerquelle mit 7,8 °C
- sorgente Schmidquelle PM 1 mit 7,9 °C
- sorgente Kellerquelle mit 8,1 °C
- sorgente Untere Herztalquelle PM 1 mit 8,3 °C

Le 5 sorgenti con la temperatura più alta massima dell'acqua nel periodo di osservazione sono:

- sorgente Möslquelle PM 1 mit 19,0 °C
- sorgente Trinklochqu./Höck-Zwetkoff mit 17,1 °C
- sorgente Aschauerquelle PM 2 mit 16,4 °C
- sorgente Andlklausquelle PM 1 mit 14,9 °C
- sorgente Hallerquelle PM 2 mit 13,2 °C

#### 5.2.7 Conducibilità elettrica

Le sorgenti con le 5 conducibilità elettriche più basse nel periodo di osservazione sono:

- sorgente Triendlquelle PM 2 mit 96 µS/cm
- sorgente Seehüterquelle mit 115 µS/cm
- sorgente Quelle im oberen Feld mit 147 µS/cm
- sorgente Hackerquelle (Oberfeld) mit 150 µS/cm
- sorgente Lanser Moos Quelle mit 166 µS/cm

Le sorgenti con le 5 conducibilità elettriche più alte nel periodo di osservazione sono:

- sorgente Möslquelle PM 1 mit 1574 µS/cm
- sorgente Schönruhqu./Tomasi mit 1381 µS/cm
- sorgente Obere Prockenquelle mit 1375 µS/cm
- sorgente Aschauerquelle PM 2 mit 984 µS/cm
- sorgente Mühlseequelle PM mit 792 µS/cm

#### 5.2.8 Risultati dalle analisi di laboratorio

Su 64 dei 55 elementi sono state eseguite delle prove e analizzate in laboratorio.

#### 5.2.8.1 Bakteriologie

Bei folgenden Quellen wurden die bakteriologischen Anforderungen nicht erfüllt:

- Agenbachquelle MO 1
- Agenbachquelle MO 2
- Aschauerquelle MO 2
- Egerdachquelle
- Lochmühlquelle MO 1
- Luschquelle II
- Mülhseequelle MO 2
- Mutelquelle
- Obere Herztalquellen MO 1
- Plattenmahdquelle
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2
- Seehüterquelle
- Tischlerquelle
- Widumquelle
- Obere Herztalquellen MO 2

#### 5.2.8.2 pH-Wert

Im Beobachtungszeitraum weisen folgende Quellen bei der Wasseranalyse die niedrigsten pH-Werte auf:

- Quelle im oberen Feld mit 6,32
- Hackerquelle (Oberfeld) mit 6,44
- Möslquelle MO 1 mit 6,51
- Öllacherquelle mit 6,55
- Lanser Moos Quelle mit 6,56

Es sind dies (abgesehen von der Möslquelle) durchwegs Quellen südöstlich von Lans.

Im Beobachtungszeitraum weisen folgende Quellen bei der Wasseranalyse die höchsten pH-Werte auf:

- Lanser Moos Quelle mit 8,04
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2 mit 8,00
- Widumquelle MO 1 mit 7,97
- Egerdachquelle mit 7,96
- Quelle im oberen Feld mit 7,89

Es sind dies Quellen in der Nähe der Ortschaften Ampass, Aldrans sowie Lans.

#### 5.2.8.1 Batteriologia

Per le seguenti sorgenti non risultano soddisfatti i requisiti batteriologici richiesti:

- sorgente Agenbachquelle PM 1
- sorgente Agenbachquelle PM 2
- sorgente Aschauerquelle PM 2
- sorgente Egerdachquelle
- sorgente Lochmühlquelle PM 1
- sorgente Luschquelle II
- sorgente Mülhseequelle PM 2
- sorgente Mutelquelle
- sorgente Obere Herztalquellen PM 1
- sorgente Plattenmahdquelle
- sorgente Schönruhquelle/Tomasi PM 2
- sorgente Seehüterquelle
- sorgente Tischlerquelle
- sorgente Widumquelle
- sorgente Obere Herztalquellen PM 2

#### 5.2.8.2 Valori di pH

Nel periodo di osservazione le seguenti sorgenti presentano i valori di pH di analisi dell'acqua più bassi:

- sorgente Quelle im oberen Feld con 6,32
- sorgente Hackerquelle (Oberfeld) con 6,44
- sorgente Möslquelle PM 1 con 6,51
- sorgente Öllacherquelle con 6,55
- sorgente Lanser Moos Quelle con 6,56

Si tratta di sorgenti situati a sudest di Lans (eccetto la sorgente Möslquelle)

Nel periodo di osservazione le seguenti sorgenti presentano i valori di pH di analisi dell'acqua più alti:

- sorgente Lanser Moos Quelle con 8,04
- sorgente Schönruhquelle/Tomasi PM 2 con 8,00
- sorgente Widumquelle PM 1 con 7,97
- sorgente Egerdachquelle con 7,96
- sorgente Quelle im oberen Feld con 7,89

Si tratta di sorgenti in prossimità dei paesi Ampass, Aldrans e Lans.

### 5.2.8.3 Gesamthärte

Die im Wasser gelösten Verbindungen mit Erdalkalien (Calcium und Magnesium) bestimmen die Härte des Wassers.

Im Labor wurde die minimale // maximale Wasserhärte (Gesamthärte) der 55 Elemente wie folgt festgestellt:

- 4 // 2 sehr weich ( $< 4^{\circ}\text{dH}$ )
- 24 // 21 weich ( $4 - 8^{\circ}\text{dH}$ )
- 11 // 14 mittelhart ( $8 - 12^{\circ}\text{dH}$ )
- 13 // 12 ziemlich hart ( $12 - 18^{\circ}\text{dH}$ )
- 3 // 6 hart bis sehr hart ( $18 - 30^{\circ}\text{dH}$ )

Die 5 Quellen mit der niedrigsten Gesamthärte bei der Wasseranalyse sind:

- Triendlquelle MO 1 mit  $2,3^{\circ}\text{dH}$
- Quelle im oberen Feld mit  $3,7^{\circ}\text{dH}$
- Seehüterquelle mit  $3,8^{\circ}\text{dH}$
- Hackerquelle (Oberfeld) mit  $3,8^{\circ}\text{dH}$
- Lanser Moos Quelle mit  $4,2^{\circ}\text{dH}$

Dies sind dies höher gelegene Quellen westlich von Rinn sowie südöstlich von Lans.

Die 5 Quellen mit der höchsten Gesamthärte bei der Wasseranalyse sind:

- Aschauerquelle MO 2 mit  $29,7^{\circ}\text{dH}$
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2 mit  $28,2^{\circ}\text{dH}$
- Möslquelle MO 1 mit  $26,4^{\circ}\text{dH}$
- Egerdachquelle mit  $23,0^{\circ}\text{dH}$
- Obere Prockenquelle mit  $21,7^{\circ}\text{dH}$

Abgesehen von der Egerdachquelle und der Oberen Prockenquelle sind dies Quellen in unmittelbarer Nähe zu Aldrans.

Die Karbonathärte trägt im Mittel mit 84% zur Gesamthärte bei.

Entsprechend der Wasseranalysen sind die 6 Quellen mit dem größten Anteil an Nichtkarbonathärte an der Gesamthärte:

- Seehüterquelle mit 28%
- Weiherhofquelle mit 26%
- Lechnerquelle mit 24%
- Kalkofenquelle Ampass MO 2 mit 24%

### 5.2.8.3 Durezza totale

I legami sciolti in acqua delle terre alcaline (calcio e magnesio) determinano la durezza dell'acqua.

In laboratorio la minima / massima durezza dell'acqua dei 55 elementi (durezza totale) è stata stabilita come segue:

- 4 // 2 molto dolce ( $< 4^{\circ}\text{dH}$ )
- 24 // 21 dolce ( $4 - 8^{\circ}\text{dH}$ )
- 11 // 14 durezza media ( $8 - 12^{\circ}\text{dH}$ )
- 13 // 12 abbastanza dura ( $12 - 18^{\circ}\text{dH}$ )
- 3 // 6 da dura a molto dura ( $18 - 30^{\circ}\text{dH}$ )

Le 5 sorgenti aventi i valori di durezza totale di analisi dell'acqua più bassi sono:

- sorgente Triendlquelle MO 1 con  $2,3^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Quelle im oberen Feld con  $3,7^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Seehüterquelle con  $3,8^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Hackerquelle (Oberfeld) con  $3,8^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Lanser Moos Quelle con  $4,2^{\circ}\text{dH}$

Si tratta di sorgenti situati più in alto ad ovest di Rinn e a sudest di Lans.

Le 5 sorgenti con i valori di durezza totale di analisi dell'acqua più alti sono:

- sorgente Aschauerquelle PM 2 con  $29,7^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Schönruhquelle/Tomasi con  $28,2^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Möslquelle PM 1 con  $26,4^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Egerdachquelle con  $23,0^{\circ}\text{dH}$
- sorgente Obere Prockenquelle con  $21,7^{\circ}\text{dH}$

A parte della sorgente Egerdachquelle e della sorgente Obere Prockenquelle si tratta di sorgenti in immediata vicinanza di Aldrans.

La durezza carbonica contribuisce mediamente nella misura dell'84% alla durezza totale.

Corrispondentemente alle analisi sull'acqua, le 6 sorgenti con la maggior aliquota di durezza non carbonica rispetto alla durezza totale sono:

- sorgente Seehüterquelle con 28%
- sorgente Weiherhofquelle con 26%
- sorgente Lechnerquelle con 24%
- sorgente Kalkofenquelle Ampass PM 2 con 24%

- Möslquelle MO 1 mit 24%
- Tschuggenquelle mit 24%

Entsprechend der Wasseranalysen sind die 3 Quellen mit dem größten Anteil an Karbonathärte an der Gesamthärte:

- Andlklausquelle MO 1 mit 99%
- Kralingerquelle MO 1 mit 99%
- Aschauerquelle MO 2 mit 98%

#### 5.2.8.4 Ausgewählte Ionen

In folgenden Quellen wurden hohe Natrium- bzw. Chlorid-Gehalte festgestellt:

- Möslquelle MO 1 mit 116,2 bzw. 246,4 mg/l
- Schönruhquelle/Tom. mit 93,6 bzw. 187,8 mg/l
- Öllacherquelle mit 44,7 bzw. 69,9 mg/l
- Mühlseequelle MO 2 mit 41,9 bzw. 84,7 mg/l
- Ranser Quellen 1 + 2 mit 29,8 bzw. 49,4 mg/l

Dies spricht v.a. bei den beiden stark erhöhten Werten für eine Verunreinigung durch Streusalz. Ein hoher Chlorid-Gehalt kann auch auf eine Verunreinigung des Wassers durch organische Stoffe (Reste von Lebewesen bzw. deren Ausscheidungsprodukten) hinweisen.

In folgenden Quellen wurde ein erhöhter Eisen-Gehalt festgestellt:

- Aschauerquelle MO 2 mit 3,21 mg/l
- Möslquelle MO 1 mit 0,41 mg/l
- Quelle im oberen Feld mit 0,39 mg/l
- Öllacherquelle mit 0,19 mg/l
- Mutelquelle mit 0,19 mg/l
- Obere Prockenquelle mit 0,16 mg/l
- Bleichrönnl mit 0,16 mg/l
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2 mit 0,12 mg/l

Bei den restlichen Quellen beträgt der Eisen-Gehalt weniger als 0,05 mg/l bzw. konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei 2 Quelle wurde ein erhöhter Mangan-Wert dokumentiert:

- Aschauerquelle MO 2 mit 0,96 mg/l
- Möslquelle MO 1 mit 0,05 mg/l

Bei den restlichen Quellen beträgt der Mangan-Gehalt weniger als 0,04 mg/l bzw. konnte nicht nachgewiesen

- sorgente Möslquelle PM 1 con 24%
- sorgente Tschuggenquelle con 24%

Corrispondentemente alle analisi sull'acqua le 3 sorgenti con la maggior aliquota di durezza carbonica rispetto alla durezza totale sono:

- Sorgente Andlklausquelle PM 1 con 99%
- Sorgente Kralingerquelle PM 1 con 99%
- Sorgente Aschauerquelle PM 2 con 98%

#### 5.2.8.4 Ausgewählte Ionen

In folgenden Quellen wurden hohe Natrium- bzw. Chlorid-Gehalte festgestellt:

- Möslquelle MO 1 mit 116,2 bzw. 246,4 mg/l
- Schönruhquelle/Tom. mit 93,6 bzw. 187,8 mg/l
- Öllacherquelle mit 44,7 bzw. 69,9 mg/l
- Mühlseequelle MO 2 mit 41,9 bzw. 84,7 mg/l
- Ranser Quellen 1 + 2 mit 29,8 bzw. 49,4 mg/l

Dies spricht v.a. bei den beiden stark erhöhten Werten für eine Verunreinigung durch Streusalz. Ein hoher Chlorid-Gehalt kann auch auf eine Verunreinigung des Wassers durch organische Stoffe (Reste von Lebewesen bzw. deren Ausscheidungsprodukten) hinweisen.

In folgenden Quellen wurde ein erhöhter Eisen-Gehalt festgestellt:

- Aschauerquelle MO 2 mit 3,21 mg/l
- Möslquelle MO 1 mit 0,41 mg/l
- Quelle im oberen Feld mit 0,39 mg/l
- Öllacherquelle mit 0,19 mg/l
- Mutelquelle mit 0,19 mg/l
- Obere Prockenquelle mit 0,16 mg/l
- Bleichrönnl mit 0,16 mg/l
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2 mit 0,12 mg/l

Bei den restlichen Quellen beträgt der Eisen-Gehalt weniger als 0,05 mg/l bzw. konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei 2 Quelle wurde ein erhöhter Mangan-Wert dokumentiert:

- Aschauerquelle MO 2 mit 0,96 mg/l
- Möslquelle MO 1 mit 0,05 mg/l

Bei den restlichen Quellen beträgt der Mangan-Gehalt weniger als 0,04 mg/l bzw. konnte nicht nachgewiesen

werden.

Bei 4 Quellen wurde ein erhöhter Ammonium- bzw. Nitrit-Gehaltdokumentiert:

- Aschauerquelle MO 2 mit 1,65 bzw. 0,19 mg/l
- Andlklausquelle MO 1 mit 0,72 bzw. 0,38 mg/l
- Öllacherquelle mit 0,21 bzw. < 0,009 mg/l
- Obere Prockenquelle mit < 0,028 bzw. 0,15 mg/l

Bei den restlichen Quellen beträgt der Ammonium- bzw. Nitrit-Gehalt weniger als 0,06 bzw. 0,04 mg/l bzw. konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Quellen mit den 6 höchsten Nitrat-Gehalte laut Wasseranalyse sind:

- Egerdachquelle mit 75,0 mg/l
- Obere Prockenquelle mit 66,6 mg/l
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2 mit 55,9 mg/l
- Möslquelle MO 1 mit 42,6 mg/l
- Aschauerquelle MO 2 mit 36,2 mg/l
- Mühlseequelle MO 2 mit 35,4 mg/l

Die Quellen mit den 6 höchsten Sulfat-Gehalte laut Wasseranalyse sind:

- Egerdachquelle mit 60,0 mg/l
- Angerlequelle mit 38,3 mg/l
- Schönruhquelle/Tomasi MO 2 mit 37,5 mg/l
- Mühlseequelle MO 2 mit 36,6 mg/l
- Obere Prockenquelle mit 36,2 mg/l
- Möslquelle MO 1 mit 33,6 mg/l

Die Betonaggressivität der Wässer wurde nicht untersucht. Zusammenfassend kann jedoch festgestellt werden, dass keine betonangreifenden Wässer auffallen.

Wegen eines pH-Wertes von  $5,5 \leq x < 6,5$  muss das Wasser folgender Quellen jedoch als (zumindest zeitweise) schwach betonangreifend klassifiziert werden:

- Quelle im oberen Feld mit pH 6,32
- Hackerquelle (Oberfeld) mit pH 6,44

Wegen einer Gesamthärte von  $< 3^\circ\text{dH}$  muss das Wasser folgender Quellen jedoch als (zumindest zeitweise) leicht betonlösend klassifiziert werden:

- Triendlquelle MO 1 mit  $2,26^\circ\text{dH}$

werden.

Bei 4 Quellen wurde ein erhöhter Ammonium- bzw. Nitrit-Gehaltdokumentiert:

- Aschauerquelle MO 2 mit 1,65 bzw. 0,19 mg/l
- Andlklausquelle MO 1 mit 0,72 bzw. 0,38 mg/l
- Öllacherquelle mit 0,21 bzw. < 0,009 mg/l
- Obere Prockenquelle mit < 0,028 bzw. 0,15 mg/l

Bei den restlichen Quellen beträgt der Ammonium- bzw. Nitrit-Gehalt weniger als 0,06 bzw. 0,04 mg/l bzw. konnte nicht nachgewiesen werden.

Le sorgenti con i 6 contenuti di nitrato più elevati secondo le analisi delle acque sono:

- sorgente Egerdachquelle con 75,0 mg/l
- sorgente Obere Prockenquelle con 66,6 mg/l
- sorgente Schönruhqu./Tomasi PM 2 con 55,9 mg/l
- sorgente Möslquelle PM 1 con 42,6 mg/l
- sorgente Aschauerquelle PM 2 con 36,2 mg/l
- sorgente Mühlseequelle con 35,4 mg/l

Le sorgenti con i 6 contenuti di solfato più elevati secondo le analisi dell'acqua sono:

- sorgente Egerdachquelle con 60,0 mg/l
- sorgente Angerlequelle con 38,3 mg/l
- sorgente Schönruhqu./Tomasi PM 2 con 37,5 mg/l
- sorgente Mühlseequelle PM 2 con 36,6 mg/l
- sorgente Obere Prockenquelle con 36,2 mg/l
- sorgente Möslquelle PM 1 con 33,6 mg/l

L'aggressività al calcestruzzo delle acque non è stata analizzata. Riepilogando si può tuttavia stabilire che non vi è presenza di acque aggressive del calcestruzzo.

A causa del valore pH di  $5,5 \leq x < 6,5$  l'acqua delle seguenti sorgenti deve essere classificata perciò (perlomeno a volte) come debole aggressivo del calcestruzzo

- sorgente Quelle im oberen Feld con pH 6,32
- Hackerquelle (Oberfeld) con pH 6,44

A causa di una durezza totale  $< 3^\circ\text{dH}$ , l'acqua delle sorgenti seguenti deve essere tuttavia classificata (perlomeno a volte) come leggermente solvente del calcestruzzo:

- Sorgente Triendlquelle PM 1 con  $2,26^\circ\text{dH}$

### 5.2.9 Hydrografische Grundlagen

Die Jahressumme des Niederschlags im engeren Untersuchungsraum zwischen Lans und Volders wird im „Arbeitsbericht Hydrografische Messstellen“ (ARGE WWBS Brenner Basistunnel, 2005) mit 800 - 900 mm angegeben. Auffallend ist, dass bis auf eine Seehöhe von ca. 1200 m ü.A. der Niederschlag keine lineare Höhenabnahme zeigt.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt etwa 7 - 8 °C.

Die Evapotranspiration wurde mit 500(-600) mm berechnet (ARGE WWBS Brenner Basistunnel, Innsbruck 2005).

### 5.3 HYDROGEOLOGISCHE EINHEITEN

Die Charakterisierung der hydrogeologischen Einheiten basiert großteils auf den in Kapitel 5.1 genannten Unterlagen. Nach einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Planungsprojekt, der Kartierung vor Ort und einer detaillierten Auswertung sämtlicher Unterlagen wurden Erfahrungswerten aus Projekten in vergleichbarem (hydro)geologischem Rahmen berücksichtigt.

#### 5.3.1 Quartäre Ablagerungen

Die Durchlässigkeit der Terrassenschotter, der Eisrandsedimente und vor allem des ausgewaschenen Moränenmaterials kann mit mittel bis (sehr) hoch ( $k_f > 10^{-6}$  m/s) angegeben werden. Moränenmaterial und tonig-schluffige Ruhigwasserablagerungen weisen (sehr) geringe ( $k_f < 10^{-7}$  m/s) Durchlässigkeiten auf. Konglomeratlagen bzw. -körper weisen eine hohe ( $k_f > 10^{-4}$  m/s) Durchlässigkeit auf.

#### 5.3.2 Festgesteine

Die Wasserdurchlässigkeit des ungestörten Innsbrucker Quarzphyllits kann generell als gering angegeben werden. Offene Trennflächen konnten nur selten beobachtet werden. Die ausgeprägte Schieferung des Phyllits, mit einem meist um die Horizontale pendelndem Einfallen, erschwert ein horizontales Durchströmen zusätzlich. An der Oberfläche sind im karbonathaltigen Phyllit häufig Lösungserscheinungen im Millimeter-Bereich zu beobachten. Auf Tunnelniveau wurden diese Phänomene nicht dokumentiert.

Im Innsbrucker Quarzphyllit bilden sich in Bereichen starker Trennflächenintensität und -konnektivität lokal begrenzte Kluftaquifere. Diese Bereiche starker Zerlegung bzw. Zerrüttung weisen mittlere Durchlässigkeiten ( $k_f < 10^{-6}$  m/s) auf.

Die im Innsbrucker Quarzphyllit vorkommenden (teils eingeschuppten) Karbonat- und Grüngesteinskörper

### 5.2.9 Documentazione idrografica

Le precipitazioni totali annue nel ristretto settore di indagine tra Lans e Volders nella “relazione luoghi di misurazione idrografici” (ATI MRI Galleria di Base del Brennero, Innsbruck 2005) sono indicate in 800 - 900 mm. È vistoso il fatto che fino ad un'altezza di ca. 1200 m msA le precipitazioni non crescono linearmente.

La temperatura media annuale è di ca. 7 - 8 °C.

La traspirazione per evaporazione è stata calcolata in ca. 500(-600) mm (ATI MRI Galleria di Base del Brennero, Innsbruck 2005).

### 5.3 UNITÀ IDROGEOLOGICHE

La caratterizzazione delle unità idrogeologiche si basa per la maggior parte sulla documentazione nominata al capitolo 5.1. Dopo un'intensa analisi del progetto, della cartografia in sito ed una interpretazione dettagliata di tutta la documentazione, sono stati presi in considerazione valori empirici di progetti con condizioni al contorno (idro)geologiche confrontabili.

#### 5.3.1 Depositi quaternari

La permeabilità dei terrazzi di pietrisco, dei sedimenti glaciali laterali e soprattutto del materiale morenico dilavato può essere caratterizzata con valori da medi fino a (molto) elevati ( $k_f > 10^{-6}$  m/s). Il materiale morenico e depositi argillosi-limosi in acqua calma presentano permeabilità (molto) scarse ( $k_f < 10^{-7}$  m/s). Gli strati ovvero i corpi conglomeratici presentano permeabilità elevata ( $k_f > 10^{-4}$  m/s).

#### 5.3.2 Rocce compatte

La permeabilità della fillade quarzifera di Innsbruck indisturbata può essere generalmente indicata come scarsa. Fratture aperte potevano essere solo raramente osservate. La spiccata scistosità della fillade con immersione approssimativamente oscillante sull'orizzontale rende ancora più difficile uno scorrimento orizzontale dell'acqua. In superficie sono spesso osservabili nella fillade carbonica fenomeni di dissoluzione nell'ordine dei millimetri. Al livello della galleria questi fenomeni non sono stati documentati.

Nella fillade quarzifera di Innsbruck nelle zone di forte intensità e connettività di frattura sono presenti acquiferi localmente delimitati da fratture. Questi settori a frammentazione e dissesto intensi presentano permeabilità medie ( $k_f < 10^{-6}$  m/s).

I corpi rocciosi carbonici e verdi rinvenuti nella fillade quarzifera di Innsbruck (parzialmente scagliate) a causa del

weisen auf Grund ihres spröden Deformationsverhaltens meist deutliche Kluftnetzwerke und somit geringe bis mittlere Durchlässigkeiten auf. Bei der geologischen Detailkartierung wurde im Steinbruch Ampass ein ca. 0,5 m breiter Karstschlauch angetroffen. Auf Tunnelniveau wurden keine Karst-Phänomene dokumentiert.

### 5.3.3 Störungsgesteine

Bei sprödetektonischer Beanspruchung werden Phyllite generell zu feinkörnigen, meist bindig – feinblättrigen Störungsgesteinen zerrieben bzw. zerschert, die sehr geringe bis geringe Durchlässigkeiten ( $k_f < 10^{-8}$  m/s) aufweisen.

## 5.4 BESCHREIBUNG DES HYDROGEOLOGISCHEN MODELLS

### 5.4.1 Grundwasserflusssysteme

#### 5.4.1.1 Quartäre Ablagerungen

Der Grundwasserstrom in den Lockergesteinen findet großteils entlang der Felsoberfläche bzw. der aufgelagerten Moräne statt und folgt somit Lage und Form selbiger. Lithologien mit erhöhter Durchlässigkeit (z.B. Kiese) kanalisieren den Grundwasserstrom zusätzlich. Im engeren Projektgebiet kann von einem meist der alten Tallandschaft bzw. der Gletschervorstoßrichtung folgenden NO gerichteten Grundwasserstrom ausgegangen werden. Lokal dürfte der Grundwasserstrom im Lockergestein auch den direkten Weg zur Vorflut Richtung N (vereinzelt NE) nehmen.

#### 5.4.1.2 Festgesteine / Störungsgesteine

Der Innsbrucker Quarzphyllit ist ein Kluftwasserleiter mit allgemein geringer Durchlässigkeit entlang der Hauptkluftscharen. Lediglich in den Bereichen der Karbonate und der Grünschiefer sind leicht höhere Durchlässigkeiten zu erwarten.

Prinzipiell ist das Grundgebirge durch die inntalparallele Hauptstörung (und dessen parallele Nebenäste) und die dazu quer verlaufenden Störungen in einzelne Blöcke zerlegt. Da die Störungen mit ihrem hohen Feinkornanteil i.d.R. als Stauer agieren, ist ein kontinuierlicher Grundwasserfluß nur sehr untergeordnet bzw. lokal stark beschränkt vorhanden. Entlang von Störungen kommt es daher zu einem "Überlaufen" der einzelnen Blöcke. Zudem ist der Fels im Nahbereich der Störungen meist aufgelockert und weist eine leicht erhöhte Durchlässigkeit auf. Im Bereich von sich kreuzenden Störungen wurden gehäuft Quellaustritte beobachtet.

Verhalten deformativ fragil präsentieren für die meisten eine netzartige Fraktur und damit Permeabilität von gering bis mittel. Bei der geologischen Detailkartierung in der Ampass-Grube wurde eine Lufthöhle mit einem Durchmesser von ca. 0,5 m festgestellt. Im Bereich der Grube sind keine Karstphänomene dokumentiert.

### 5.3.3 Rocce di faglia

Infolge von tektonischen Beanspruchungen werden die Füllungen in der Regel pulverisiert oder tettonisiert in Gesteine mit geringer bis mittlerer Permeabilität ( $k_f < 10^{-8}$  m/s).

## 5.4 DESCRIZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO

### 5.4.1 Sistemi di flusso ospitati

#### 5.4.1.1 Depositi quaternari

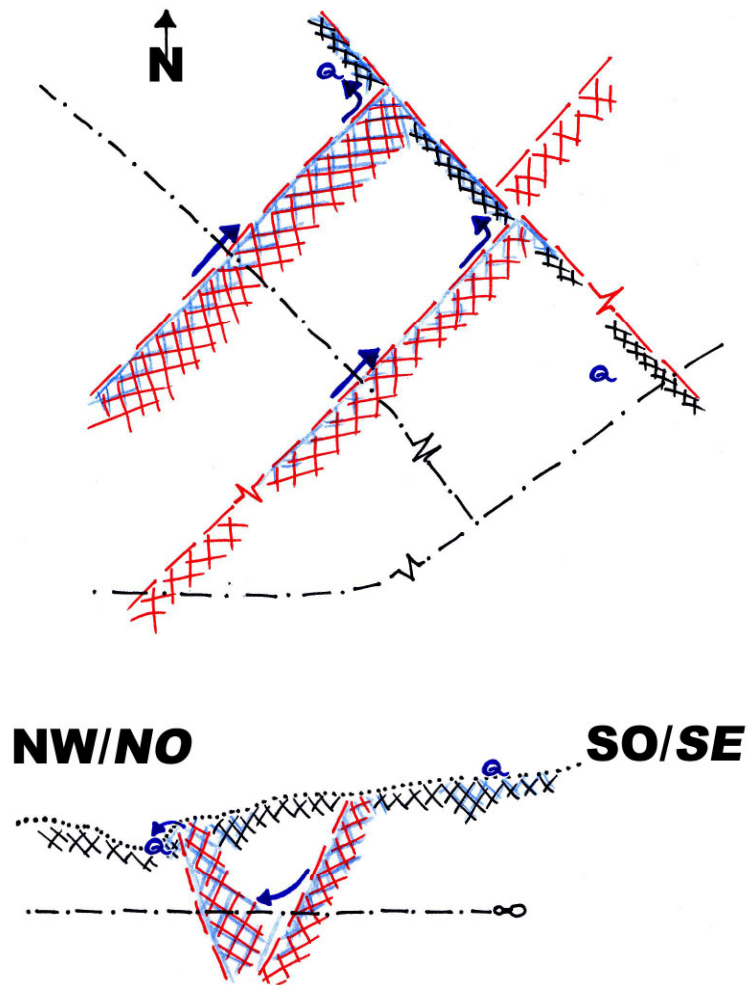
La corrente di falda nel materiale sciolti ha principalmente luogo lungo l'orizzonte roccioso ovvero le morene appoggiate di cui segue posizione e forma. La corrente di falda viene inoltre canalizzata entro forme litologiche a permeabilità elevata (ad es. ghiaie). Nell'area di progetto più ristretta si può assumere che la corrente di falda segua per lo più la direzione NE della vecchia valletta ovvero la direzione di flusso del ghiacciaio. Localmente la corrente di falda in materiale sciolto dovrebbe essere indirizzata direttamente anche al canale di scolo in direzione Nord (sporadicamente NE).

#### 5.4.1.2 Rocce compatte / Rocce di faglia

La fillade quarzifera di Innsbruck è un conduttore di acque di fratture con permeabilità generalmente bassa lungo la linea principale delle fratture. Solo nelle aree dei carbonati e degli scisti verdi si attendono permeabilità più elevate.

La roccia verde è scomposta in blocchi singoli dalla faglia principale parallela alla Inntal (e i suoi rami paralleli) e dalle faglie trasversali. Poiché le faglie con elevata frazione di parti fini hanno generalmente un'azione ristagnante, il flusso continuo di acque ipogee è molto ridotto ovvero molto limitato localmente. Lungo le faglie si verifica pertanto uno "sfioramento" dei singoli blocchi. Inoltre la roccia nelle vicinanze delle faglie è principalmente allentata e presenta una permeabilità leggermente aumentata. Nell'area di faglie che si incrociano sono stati osservati spesso affioramenti di sorgenti.





Prinzipskizzen (Draufsicht und Querprofil) des Grundwasserstroms im Festgestein.

Auch die Karbonate und Grünschiefer mit leicht erhöhter Durchlässigkeit unterliegen dem zuvor beschriebenen Prinzip.

Lokal können oberflächennahe posttektonische Auflockerungsphänomene einen durchgehenden Grundwasserkörper im Festgestein ermöglichen. Sowohl Zirkulation wie auch Kapazität dieses Körpers ist jedoch (stark) eingeschränkt.

#### 5.4.2 Grundwasseroberfläche

##### 5.4.2.1 Quartäre Ablagerungen

In den höher durchlässigen Bereichen stellt sich die Grundwasseroberfläche gleichmäßig ein. Die Grundwasseroberfläche liegt zum Teil nahe der Geländeoberkante (GOK). So wurde der Grundwasserspiegel beim Belüftungsschacht 2 ca. 1 m unter GOK erbohrt. Hinweis hierfür sind außerdem zahlreiche Quellen und Vernässungszonen im Lockergestein. Der Grundwasserspiegel kann mitunter

Schizzi generali (planimetria e sezione trasversale) della corrente di falda in roccia compatta.

Anche i carbonati e gli scisti verdi con permeabilità leggermente aumentata sono sottoposti al principio sopra descritto.

Localmente fenomeni superficiali di allentamento post-tettonici possono consentire la presenza di un corpo idrico continuo in roccia compatta. Sia la circolazione come anche la capacità di questo corpo sono tuttavia (fortemente) limitate.

#### 5.4.2 Superficie della falda acquifera

##### 5.4.2.1 Depositi quaternari

Nelle zone a permeabilità più elevata, la superficie libera della falda presenta andamento uniforme. La superficie libera della falda è parzialmente localizzata nelle immediate vicinanze del piano di campagna. Il livello dell'acqua freatica presso il pozzo di ventilazione 2 è stato rilevato ca. 1 m al di sotto del piano di campagna. Indicative in tal senso sono inoltre le numerose aree di riscaldamento diffuso e sorgenti in materiale sciolto. Il livello di falda presso il pozzo di

jedoch auch tief liegen. So wurde der Grundwasserspiegel beim Belüftungsschacht 1 etwa 32 m unter GOK und somit ca. 18 m über der Felsoberkante (FOK) angetroffen.

Bei einer Wechsellagerung der unterschiedlichen fluvio-glazigenen Lockergesteine treten auf Grund unterschiedlicher Durchlässigkeiten mehrere Grundwasserstockwerke auf. Außerdem kann im Wechselspiel von Aquiferen mit Aquitarden bzw. Aquicluden in tieferen Bereichen vereinzelt gespanntes Grundwasser auftreten.

Beispielsweise wurde in der Bohrung Ar-B01/05 (ARGE Bohrkampagne Wipptal 2004) ein leichter Schichtwasserzutritt an der Oberkante der Moräne erbohrt. In der Bohrung Am-B02/05 (ARGE Bohrkampagne Wipptal 2004) wurden zwei unterschiedliche Grundwasserstockwerke beobachtet. Außerdem wurden gespannte Grundwasserverhältnisse dokumentiert.

#### 5.4.2.2 Festgesteine / Störungsgesteine

Im Innsbrucker Quarzphyllit bildet sich kein durchgehender Grundwasserspiegel aus. Wasser findet sich im Gebirge in Form von lokal begrenzten Kluftaquiferen in Bereichen starker Trennflächenintensität und -konnektivität. Da diese Zonen von wasserstauenden Störungen begrenzt werden, sind hohe Druckpotentiale selten und die Ergiebigkeit meist gering.

Da dieser Umstand beim Bau des Umfahrungstunnels und in den Bohrungen der Bohrkampagne 1986 (ILF, 1986) bestätigt wurde, wurde bei der Fertigstellung der Bohrungen Am-B-01/05 bzw. AM-B02/05 (ARGE Bohrkampagne Wipptal 2004) auf den Einbau von Piezometern im Liegenden der quartären Ablagerungen verzichtet.

### 5.5 BERGWASSERZUFLUSS

#### 5.5.1 Methodik

Die chemischen bzw. physikalischen Eigenschaften des Bergwassers wurden im ausreichenden Umfang beim Bau des Bestandstunnels bestimmt. Weiters existiert mit den Aufzeichnungen der beiden Wasserwirtschaftlichen Beweissicherungsphasen eine zusätzliche Datenbasis (ILF 1994 bzw. 2005/2006)

Die Zutrittsmengen im Rettungstollen wurden anhand der Dokumentation der Verhältnisse beim Bau des Umfahrungstunnels ermittelt. Aufgrund der Nahelage (und der damit weitgehend einhergehenden Drainagewirkung) des bestehenden Tunnels kann im Sinne einer worst-case Betrachtung mindestens von gleichen Verhältnissen

ventilation 1 è stato rilevato ca. 32m al di sotto del piano di campagna e perciò ca. 18 m sopra il filo superiore della roccia.

In caso di alternanza dei differenti materiali sciolti fluvio-glaciali, a causa delle differenti permeabilità si ha la formazione di numerosi livelli di falda. Oltre a ciò nel gioco alternato degli acquiferi freatici con gli aquitardi ovvero gli aquicludi nei settori più profondi può fare sporadicamente comparsa acqua di falda in pressione.

Per esempio nella perforazione Ar-B01/05 (ARGE campagna di perforazioni di Wipptal 2004) è stato rilevato un leggero afflusso di acque di strato in prossimità del filo superiore delle morene. Nella perforazione Am-B02/05 (ARGE campagna di perforazioni di Wipptal 2004) sono stati osservati due livelli di falda differenti. Oltre a ciò vengono documentate condizioni di acqua di falda in pressione.

#### 5.4.2.2 Rocce compatte / Rocce di faglia

Nella fillade quarzifera di Innsbruck non si ha formazione di una falda continua. L'acqua è presente nell'ammasso roccioso in forma di acquiferi di fessura localmente delimitati nelle zone di forte intensità e connettività delle fratture. Dato che queste zone vengono confinate da faglie con funzione di barriera all'acqua, elevati potenziali di pressione sono rari e la produttività è per lo più scarsa.

Dato che questa circostanza è stata confermata nella costruzione della galleria di circonvallazione e nelle perforazioni della campagna di sondaggi 1986 (ILF, 1986), dopo l'ultimazione delle perforazioni Am-B-01/05 ovvero AM-B02/05 (ARGE campagna di perforazioni Wipptal 2004) si è rinunciato a porre in opera piezometri al di sotto dei depositi quaternari.

### 5.5 INFILTRAZIONI D'ACQUA

#### 5.5.1 Metodica

Le proprietà chimiche e fisiche dell'acqua di falda sono state sufficientemente determinate durante la costruzione della galleria esistente. Inoltre con le registrazioni di entrambe le fasi di monitoraggio delle risorse idriche esiste una base di dati aggiuntiva (ILF 1994 bzw. 2005/2006)

Le venute nel cunicolo di soccorso sono state determinate in base alla documentazione delle condizioni durante la costruzione della galleria di circonvallazione. A causa della vicinanza (e dell'azione drenante ad essa collegata) della galleria esistente possono essere assunte condizioni almeno simili nel senso dello scenario peggiore possibile.

ausgegangen werden.

### 5.5.2 Zutritte in den Rettungstollen - Bestand

Laut baugelogischem Schlussbericht (ILF, 1994) zum bestehenden Umfahrungstunnel traten die stärksten Einzelwasserzutritte im Lockergesteinsabschnitt im Bereich des Nordportales mit ca. 2 l/s auf.

Die stärksten Wasserzutritte in den Lockergesteinen traten innerhalb der umgelagerten Moränensedimente im Sohlbereich auf. Auch entlang der Grundgebirgsoberfläche wurde eine höhere Wassermenge beobachtet.

Im Fels blieben die größten Wasserzutritte stets unter 1 l/s. Sie traten in stark geklüfteten bzw. gestörten Gebirgsbereichen, bei gleichzeitigem Auftreten von Marmor bzw. Grüngestein auf. Diese Zutritte zeigten einen starken Rückgang nach wenigen Wochen. Weit verbreitet waren hingegen Feucht- und Tropfstellen. Es gab aber auch lange trockene Abschnitte.

Im Durchschnitt betrug der Wasserandrang auf 1 km Tunnel < 1,0 l/s. Die Gesamtwassermenge des Umfahrungstunnels lag während des Baus stets unter 10 l/s.

### 5.5.3 Zutritte in den Rettungstollen - Prognose

#### 5.5.3.1 Gebirgsbereich 1 TM 0 – ca. TM 170

Auf den ersten 170 Metern ab dem Ost-Portal sind inhomogene Lockergesteinsablagerungen und somit Wasserzutritte wechselnder Menge zu erwarten. Vor allem die Horizonte mit ausgewaschenem Feinanteil bzw. die Sand-/Kies-Linsen (mit einer Mächtigkeit von maximal 3 Metern) bringen Wasserzutritte bis 2 l/s. Wegen der vortriebsbedingten Absenkung des Grundwasserspiegels und der Drainagewirkung des bereits existierenden Bauwerkes sind die Wasserzutritte vor allem im Sohlbereich und im unteren Ulmbereich zu erwarten. Auf Grund der beschränkten Ausdehnung der wasserführenden Horizonte und des offenbar geringen Einzugsgebietes klingen die kurzfristigen Schüttungsspitzen rasch ab.

Lokal kann der Wasserandrang in direktem Zusammenhang zur Witterung stehen. Dies trifft insbesondere auf Bereiche im Portalbereich und mit geringer Überlagerung zu.

#### 5.5.3.2 Gebirgsbereich 3 ca. TM 760 – ca. TM 940

### 5.5.2 Infiltrationen nella galleria di soccorso – stato attuale

Secondo la relazione geologica conclusiva dei lavori (ILF, 1994) per la galleria di circonvallazione esistente, le venute di acqua puntuali più intense si sono verificate nel tratto in materiale sciolto nella zona del portale nord con ca. 2 l/s.

Le venute idriche più abbondanti nel materiale sciolto si sono presentate all'interno dei sedimenti morenici nei pressi del fondo. Anche lungo la superficie di scisti verdi è stata osservata un'elevata portata idrica.

In roccia le venute di acqua maggiori sono rimaste inferiori a 1 l/s. Si sono verificate in settori fortemente fratturati ovvero dissestati dell'ammasso, con la contemporanea comparsa di marmo e roccia verde. Queste venute hanno mostrato un rapido calo dopo poche settimane. Umidità e gocciolamenti erano al contrario assai intensi. In alcuni settori le condizioni si sono mantenute asciutte per lunghi periodi.

La portata idrica media in un km galleria era inferiore a 1,0 l/s.

### 5.5.3 Infiltrazioni nella galleria di soccorso – Previsione

#### 5.5.3.1 Settore di ammasso roccioso 1 prog. m 0 – prog. m ca. 170

A partire dal portale est per i primi 170 m sono previsti depositi di materiale sciolto non omogenei e perciò venute di acqua in quantità variabile. Innanzitutto gli orizzonti con parti fini slavate ovvero le lenti di sabbia-ghiaia (con spessore max. di 3 m) sono portatori di venute di acqua fino a 2 l/s. A causa dell'abbassamento della falda connesso allo scavo e dell'effetto di drenaggio dell'opera già esistente, le venute di acqua devono essere soprattutto attese nella zona di arco rovescio e nella parte inferiore dei piedritti. A causa della limitata estensione dell'orizzonte acquifero e dell'area di bacino idrografico chiaramente limitata, le punte di portata di breve durata si smorzano velocemente.

Localmente l'affluenza idrica può essere riconducibile direttamente alle precipitazioni, in particolare nelle vicinanze dell'area di portale e con coperture basse.

#### 5.5.3.2 Settore di ammasso roccioso 3 prog. m ca. 760 – prog. m ca. 940

Im Bereich von ca. TM 760 – 940 reicht dichtes Moränenmaterial bis unter Stollenniveau. Im Bereich von vereinzelt eingelagerten schluffig – sandigen Kieslagen sowie nahe der Kontaktzone Lockergestein/Fels sind lokal geringe Wasserzutritte zu erwarten.

#### 5.5.3.3 Gebirgsbereich 2 und 4 bis 10 ca. TM 170 – ca. TM 760 und ca. TM 940 – ca. TM 9122 (Bauwerksende)

Im Phyllitkomplex von etwa TM 170 – 760 und ab ca. TM 940 werden nur vereinzelt punktförmige Wasserzutritte mit geringer Schüttungsmenge ( $< 2$  l/s) erwartet. Diese treten vor allem in den Karbonatkörpern (ca. TM 1.600 – 2.500 prognostiziert), aber auch in den Grüngesteinslagen und entlang von Zonen erhöhter Trennflächenintensität auf. Es existieren größere Abschnitte in denen kaum Wasserzutritte erwartet werden. Flächige Feucht- bzw. Tropfstellen sind häufig(er) und kommen auf der gesamten Länge des Tunnelbauwerkes vor. Auf Grund der Menge (maximal Tropfwasser) sind diese jedoch als nicht relevant einzustufen.

#### 5.5.3.4 Gesamtzufluss

Der Rettungstollen wird im Nahbereich des Umfahrungstunnels errichtet - somit kommt großteils dessen Drainagefunktion zur Wirkung. Die Wasserzutrittsstellen aus dem damaligen Vortrieb können in den talseitig und somit prinzipiell stromabwärts liegenden Rettungstollen extrapoliert werden. Die Zutrittsmengen werden voraussichtlich geringer als im Haupttunnel ausfallen. Im Sinne einer worst-case Betrachtung ist jedoch mindestens von gleichen Verhältnissen auszugehen. Im Baugeologischen Schlussbericht (ILF 1994) wird für diesen eine Gesamtwassermenge von  $< 10$  l/s angegeben.

Obiger Sachverhalt gilt jedoch nur eingeschränkt für den Bereich von ca. TM 170 – 760 und von ca. TM 940 – 1.860 und vor allem für den Bereich des Hasentales (ca. TM 4.300 – 5.000). In diesen Bereichen liegt der Rettungstollen auf Grund des stark schleifenden Verlaufs der Felsoberfläche näher an dieser als das Bestandsbauwerk. In diesem Zusammenhang ist eine Durchörterung einer oberflächennahen Auflockerungszone (der post- bzw. interglazialen Tallandschaft) potentiell denkbar. Dieser Umstand würde sich durch erhöhte Trennflächenintensität und –öffnung kennzeichnen und somit in erhöhtem bis starkem (teils flächigem) Grundwasserzutritt resultieren.

#### 5.5.4 Chemische Zusammensetzung

Nella zona compresa fra le progressive 760 – 940 il materiale morenico addensato raggiunge il fondo del cunicolo. Nei settori di sporadiche stratificazioni di ghiaia limosa-sabbiosa come pure nei pressi della zona di contatto materiale sciolto/roccia sono da attendersi venute di acqua locali.

#### 5.5.3.3 Settori di ammasso roccioso 2 e 4 fino a 10 - prog. m ca. 170 – prog. m ca. 760 e prog. m ca. 940 – prog. m ca. 9122 (fine dell'opera costruttiva)

Nel complesso della fillade tra le progr. 170 – 760 e da ca. progr. 940 deve essere sporadicamente prevista la presenza di locali venute di acqua puntuali di scarsa portata ( $< 2$  l/s), soprattutto nei corpi carbonatici (tra la progr. ca. 1600 – 2500), ma anche nelle stratificazioni di roccia verde e lungo le zone ad elevata intensità di fratture. Esistono settori più estesi ove venute di acqua sono difficilmente attese. Zone di gocciolamento o di umidità piane sono (più) frequenti e si presentano su tutta la lunghezza della galleria. A causa della quantità (al max. gocciolamento) queste non devono essere classificate come rilevanti.

#### 5.5.3.4 Afflusso totale

Il cunicolo di soccorso viene costruito nelle vicinanze della Galleria di circonvallazione e perciò agisce l'azione di drenaggio di questa. I punti in cui durante lo scavo dell'opera esistente si sono verificate venute di acqua, possono essere estrapolate per la Galleria di soccorso posta al lato valle e quindi in linea di principio in direzione di corrente. Le venute d'acqua saranno prevedibilmente più scarse di quelle nella galleria principale. Possono essere assunte condizioni tuttavia almeno uguali nel senso dello scenario peggiore possibile. Nella relazione geologica conclusiva (ILF 1994) si indica per questa una quantità totale d'acqua  $< 10$  l/s.

La situazione descritta vale tuttavia solo limitatamente per il settore da ca. progr. 170 – 760 e da ca. progr. 940 – 1860 e soprattutto per la zona di Hasental (progr. ca. 4300 – 5000). In questi settori a causa dell'andamento fortemente subparallelo dell'orizzonte roccioso, la Galleria di soccorso si trova più vicina a questo rispetto alla Galleria esistente. In questo contesto è potenzialmente immaginabile un attraversamento di una zona di allentamento vicina alla superficie (della geografia di valle post ovvero interglaciale). Questa circostanza verrebbe caratterizzata da un'elevata intensità di superfici di discontinuità e aperture e perciò ne risulterebbero infiltrazioni d'acqua da elevate fino a intense (in parte piane).

#### 5.5.4 Composizione chimica

#### 5.5.4.1 Vortrieb Rettungsstollen

Beim Vortrieb des Umfahrungstunnels wurden 15 Wasserproben analysiert. Es zeigte sich, dass auf den ersten ca. 6000 Metern ab dem Ostportal karbonatbetonte Bergwässer mit einer Gesamthärte von im Mittel 7,5°dH und einem pH-Wert von im Mittel 8,1 auftreten. Die Konzentration der Ionen Calcium und Magnesium sind erhöht (im Mittel 30 bzw. 14 mg/l).

Die Konzentration von Sulfat ist generell niedrig (im Mittel 16 mg/l). Es wurden keine betonaggressiven Wässer nachgewiesen! In diesem Zusammenhang wird auf die in Kapitel 5.2.8 ausgewerteten hydrochemischen Analysen verwiesen.

Ab etwa TM 6.000 nimmt die Gesamthärte ab (< ca. 2,5°dH), der pH-Wert zu (auf 8,4 bis 9,0), der Sulfat-Gehalt zu (auf ca. 19 bis 70 mg/l), der Calcium- und der Magnesium-Gehalt ab (auf ca. 1 bis 11 bzw. auf ca. 0,4 bis 4 mg/l).

#### 5.6 AUSWERTUNG DES RISIKOS FÜR DIE HYDROLOGISCHEN ELEMENTE

In diesem Kapitel werden für sämtliche hydrologischen Elemente, die im Rahmen der WWBS 2 beobachtet wurden und die im Projektnahbereich liegen, Bedeutung und Größe der Gefahr durch die geplanten Vortriebe und das sich daraus ergebende hydrologische Risiko angegeben.

Da laut Schlussbericht zur Wasserwirtschaftlichen Beweissicherung (ILF, 1994) beim Bau des bestehenden Umfahrungstunnels keine Beeinflussung der damals beweisgesicherten hydrologischen Elemente festgestellt werden konnte, wird bei vorliegender Risikobewertung die Südgrenze des Projektnahbereichs mit ca. 1,1 km südlich des Bestandstunnels definiert. Südlich hiervon sind nach derzeitigem Wissensstand Einflüsse durch die beiden geplanten Vortriebe gänzlich auszuschließen.

Die für das Projektgebiet charakteristischen bzw. für das Projekt relevanten Quellen werden in den Anlagen ausführlich beschrieben. In Hinblick auf die Risikobewertung werden Datenbasis und Entscheidungsfindung ausführlich und fundiert dargestellt.

Die detaillierten Listen der in folgenden Kapiteln zusammengefassten Risikobewertung sind der „ANLAGE Hydrologisches Risiko“ zu entnehmen. Das Endergebnis der Risikobewertung ist im Plan „Hydrologische Risikobewertung“ mit der Plannummer D0140-00051 dargestellt

#### 5.6.1 Methodik der hydrologischen

#### 5.5.4.1 Avanzamento cunicolo di soccorso

Per lo scavo della galleria di soccorso sono stati analizzati 15 campioni di acqua. Ne è risultato che nei primi ca. 6000 metri dal portale est sono presenti acque di infiltrazione carboniche con una durezza totale media di 7,5°dH ed un valore di pH medio di 8,1. La concentrazione degli ioni calcio e magnesio è elevata (mediamente 30 ovvero 14 mg/l).

La concentrazione di solfati è generalmente bassa (media 16 mg/l). Non è stata provata la presenza di acque aggressive del calcesruzzo! In questo contesto si rimanda alle analisi idrochimiche interpretate al cap. 5.2.8.

Da ca. progressiva 6000 la durezza totale diminuisce (< ca. 2,5°dH), il valore di pH aumenta (a 8,4 fino 9,0), il contenuto di solfati aumenta (a ca. 19 fino 70 mg/l), il contenuto di calcio e di magnesio diminuiscono (a ca. 1 fino 11 ovvero a ca. 0,4 fino a 4 mg/l).

#### 5.6 INTERPRETAZIONE DEL RISCHIO PER GLI ELEMENTI IDROLOGICI

In questo capitolo vengono indicati il significato ed il potenziale di pericolo degli avanzamenti progettati ed il rischio idrologico risultante per tutti di elementi idrologici osservati nell'ambito di MRI 2 e che sono situati nelle vicinanze della zona di progetto.

Dato che secondo la relazione finale per il monitoraggio delle risorse idriche (ILF, 1994) durante la costruzione della galleria di circonvallazione esistente non si è potuta stabilire alcuna influenza degli elementi idrologici monitorati, nella valutazione di rischio seguente il limite sud dell'area di progetto viene definito ca. 1,1 km a sud della galleria esistente. A sud di questa e secondo lo stato attuale della conoscenza possono essere esclusi influssi da parte degli scavi progettati.

Le sorgenti caratteristiche dell'area di progetto risp.rilevanti per il progetto vengono descritte dettagliatamente nell'". Con riguardo alla valutazione del rischio vengono illustrati in dettaglio e fondato le basi dei dati e la ricerca della risoluzione

Le liste dettagliate della valutazione di rischio riassunta nei capitoli seguenti devono essere estratte dall'„ALLEGATO Rischio idrologico“. Il risultato finale della valutazione di rischio è rappresentato nella tavola „Valutazione di rischio idrologico“ con il numero di progetto D0140-00051.

#### 5.6.1 Metodica della valutazione del rischio

## Risikobewertung

### 5.6.1.1 Eingangsparemeter: Bedeutung der hydrologischen Elemente

Die im Folgenden aufgelisteten Parameter wurden bei der Ermittlung der Bedeutung der hydrologischen Elemente mit der jeweils angegebenen Gewichtung berücksichtigt.

#### Nutzung (Gewichtung 35 %)

- 3Pkt. = Öffentliche Wasserversorgung
- 2Pkt. = Haus- bzw. Einzelwasserversorgung, dgl.
- 1Pkt. = nicht genutzt, ausgeleitet

#### Schüttungsmenge (Gewichtung 35 %)

- 3Pkt. = im Mittel > 1 l/s
- 2Pkt. = im Mittel 1 - 0,3 l/s
- 1Pkt. = im Mittel < 0,3 l/s

#### Schüttungs-Schwankung (Gewichtung 15%)

- 3Pkt. = Schwankung < 20 % um Mittelwert
- 2Pkt. = Schwankung 20 - 30 % um Mittelwert
- 1Pkt. = Schwankung > 30 % um Mittelwert

#### Schwankung der Leitfähigkeit bzw. der Temperatur (Gewichtung 10 %)

- 3Pkt. = gering
- 2Pkt. = mittel
- 1Pkt. = stark

#### Bakteriologie (Gewichtung 5 %)

- 3Pkt. = einwandfrei
- 2Pkt. = nicht beprobt, leicht verunreinigt
- 1Pkt. = verunreinigt

Die dargestellte Klasseneinteilung und Gewichtung basiert auf Erfahrungswerten und zielt auf eine möglichst starke Differenzierung bzw. Verdeutlichung der Unterschiede der hydrologischen Elemente im Projektgebiet ab.

## idrologico

### 5.6.1.1 Parametri di input: Importanza degli elementi idrologici

I parametri nella seguente lista sono stati presi in considerazione per la determinazione della rilevanza degli elementi idrologici, con la ponderazione di volta in volta indicata.

#### Utilizzo (ponderazione 35 %)

- 3p.ti = approvvigionamento ad uso pubblico
- 2p.ti = approvvigionamento ad uso domestico
- 1p.to = non utilizzato con fuoriuscita

#### Portata (ponderazione 35 %)

- 3p.ti = in media > 1 l/s
- 2 p.ti = in media 1 - 0,3 l/s
- 1p.to = in media < 0,3 l/s

#### Variazione portata (ponderazione 15%)

- 3p.ti = Oscillazione < 20 % intorno valore medio
- 2p.ti = Oscillazione 20 - 30 % intorno valore medio
- 1p.to = Oscillazione > 30% intorno valore medio

#### Oscillazione della conducibilità ovvero della temperatura (ponderazione 10 %)

- 3p.ti = scarsa
- 2p.ti = media
- 1p.to = forte

#### Batteriologia (ponderazione 5 %)

- 3p.ti = perfetta
- 2p.ti = non campionata, leggermente inquinato
- 1p.to = inquinata

La raffigurata classificazione e ponderazione è basata su valori sperimentali e mira ad una distinzione possibilmente forte risp. una delucidazione delle differenze degli elementi idrologici nell'area del deposito.

Anhand folgender bei der Beurteilung angewandten Klassen kann die Bedeutung der hydrologischen Elemente abgelesen werden:

(100 Punkte = Minimum)

≤ 170 Punkte	= Bedeutungsklasse 1
170 – 220 Punkte	= Bedeutungsklasse 2
> 220 Punkte	= Bedeutungsklasse 3

(300 Punkte = Maximum)

Zur Information: Je höher die Klasse, umso bedeutender das hydrologische Element!

Stark vereinfacht stellen sich die hydrologischen Elemente, die typischerweise einer Klasse zugehören, wie folgt dar (Beschreibung rein indikativ!):

Die Bedeutungsklasse 1 ergibt sich jedenfalls für im Mittel gering schüttende Quellen (< 0,3 l/s) stark schwankender Schüttungsmenge (> 30 % um den Mittelwert), die nicht genutzt bzw. ausgeleitet werden.

Die Bedeutungsklasse 2 ergibt sich zum Beispiel für im Mittel (verhältnismäßig) stark schüttende Quellen (> 1,0 l/s) stark schwankender Schüttungsmenge (> 30 % um den Mittelwert), die nicht genutzt bzw. ausgeleitet werden.

Die Bedeutungsklasse 3 ergibt sich jedenfalls für im Mittel (verhältnismäßig) stark schüttende Quellen (> 1,0 l/s) kaum schwankender Schüttungsmenge (< 20 % um den Mittelwert), die für die Öffentliche Wasserversorgung genutzt werden.

#### 5.6.1.2 Eingangsparemeter: Größe der Gefahr

Die im Folgenden aufgelisteten Parameter wurden bei der Ermittlung der Größe der Gefahr durch die geplanten Vortriebe auf die hydrologischen Elemente berücksichtigt.

Abstand zum Stollen (Gewichtung 10 %)

- 3Pkt. = < 340 m
- 2Pkt. = 340 – 1100 m
- 1Pkt. = > 1100 m

La rilevanza degli elementi idrologici può essere colta in base alle seguenti classi utilizzate nella valutazione.

(100 punti = minimo)

≤ 170 punti	= categoria di significanza 1
170 – 220 punti	= categoria di significanza 2
> 220 punti	= categoria di significanza 3

(300 punti = massimo)

Per informazione: Più alta la classe, più significativo l'elemento idrologico!

In modo molto semplificato gli elementi idrologici che appartengono tipicamente ad una classe, si presentano come segue (descrizione strettamente indicativa)

La categoria di significanza 1 risulta comunque per la media di sorgenti a portata bassa (< 0,3 l/s) quantità di portata con grande oscillazione (> 30 % di media), che non vengono usate risp. disperse.

La categoria di significanza 2 risulta per esempio per la media (relativamente) di sorgenti a portata alta (< 1,0 l/s) quantità di portata con grande oscillazione (> 30 % di media), che non vengono usate risp. disperse.

La categoria di significanza 3 risulta comunque per la media (relativamente) di sorgenti a portata alta (< 1,0 l/s) quantità di portata con appena oscillazione (> 20 % di media), che vengono usate per l'approvvigionamento idrico pubblico.

#### 5.6.1.2 Parametri di input: Grandezza del pericolo

I parametri nella seguente lista sono stati presi in considerazione nella determinazione del potenziale di pericolo degli elementi idrologici in conseguenza degli avanzamenti progettati.

Distanza dal cunicolo (ponderazione 10 %)

- 3p.ti = < 340 m
- 2p.ti = 340 – 1100 m
- 1p.to = > 1100 m

#### Tiefgang des GW-Stromes (Gewichtung 20 %)

- 3Pkt. = tief (mehrere bis viele Dekameter)
- 2Pkt. = mittel (mehrere Meter bis wenige Dekam.)
- 1Pkt. = seicht (wenige Dezimeter bis Meter)

#### Auffahren des Aquifers (Gewichtung 70 %)

- 3Pkt. = vermutlich
- 2Pkt. = eventuell (nicht auszuschließen)
- 1Pkt. = nein

Die dargestellte Klasseneinteilung und Gewichtung basiert auf Erfahrungswerten und zielt auf eine möglichst starke Differenzierung bzw. Verdeutlichung der Unterschiede der hydrologischen Elemente im Projektgebiet ab.

Anhand folgender bei der Beurteilung angewandten Klassen kann die Größe der Gefährdung der hydrologischen Elemente durch die geplanten Vortriebe abgelesen werden:

(100 Punkte = Minimum)

≤ 170 Punkte	= Gefahrenklasse 1
170 – 220 Punkte	= Gefahrenklasse 2
> 220 Punkte	= Gefahrenklasse 3

(300 Punkte = Maximum)

Zur Information: Je höher die Klasse, umso größer die Gefahr durch die geplanten Vortriebe!

Stark vereinfacht stellen sich die hydrologischen Elemente, die typischerweise einer Klasse zugehören, wie folgt dar (Beschreibung rein indikativ!):

Die Gefahrenklasse 1 ergibt sich jedenfalls für hydrologische Elemente, für die nur ein geringer Tiefgang (wenige Dezimeter bis Meter) des zulieferenden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht prognostiziert wird.

Die Gefahrenklasse 2 ergibt sich zum Beispiel für hydrologische Elemente, die im erweiterten Nahbereich

#### Profondità della corrente di falda (ponderazione 20 %)

- 3p.ti = profondo (parecchi fino tanti decametri)
- 2p.ti = mediamente profondo (parecchi metri fino pochi decametri)
- 1p.to = a bassa profondità (pochi decimetri fino metri)

#### Scavo nell'aquifero freatico (ponderazione 70 %)

- 3p.ti = probabile
- 2p.ti = eventuale (non da escludere)
- 1p.to = no

La raffigurata classificazione e ponderazione è basata su valori sperimentali e mira ad una distinzione possibilmente forte risp. una delucidazione delle differenze degli elementi idrologici nell'area del deposito.

L'importanza della pericolosità degli elementi idrologici in conseguenza degli scavi progettati può essere colta in base alle seguenti classi utilizzate nella valutazione.

(100 punti = minimo)

≤ 170 punti	= categoria di pericolo 1
170 – 220 punti	= categoria di pericolo 2
> 220 punti	= categoria di pericolo 3

(300 punti = massimo)

Per informazione: Più alta la classe, più elevata l'entità tramite l'avanzamento progettato

In modo molto semplificato gli elementi idrologici che appartengono tipicamente ad una classe, si presentano come segue (descrizione strettamente indicativa)

La categoria di pericolo 1 risulta comunque per elementi idrologici per i quali viene aspettato una bassa profondità (pochi decimetri fino metri) della corrente di subalveo e per i quali non viene prognosticato l'intercetto dell'aquifero freatico.

La categoria di pericolo 2 risulta per esempio per elementi idrologici quali sono situati nell'allargata vicinanza



(340 – 1100 m) der geplanten Vortrieben situiert sind, für die ein entsprechender Tiefgang (mehrere Meter bis wenige Dekameter) des zulieferenden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Gefahrenklasse 3 ergibt sich jedenfalls für hydrologische Elemente, die im Nahbereich (< 340 m) der geplanten Vortrieben situiert sind, für die ein entsprechender Tiefgang (mehrere bis viele Dekameter) des zulieferenden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht ausgeschlossen werden kann oder sogar vermutet wird.

#### 5.6.1.3 Hydrologisches Risiko

Zur Bewertung des hydrologischen Versiegeungsrisikos werden die Punkte der Bewertung "Bedeutung des Elements" mit den Punkten der Bewertung "Größe der Gefahr" unter Berücksichtigung folgender Gewichtung addiert.

- Bedeutung des Elements (Gewichtung 20 %)
- Größe der Gefahr (Gewichtung 80 %)

Am Ende werden jedoch nur die Maxima der Risiko-Bewertungen dargestellt.

Neben den 64 Elementen, für die eine fundierte Bewertungsgrundlage existiert, wird das hydrologische Risiko jedoch auch für Elemente angegeben, von denen aus diversen Gründen (u.a. Verweigerung bzw. Verhinderung des Zutritts) keine oder nur eingeschränkte Informationen vorliegen. Das für diese 5 Quellen und 3 Brunnen angegebene Risiko ist somit mit gewissen Unsicherheiten behaftet.

Quellfassungen mit mehreren Zuläufen wurden v.a. im Bereich Herztal als getrennte hydrologische Elemente betrachtet und bewertet.

Die dargestellte Klasseneinteilung und Gewichtung basiert auf Erfahrungswerten und zielt auf eine möglichst starke Differenzierung bzw. Verdeutlichung der Unterschiede der hydrologischen Elemente im Projektgebiet ab.

Folgende Klassen wurden bei der Beurteilung des hydrologischen Risikos der hydrologischen Elemente angewandt:

(100 Punkte = Minimum)

≤ 120 Punkte = Risikoklasse 1

(340 - 1100m) degli avanzamenti progettati, per i quali viene aspettato una relativa profondità (parecchi metri fino pochi decametri) della corrente di subalveo e per i quali non viene escluso l'intercetto dell'acquifero freatico.

La categoria di pericolo 3 risulta comunque per elementi idrologici quali sono situati nella vicinanza (< 340 m) degli avanzamenti progettati, per i quali viene aspettato una relativa profondità (parecchi metri fino tanti decametri) della corrente di subalveo e per i quali non viene escluso oppure perfino presunto l'intercetto dell'acquifero freatico.

#### 5.6.1.3 Rischio idrogeologico

Per la valutazione del rischio di prosciugamento idrologico vengono sommati i punti di valutazione relativi a 'Rilevanza dell'elemento' con i punti di valutazione relativi a 'Grandezza del pericolo' in considerazione della seguente ponderazione.

- Rilevanza dell'elemento (ponderazione 20 %)
- Grandezza del pericolo (ponderazione 80 %)

Infine vengono rappresentati solo i massimi delle valutazioni di rischio.

Accanto ai 64 elementi, per i quali esiste una fondata base di valutazione, il rischio idrologico viene indicato anche per elementi di cui per diversi motivi (fra cui impedimento o divieto di accesso) non sono disponibili informazioni, oppure sono disponibili solo limitatamente. Il rischio indicato per queste 5 sorgenti e 3 pozzi è perciò affetto da una certa insicurezza.

Opere di presa di sorgenti con numerosi affluenti soprattutto nella zona della valle di Herztal, sono state trattate ed analizzate come elementi idrologici separati.

La raffigurata classificazione e ponderazione è basata su valori sperimentali e mira ad una distinzione possibilmente forte risp. una delucidazione delle differenze degli elementi idrologici nell'area del deposito.

Per la valutazione del rischio idrologico degli elementi idrologici sono state utilizzate le seguenti classi:

(100 punti = minimo)

≤ 120 punti = categoria di rischio 1

120 – 150 Punkte	= Risikoklasse 2
150 – 180 Punkte	= Risikoklasse 3
180 – 230 Punkte	= Risikoklasse 4
> 230 Punkte	= Risikoklasse 5

(300 Punkte = Maximum)

Zur Information: Je höher die Klasse, umso höher das hydrologische Risiko!

Stark vereinfacht stellen sich die hydrologischen Elemente, die typischerweise einer Klasse zugehören, wie folgt dar (Beschreibung rein indikativ!):

Die Risikoklasse 1 ergibt sich jedenfalls für hydrologische Elemente der Bedeutungsklasse 1, die in ausreichender Entfernung (> 1100 m) zu den geplanten Vortrieben situiert sind, für die ein geringer Tiefgang (wenige Dezimeter bis Meter) des zuliefernden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht prognostiziert wird.

Die Risikoklasse 2 ergibt sich zum Beispiel für hydrologische Elemente der Bedeutungsklasse 2, die in ausreichender Entfernung (> 1100 m) zu den geplanten Vortrieben situiert sind, für die ein entsprechender Tiefgang (mehrere Meter bis wenige Dekameter) des zuliefernden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht prognostiziert wird.

Die Risikoklasse 3 ergibt sich zum Beispiel für hydrologische Elemente der Bedeutungsklassen 2, die im erweiterten Nahbereich (< 1100 m) der geplanten Vortriebe situiert sind, für die ein entsprechender Tiefgang (mehrere Meter bis wenige Dekameter) des zuliefernden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht prognostiziert wird.

Die Risikoklasse 4 ergibt sich zum Beispiel für hydrologische Elemente der Bedeutungsklasse 2, die im erweiterten Nahbereich (< 1100 m) der geplanten Vortriebe situiert sind, für die ein entsprechender Tiefgang (mehrere Meter bis wenige Dekameter) des zuliefernden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Risikoklasse 5 ergibt sich jedenfalls für hydrologische Elemente der Bedeutungsklasse 3, die im Nahbereich (< 340 m) der geplanten Vortriebe situiert sind, für die ein

120 – 150 punti	= categoria di rischio 2
150 – 180 punti	= categoria di rischio 3
180 – 230 punti	= categoria di rischio 4
> 230 punti	= categoria di rischio 5

(300 punti = massimo)

Per informazione: Più alta la classe, più elevato il rischio idrologico!

In modo molto semplificato gli elementi idrologici che appartengono tipicamente ad una classe, si presentano come segue (descrizione strettamente indicativa)

La categoria di rischio 1 risulta comunque per elementi idrologici della categoria di significanza 1, che sono situati in sufficiente distanza (> 1100 m) degli avanzamenti progettati, per i quali viene aspettato una bassa profondità (pochi decimetri fino metri) della corrente di subalveo e per i quali non viene prognosticato l'intercetto dell'acquifero freatico.

La categoria di rischio 2 risulta per esempio per elementi idrologici della categoria di significanza 2, che sono situati in sufficiente distanza (> 1100 m) degli avanzamenti progettati, per i quali viene aspettato una relativa profondità (alcuni metri fino pochi decimetri) della corrente di subalveo e per i quali non viene prognosticato l'intercetto dell'acquifero freatico.

La categoria di rischio 3 risulta per esempio per elementi idrologici della categoria di significanza 2, che sono situati nell'allargata vicinanza (< 1100 m) degli avanzamenti progettati, per i quali viene aspettato una relativa profondità (alcuni metri fino pochi decimetri) della corrente di subalveo e per i quali non viene prognosticato l'intercetto dell'acquifero freatico.

La categoria di rischio 4 risulta per esempio per elementi idrologici della categoria di significanza 2, che sono situati nell'allargata vicinanza (< 1100 m) degli avanzamenti progettati, per i quali viene aspettato una relativa profondità (alcuni metri fino pochi decimetri) della corrente di subalveo e per i quali non viene escluso l'intercetto dell'acquifero freatico.

La categoria di rischio 5 risulta comunque per elementi idrologici della categoria di significanza 3, che sono situati nella vicinanza (< 340 m) degli avanzamenti progettati, per i

entsprechender Tiefgang (mehrere bis viele Dekameter) des zuliefernden Grundwasserstroms erwartet wird und bei denen das Anfahren des speichernden Aquifers nicht ausgeschlossen werden kann oder sogar vermutet wird.

#### 5.6.2 Ergebnisse der hydrologischen Risikobewertung

##### 5.6.2.1 Bedeutung der hydrologischen Elemente

Die 64 Elemente wurden wie folgt klassifiziert:

- Bedeutungsklasse 3: 13 Elemente
- Bedeutungsklasse 2: 34 Elemente
- Bedeutungsklasse 1: 17 Elemente

Die hydrologischen Elemente im Projektgebiet mit der größten Bedeutung sind:

Bedeutungsklasse 3:

- Quelle im oberen Feld
- Luschquelle II
- Untere Herztalquelle MO 1
- Triendlquellen 1+2
- Kalkofenquelle Ampass MO 2
- Lanser Moos Quelle
- Obere Herztalquellen MO 3
- Obere Herztalquellen MO 2
- OP Herzsee
- OP Mülhsee
- Peterquelle MO 2
- Trinklochquelle/Höck-Zwetkoff MO 1
- Platzerquelle

Eine detaillierte Auflistung ist den Registerblättern mit der Bezeichnung „A) Bedeutung\_signifikanza“ der „ANLAGE Hydrologisches Risiko“ zu entnehmen.

##### 5.6.2.2 Größe der Gefahr

Im Zusammenhang mit dem Vortrieb des Rettungsstollens besteht für die 64 Elemente folgende Größe der Gefahr:

- Gefahrenklasse 3: kein Element
- Gefahrenklasse 2: 1 Element
- Gefahrenklasse 1: 63 Elemente

quali viene aspettato una relativa profondità (alcuni fino molti decimetri) della corrente di subalveo e per i quali non viene escluso oppure perfino presunto l'intercetto dell'acquifero freatico.

#### 5.6.2 Risultati della valutazione del rischio idrologico

##### 5.6.2.1 Significanza degli elementi idrologici

I 64 elementi sono stati classificati nel modo seguente:

- categoria di significanza 3: 13 elementi
- categoria di significanza 2: 34 elementi
- categoria di significanza 1: 17 elementi

Gli elementi nell'area del progetto con la maggiore significanza sono:

categoria di significanza 3:

- sorgente Quelle im oberen Feld
- sorgente Luschquelle II
- sorgente Untere Herztalquelle PM 1
- sorgenti Triendlquellen 1+2
- sorgente Kalkofenquelle Ampass PM 2
- sorgente Lanser Moos Quelle
- sorgente Obere Herztalquellen PM 3
- sorgente Obere Herztalquellen PM 2
- OP Herzsee
- OP Mülhsee
- sorgente Peterquelle PM 2
- sorgente Trinklochquelle/Höck-Zwetkoff PM 1
- sorgente Platzerquelle

Una lista dettagliata è da trarre dai fogli di registro con la denominazione „A) Bedeutung\_signifikanza“ dell'„ALLEGATO Rischio idrologico“.

##### 5.6.2.2 Importanza del pericolo

In seguito allo scavo della galleria di soccorso per i 64 elementi l'importanza del pericolo è:

- categoria di pericolo 3: nessun elemento
- categoria di pericolo 2: 1 elementi
- categoria di pericolo 1: 63 elementi

Die hydrologischen Elemente, die im Zusammenhang mit dem Vortrieb des Rettungsstollens die größte Gefahr einer quantitativen Beeinflussung zeigen, sind:

Gefahrenklasse 2:

- Zimmertalbach

Eine detaillierte Auflistung ist den Registerblättern mit der Bezeichnung „B) Gefahr 1\_pericolo 1“ der „ANLAGE Hydrologisches Risiko“ zu entnehmen.

#### 5.6.2.3 Hydrologisches Risiko

Die 64 Elemente folgendes hydrologisches Risiko auf:

- Risikoklasse 5: 1 Element
- Risikoklasse 4: 3 Elemente
- Risikoklasse 3: 5 Elemente
- Risikoklasse 2: 49 Elemente
- Risikoklasse 1: 6 Elemente

Die Elemente, die den 3 höchsten Risikoklassen zugewiesen wurden, sind:

Risikoklasse 5:

- Obere Herztalquellen MO 3

Risikoklasse 4:

- Obere Herztalquellen MO 2
- Lochmühlquelle MO 1
- Mutelquelle

Risikoklasse 3:

- Zimmertalbach
- Widumquelle
- Angerlequelle
- Obere Herztalquellen MO 1
- Untere Herztalquelle MO 1

Die Auflistung der den Risikoklassen 2 und 1 zugehörigen hydrologischen Elemente ist dem Registerblatt mit der Bezeichnung „C) RISIKO\_RISCHIO“ der „ANLAGE Hydrologisches Risiko“ zu entnehmen.

Zusätzlich wurde für jedes hydrologisches Element eine Zusammenfassung sämtlicher Eingangsparameter erstellt („ANLAGE Hydrologisches Risiko“).

#### 5.6.3 Bewertung der Belastung für die Grundwasserfließsysteme

Gli elementi idrologici, che dimostrano in relazione allo scavo del cunicolo di soccorso il maggior pericolo di un condizionamento quantitativo, sono:

categoria di pericolo 2:

- torrente Zimmertalbach

Una lista dettagliata è da trarre dai fogli di registro con la denominazione „B) Gefahr 1\_pericolo 1“ dell'„ALLEGATO Rischio idrologico“

#### 5.6.2.3 Rischio idrologico

I 64 elementi presentano il seguente rischio idrologico:

- categoria di rischio 5: 1 elemento
- categoria di rischio 4: 3 elementi
- categoria di rischio 3: 5 elementi
- categoria di rischio 2: 49 elementi
- categoria di rischio 1: 6 elementi

Gli elementi assegnati alle 3 maggiori categorie di rischio sono:

categoria di rischio 5:

- sorgente Obere Herztalquellen PM 3

categoria di rischio 4:

- sorgente Obere Herztalquellen PM 2
- sorgente Lochmühlquelle PM 1
- sorgente Mutelquelle

categoria di rischio 3:

- torrente Zimmertalbach
- sorgente Widumquelle
- sorgente Angerlequelle
- sorgente Obere Herztalquellen PM 1
- sorgente Untere Herztalquelle PM 1

La lista degli elementi idrologici appartenenti alle categorie di rischio 2 e 1 è da trarre dal foglio di registro con la denominazione „C) RISIKO\_RISCHIO“ dell'„ALLEGATO Rischio idrologico“.

Inoltre per ogni elemento idrologico è stato redatto un riassunto di tutti i parametri di input („ALLEGATO Rischio idrologico“).

#### 5.6.3 Valutazione dell'impatto per i sistemi di flusso delle acque di falda

Der Rettungsstollen wird im talseitigen Nahbereich des Umfahrungstunnels errichtet. Somit kommt durchwegs dessen Drainagefunktion zur Wirkung. Aus diesem Grund wird es durch den Vortrieb des Rettungsstollens zu einer vernachlässigbaren Veränderung der derzeitigen Grundwasserfließsysteme kommen.

#### **5.6.4 Bewertung des hydrogeologischen Risikos für Oberflächenwässer: Ergebnisse**

Das hydrologische Risiko der Oberflächenwässer ist dem Kapitel 5.6.2.3 zu entnehmen.

#### **5.7 ERLÄUTERUNGEN ZU DEN ABDICHTUNGSMABNAHMEN UND INJEKTIONEN IM ZUGE DES VORTRIEBES**

Der Rettungsstollen wird als nicht drainierendes Bauwerk ausgeführt, damit sich keine Wasserlasten infolge des Bergwasserspiegels auf die Schale aufbauen können.

Damit keine nachhaltigen negativen Beeinflussungen auf Oberflächengewässer und Quellen auftreten, wird bei beobachteten Beeinflussungen das umgebende Gebirge auf geringe Durchlässigkeit konditioniert. Damit kann sich der Wasserdruck zum Rettungsstollen hin bei geringen Wasserdurchtrittsmengen und auf geringe bis unwesentliche Beeinflussung abbauen.

Die Verminderung der Durchlässigkeit soll durch gezielte Injektionsmaßnahmen mit Zement oder Feinstzement erfolgen. Der Injektionserfolg wird über genaue Wasser- und Schüttungsmessungen dokumentiert.

### **6 GEBIRGSCHARAKTERISIERUNG**

#### **6.1 METHODIK**

Für die geomechanische–geotechnische Bewertung sind die auftretenden Gesteine entsprechend der "Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb" durch die Bestimmung und Unterteilung von Schlüsselparameter in Gebirgsarten (GA) zu gruppieren.

Unter Berücksichtigung von Einflussfaktoren (Gebirgsart, Primärspannungszustand, Durchmesser und Form des endgültigen Ausbruchsquerschnitts, Orientierung des Tunnel zu den maßgeblichen Trennflächen, Bergwasserverhältnisse) werden die Gebirgsverhaltenstypen mittels deterministischer und analytischer Verfahren ermittelt sowie eine Grobabschätzung der quantitativen Verteilung

Il cunicolo di soccorso viene costruito a lato valle nelle vicinanze della galleria di circonvallazione. Viene perciò ad agire con continuità la funzione drenante di questa sull'ammasso roccioso. Per questo motivo in conseguenza dell'avanzamento del cunicolo di soccorso si verificherà una alterazione trascurabile dei sistemi di flusso delle acque sotterranee.

#### **5.6.4 Valutazione del rischio idrogeologico per le acque superficiali: risultati**

Il rischio idrologico delle acque superficiali va dedotto dal capitolo 5.6.2.3.

#### **5.7 DELUCIDAZIONI PER PROVVEDIMENTI DI PERMEABILIZZAZIONE ED INIEZIONI DURANTE L'AVANZAMENTO**

Il cunicolo di soccorso non sarà drenato, affinché non si possano formare carichi d'acqua sul rivestimento in seguito al livello dell'acqua ipogea.

Per evitare persistenti e negativi condizionamenti di acque superficiali e sorgenti, nel caso di condizionamenti osservati la roccia circostante viene rinforzata per garantire una bassa permeabilità. Perciò la pressione idraulica verso il cunicolo di soccorso, con scarsa portata idrica, si riduce a pochi fino a irrilevanti condizionamenti.

La diminuzione della permeabilità dovrà avvenire sistematicamente tramite provvedimenti di iniezione con cemento e cemento fine. Il risultato delle iniezioni sarà documentato tramite esatte misurazioni d'acqua e portata.

### **6 CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO**

#### **6.1 METODICA**

Per l'analisi geomeccanica-geotecnica gli ammassi rocciosi affioranti devono essere raggruppati in tipi di ammasso roccioso (GA) mediante la determinazione e suddivisione di parametri chiave, corrispondentemente alle "Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb", (linee guida per la progettazione geomeccanica in sotterraneo con scavo ciclico").

In considerazione dei fattori di influenza (tipo di ammasso roccioso, stato di tensione primario, diametro e forma della sezione di scavo definitiva, orientamento della galleria rispetto alle superfici di discontinuità determinanti, acque di infiltrazione), i tipi di comportamento dell'ammasso roccioso vengono determinati con metodo deterministico e analitico e viene anche eseguita una valutazione approssimata della distribuzione quantitativa.

durchgeführt.

## 6.2 ALLGEMEINES UND GRUNDLAGEN

Die geomechanische- und geotechnische Charakterisierung ermöglicht die Bestimmung der erwarteten Gebirgseigenschaften sowie des erwarteten Gebirgsverhaltens. Unter dem Begriff Gebirgsverhalten versteht man das Verhalten eines unendlich langen und ungestützten Hohlraumes. Die erwarteten Gebirgseigenschaften werden durch die Definition von projektspezifischen Gebirgsarten (GA) inklusive Angabe der Gesteins- und Gebirgskennwerte beschrieben. Die Ermittlung des erwarteten Gebirgsverhaltens erfolgt durch die Festlegung der projektspezifischen Gebirgsverhaltenstypen (GVT).

Für die Ermittlung des Gebirgsverhaltens wurden unterschiedliche Berechnungsmethoden verwendet. Diese Berechnungsmethoden basieren auf analytischen Berechnungsansätzen.

Als Grundlage der analytischen Berechnungen dienen geologische- und geomechanische Gebirgsmodelle. Das Baugrundmodell für den Flucht- und Rettungstollen basiert auf den Auswertungen des Umfahrungstunnels Innsbruck.

Das Gebirgsmodell wurde in Berechnungssegmente zu je 10 m Länge unterteilt, denen geologische- und geomechanische Parameter (elastische / plastische Gebirgsparameter und Festigkeitseigenschaften) und Randbedingungen (Bergwasserverhältnisse, Orientierung Gefüge-Bauwerk, Primärspannungszustand, Größe und Form des Bauwerkes) zugewiesen wurden. Jedes dieser Berechnungssegmente wurde anschließend mit den analytischen Berechnungsansätzen untersucht und ein Gebirgsverhalten ausgewiesen.

Für die Einteilung der Gebirgsverhaltenstypen wurden Abgrenzungskriterien eingeführt. Unter Abgrenzungskriterien versteht man empirische- und analytische Berechnungsmodelle die das Gebirgsverhalten in die Gebirgsverhaltenstypen einteilt, welche in der "Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb" beschrieben sind.

## 6.3 ERMITTLUNG DER GEBIRGSARTEN

Im Bereich des Flucht- und Rettungstollens können 22 Gebirgsarten (GA) unterschieden werden.

## 6.2 GENERALITÀ E DOCUMENTAZIONE DI BASE

La caratterizzazione geomeccanica e geotecnica rende possibile la determinazione delle proprietà del terreno attese nonché del comportamento dell'ammasso roccioso. Con il concetto di comportamento dell'ammasso roccioso si intende il comportamento di una cavità infinitamente lunga e non sostenuta. Le caratteristiche attese dell'ammasso roccioso vengono descritte mediante la definizione di tipi di ammasso roccioso (GA) specifici di progetto insieme all'indicazione dei parametri dell'ammasso roccioso. La determinazione del comportamento atteso dell'ammasso roccioso avviene con la determinazione di tipi di comportamento specifici di progetto dell'ammasso roccioso (GVT).

Per la determinazione del comportamento dell'ammasso roccioso sono stati impiegati metodi di calcolo differenti. Questi metodi di calcolo si basano su approcci di calcolo analitici.

La base dei calcoli analitici è fornita da modelli geologici e geomeccanici dell'ammasso roccioso. Il modello di terreno per il cunicolo di fuga e di soccorso si basa sulle interpretazioni della galleria di circonvallazione di Innsbruck.

Il modello di ammasso roccioso è stato suddiviso in segmenti di calcolo della lunghezza di 10m ciascuno, ai quali sono stati assegnati parametri geologici e geomeccanici (parametri elasto/plastici dell'ammasso roccioso e caratteristiche di resistenza) e condizioni al contorno (acque di infiltrazione, orientamento struttura-opera, stato di tensione primario, dimensioni e forma dell'opera). Ciascuno di questi segmenti di calcolo è stato successivamente studiato con metodi di calcolo analitici ed è stato identificato un comportamento dell'ammasso roccioso.

Per la suddivisione dei tipi di comportamento dell'ammasso roccioso sono stati introdotti criteri di definizione. Per criteri di definizione si intendono modelli di calcolo empirici ed analitici che suddividono il comportamento dell'ammasso roccioso in tipi di comportamento descritti nelle "Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb" („Linee guida per la progettazione geomeccanica di opere sotterranee con scavo ciclico“).

## 6.3 DETERMINAZIONE DEI TIPI DI AMMASSO ROCCIOSO

Nell'area del cunicolo di fuga e soccorso si possono individuare 22 tipi di ammasso roccioso (GA).

Die Einteilung erfolgt entsprechend folgender Parameter:

- Lockergesteine:
  - Korngrößenverteilung
  - Lagerungsdichte
  - Konsistenz
  - Festigkeitseigenschaften
- Festgesteine und Störungsgesteine:
  - Tropie
  - Zerlegungsintensität (Trennflächenabstand der Haupttrennflächenschar)
  - Verwitterung
  - Festigkeitseigenschaften

Entsprechend dieser Einteilung werden den Gebirgsarten Gesteinsparameter zugeordnet. Aus den Gesteinsparametern wird mit dem Berechnungsansatz nach E. Hoek, unter Verwendung des GSI-Wertes, auf die Gebirgskennwerte nach Mohr-Coulomb rückgerechnet.

Die Ermittlung der Gesteins- bzw. Gebirgsparameter für die Fest- und Störungsgesteine erfolgte durch Nachrechnung und Eichung der Werte anhand der gemessenen Verschiebungsbeträge beim Bau des Inntaltunnels. Dabei wurde berücksichtigt, dass durch die gemessenen Verschiebungsbeträge der Betrag der Vorverschiebung und der Betrag den die Stützungsmaßnahmen aufnehmen nicht abgebildet wurden.

Die Tabellen der Gebirgsarten mit ihren Gesteins- bzw. Gebirgsparametern ist diesem Bericht als „ANLAGE Gebirgsarten, ingenieurgeologische Abgrenzung“ bzw. „ANLAGE Gebirgsarten, geomechanische Abgrenzung“ beigelegt.

Der Plan „Geotechnischer Horizontalschnitt“ im Maßstab 1 : 25.000 stellt eine überblicksartige geotechnische Charakterisierung des Gebirges im Projektgebiet auf Tunnelniveau dar.

#### 6.4 PRIMÄRSPANNUNGEN

Das zu beurteilende Bauwerk liegt im Bereich des Plateaus der Hochterrasse. Die Überlagerungsmächtigkeiten liegen, mit Ausnahme der Portalbereiche, im Bereich von ca. 200 m bis maximal ca. 320 m. Die Vertikalspannung wurde dem jeweiligen Gewicht der Überlagerung gleichgesetzt. Der Seitendruckbeiwert ( $k_0$ ) wurde einheitlich mit 1,0 festgelegt.

#### 6.5 EINFLUSS DES GRUND- UND BERGWASSERS

Entsprechend den Beobachtungen beim Vortrieb des

La suddivisione avviene corrispondentemente ai seguenti parametri:

- Materiale sciolto:
  - curva granulometrica
  - densità di compattazione
  - consistenza
  - caratteristiche di resistenza
- Rocce compatte e rocce di faglia:
  - Tropia
  - intensità di frammentazione (spaziatura fratture della famiglia principale)
  - alterazione
  - caratteristiche di resistenza

Corrispondentemente a questa suddivisione vengono assegnati parametri ai tipi di ammasso roccioso. Dai parametri dell'ammasso roccioso con il metodo di calcolo secondo E. Hoek vengono derivati con calcolo inverso con l'impiego del valore GSI i parametri dell'ammasso roccioso secondo Mohr-Coulomb.

La determinazione dei parametri dell'ammasso roccioso per rocce compatte e di faglia è avvenuta con calcolo e calibratura dei valori sulla base del valore degli spostamenti misurati durante la costruzione della galleria di Inntal. Si è tenuto in considerazione che con i valori degli spostamenti misurati non è stato rappresentato il valore degli spostamenti davanti al fronte ed il valore degli spostamenti che i sostegni assorbono.

Le tabelle dei tipi di ammasso roccioso con i loro parametri di roccia ovvero di ammasso roccioso sono accluse come “ALLEGATI” in questa relazione, definizione geotecnica” cioè “ALLEGATO tipi di ammasso, definizione geomeccanica”.

La tavola „Sezione geotecnica orizzontale“ in scala 1 : 25.000 rappresenta una caratterizzazione geotecnica di insieme dell'ammasso roccioso nell'area di progetto a livello della galleria.

#### 6.4 STRESS IN SITU

La costruzione da valutare è ubicata nella zona del plateau della terrazza Hochterrasse. Gli spessori della copertura, ad eccezione delle aree di portale, sono compresi tra ca. 200 m fino a max. ca. 320 m. La tensione verticale è stata posta uguale al rispettivo peso della copertura. Il coefficiente di spinta laterale ( $k_0$ ) è stato assunto pari a 1,0 in modo unitario.

#### 6.5 EFFETTO DELL'ACQUA DI FALDA E DI INFILTRAZIONE

Conformemente alle osservazioni durante lo scavo della

Umfahrungstunnels Innsbruck wird für dieses Bauwerk ein Einfluss des Bergwassers auf das Gebirgsverhalten nur für die Lockergesteinsart Sand (GA 1) erwartet. Dabei werden insbesondere Sandabschnitte, die potenzielle Stauer (z.B. Grundmoräne GA 5, GA 6) überlagern, berücksichtigt.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Bereiche mit potenziellen Wasserzutritten durch geeignete Maßnahmen vorausentwässert werden und der Vortrieb in einem drainierten Gebirge erfolgt bzw. dass der Grund- bzw. Bergwasserkörper zumindest druckentspannt wurde.

Ein lokales Antreffen von fließendem Gebirge kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden und wird durch eine empirische Zuordnung des entsprechenden Gebirgsverhaltens (GVT 9, fließendes Gebirge) berücksichtigt.

## 6.6 QUELL- UND SCHWELLERSCHENUNGEN

Die Erkenntnisse aus dem Bau des Umfahrungstunnels Innsbruck zeigen, dass die Anteile an quellfähigen Tonmineralen in den tonigen Störungsgesteinen (Kakirite, „Fault Gouge“) sehr gering sind (Smektitgehalt: < 0,2 %, ILF 1994). Daher wird kein geotechnisch relevantes Quellen erwartet.

## 6.7 STÖRUNGSZONEN

Tektonische Störungszonen werden entsprechend der geologischen Prognose durch Berücksichtigung von Störungsgesteinen (GA 21, GA 22) geotechnisch modelliert. Aufgrund der bei der geomechanischen Analyse verwendeten Elementgröße von 10 m weisen Störungen eine minimale Mächtigkeit von 10 m auf. Größere Störungsmächtigkeiten bzw. schleiende Verschnitte zwischen Tunnelachse und Störungszonen werden durch ein entsprechendes Vielfaches von 10 m berücksichtigt.

Für jede modellierte Störungszone werden im geotechnischen Modell beidseitig Zonen mit hohem Zerlegungsgrad der jeweiligen Lithologie angenommen und durch die Zuweisung der entsprechenden Gebirgsarten berücksichtigt (GA 11, GA 14, GA 17, GA 18, GA 20).

# 7 KLASSIFIZIERUNG DES AUSBRUCHMATERIALS

Die Ausbruchsmaterialien die im Zuge des Baus des Rettungsstollens anfallen, werden hinsichtlich ihrer möglichen Wiederverwertbarkeit klassifiziert.

## 7.1 METHODIK

Gallerie der Umfassung von Innsbruck wird für dieses Bauwerk ein Einfluss des Bergwassers auf das Gebirgsverhalten nur für die Lockergesteinsart Sand (GA 1) erwartet. Dabei werden insbesondere Sandabschnitte, die potenzielle Stauer (z.B. Grundmoräne GA 5, GA 6) überlagern, berücksichtigt.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Bereiche mit potenziellen Wasserzutritten durch geeignete Maßnahmen vorausentwässert werden und der Vortrieb in einem drainierten Gebirge erfolgt bzw. dass der Grund- bzw. Bergwasserkörper zumindest druckentspannt wurde.

Ein lokales Antreffen von fließendem Gebirge kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden und wird durch eine empirische Zuordnung des entsprechenden Gebirgsverhaltens (GVT 9, fließendes Gebirge) berücksichtigt.

## 6.6 RIGONFIAMENTO DEL TERRENO

Le conoscenze dalla costruzione della galleria di circonvalazione di Innsbruck indicano che le quote di minerali argillosi rigonfianti nelle rocce di faglia argillose (cachirite, „Fault Gouge“) sono molto modeste (contenuto di smectite: < 0,2 %, ILF 1994). Non sono perciò previste sorgenti rilevanti dal punto di vista geotecnico.

## 6.7 ZONE DI FAGLIA

Zone di faglia tettoniche vengono modellate dal punto di vista geotecnico prendendo in considerazione le rocce di faglia (GA 21, GA 22) a seconda della prognosi geologica. A causa della dimensione degli elementi pari a 10 m impiegata nell'analisi geomeccanica lo spessore minimo delle faglie è di 10 m. Spessori maggiori delle faglie cioè intersezioni quasi parallele tra asse della galleria e zone di faglia vengono prese in considerazione con un corrispondente multiplo di 10 m.

Per ogni zona di faglia modellata da ambo i lati si assumono nel modello geotecnico zone ad elevato grado di frammentazione con la rispettiva litologia e prese in considerazione con l'assegnazione dei corrispondenti tipi di ammasso (GA 11, GA 14, GA 17, GA 18, GA 20).

# 7 CLASSIFICAZIONE DEL MATERIALE DI SCAVO

I materiali di scavo che deriveranno nel corso della costruzione del cunicolo di soccorso vengono classificati in base al possibile riutilizzo.

## 7.1 METODICA



Die vorliegende Beurteilung beruht ausschließlich auf der Auswertung von Daten des Umfahrungstunnels Innsbruck, der geologischen Kartierung der Trasse des Fensterstollen Ampass sowie der Beschreibung der im Projektgebiet erbohrten Gesteinsarten.

Nach aktuellem Planungsstand ist keine Wiederverwertung vorgesehen.

Grundsätzlich werden die Materialien folgenden Verwendungsklassen zugewiesen:

- Zuschlagstoffe für Beton
- Schüttmaterial
- Deponiematerial

Bezüglich der Spezifikation der Anforderungen und Kriterien für die einzelnen Verwendungsklassen wird auf den Bericht zur Klassifizierung des Ausbruchsmaterials für den Brenner Basistunnel (Geoteam 2006) verwiesen.

Derzeit nicht berücksichtigt wird eine mögliche Verunreinigung von Teilen des Ausbruchsmaterials durch den Gebrauch von Sprengstoffen. Für eine genaue Beurteilung sind detaillierte Untersuchungen vor und im Zuge der Bauausführung erforderlich.

## 7.2 LITHOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG

### 7.2.1 Quartäre Ablagerungen (exkl. Konglomerat)

Die quartären Ablagerungen (exkl. Konglomerat) können entsprechend eines kritischen Feinkorngehaltes in zwei Gruppen eingeteilt werden.

- Feinkornarme bis feinkornlose Lockergesteine
  - „Sand“ (GA 1)
  - „Kies“ (GA 2)
  - Talalluvionen, Hangschutt, Schuttfächer i.A. (GA 3, GA 4)
- Feinkornreiche Lockergesteine
  - Moräne i.A. (GA 5, GA 6)

### 7.2.2 Festgesteine

Die Festgesteine können grundsätzlich nach den kritischen Eigenschaften „Schiefrigkeit“ und Glimmergehalt zwei Gruppen eingeteilt werden.

- Massige bis gebankte, glimmerarme bis glimmerfreie Gesteine
  - Konglomerat (GA 7)
  - Kalk-, Dolomitmarmor (GA 8, GA 9, GA 10, GA 11)

La seguente valutazione è basata esclusivamente sull'interpretazione di dati della galleria di circonvallazione di Innsbruck, sulla cartografia geologica del tracciato della finestra di accesso intermedio di Ampass come pure sulla descrizione delle rocce rilevate nei carotaggi nell'area di progetto.

Secondo le attuali conoscenze non si prevede il riutilizzo.

Fondamentalmente vengono assegnate ai materiali le seguenti classi di utilizzo:

- Inerti per cls
- Materiale di riporto
- Materiale di deposito

Con riferimento alla specifica dei requisiti e dei criteri per le singole classi di utilizzo si rimanda alla relazione della classificazione del materiale di scavo per la Galleria di Base del Brennero (Geoteam 2006).

Non viene attualmente preso in considerazione una possibile contaminazione di parte del materiale di scavo a causa dell'esplosivo. Per una valutazione esatta sono necessarie analisi dettagliate prima e durante la fase di esecuzione.

## 7.2 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

### 7.2.1 Depositi quaternari (escluso conglomerato)

I depositi del quaternario (escluso conglomerato) possono essere suddivisi in due gruppi conformemente ad un contenuto critico di parti fini.

- Materiali sciolti da poveri a privi di parti fini
  - „sabbia“ (GA 1)
  - „ghiaia“ (GA 2)
  - Alluvioni di valle, detrito di falda, coni di deiezione (GA 3, GA 4)
- Materiali sciolti ricchi di parti fini
  - morene (GA 5, GA 6)

### 7.2.2 Rocce compatte

Le rocce compatte possono essere fondamentalmente suddivise in due gruppi, secondo le proprietà critiche „scistosità“ e contenuto in mica.

- Rocce massicce fino a banchi, da povere fino a prive di mica
  - Conglomerati (GA 7)
  - Marmo calcareo, dolomitico (GA 8, GA 9, GA 10, GA 11)

- Phyllitische bzw. schiefrige, glimmerreiche Gesteine
  - Quarzphyllit, Serizitphyllit, Chloritphyllit, Grünschiefer, Quarzitschiefer (GA 12, GA 13, GA 14, GA 15, GA 16, GA 17, GA 18, GA 19, GA 20)

#### 7.2.3 Störungsgesteine

- Tektonisch überprägte, feinkornreiche Gesteine
  - Kakirit, „Fault Gouge“, Kataklasit (GA 21, GA 22)

### 7.3 KLASSIFIZIERUNG

Die oben angeführten Lithologien werden grundsätzlich folgenden Verwendungsklassen zugeordnet:

#### 7.3.1 Zuschlagstoffe für Beton

Es werden keine geeigneten Materialien erwartet.

#### 7.3.2 Schüttmaterial

- Feinkornarme bis feinkornlose Lockergesteine
- Massige bis gebankte, glimmerarme bis glimmerfreie Gesteine

#### 7.3.3 Deponiematerial

- Feinkornreiche Lockergesteine
- Phyllitische bzw. schiefrige, glimmerreiche Gesteine
- Tektonisch überprägte, feinkornreiche Gesteine

## 8 KLASSIFIZIERUNG DER LOCKER- UND STÖRUNGSGESTEINE

Die Locker- und Störungsgesteine, die im Zuge des Baus des Rettungsstollens anfallen, werden hinsichtlich folgender Eigenschaften klassifiziert:

Lösbarkeit (nach ÖNORM B 2205)

Wasserempfindlichkeit (nach ÖNORM B 4401, Teil 3)

## 9 GEOTHERMISCHES MODELL

Die maximalen Überlagerungsmächtigkeiten des Rettungsstollens betragen ca. 320 m. Daher sind grundsätzlich keine projektrelevanten außergewöhnlichen Gebirgs- und Bergwassertemperaturen zu erwarten.

Die Bergwassertemperaturen, die im Zuge des Baus des Umfahrungstunnels Innsbruck gemessen wurden, lagen im Bereich zwischen 12°C und 18°C.

## 10 GAS, RADIOAKTIVITÄT UND ASBEST

- Rocce filladiche ovvero scistose, ricche in mica

- Fillade di quarzo, fillade di sericite, fillade cloritica, scisto verde, scisto di quarzo (GA 12, GA 13, GA 14, GA 15, GA 16, GA 17, GA 18, GA 19, GA 20)

#### 7.2.3 Rocce di faglia

- Rocce ricche di parti fini tettonicamente caratterizzate
  - Cachirite, „Fault Gouge“, cataclasite (GA 21, GA 22)

### 7.3 CLASSIFICAZIONE

Alle litologie di cui sopra vengono fundamentalmente assegnate le seguenti classi si utilizzo:

#### 7.3.1 Inerti per cls

Non sono attesi materiali idonei.

#### 7.3.2 Materiale di riporto

- Materiale sciolto da povero a privo di parti fini
- Rocce massicce fino a banchi, da povere fino a prive di mica

#### 7.3.3 Materiale di deposito

- Materiale sciolto ricco di parti granulometriche fini
- Rocce filladiche ovvero scistose, ricche in mica
- Rocce tettonizzate, ricche di parti granulometriche fini

## 8 CLASSIFICAZIONE DELLE ROCCE SCiolTE E DI FAGLIA

Le rocce sciolte e di faglia che affiorano nel corso della costruzione del cunicolo di soccorso vengono classificate con riferimento alle seguenti caratteristiche.

Solubilità (secondo ÖNORM B 2205)

Sensibilità all'acqua (secondo ÖNORM B 4401, parte 3)

## 9 MODELLO GEOTERMICO

Gli spessori massimi della copertura del cunicolo di soccorso sono pari a ca. 320 m. Non sono perciò previste temperature dell'ammasso roccioso e delle acque di infiltrazione insolite e rilevanti per il progetto.

Le temperature delle acque di infiltrazione misurate nel corso della costruzione della galleria di circonvallazione di Innsbruck erano comprese tra 12°C e 18°C.

## 10 GAS, RADIOATTIVITÀ E AMIANTO

Aufgrund der Beobachtungen im Zuge des Baus des Umfahrungstunnels Innsbruck sowie aufgrund der erwarteten geologischen Verhältnisse im Bereich des Rettungsstollens wird ein projektrelevantes Auftreten von geogenen Gasen, Radioaktivität sowie Asbest ausgeschlossen.

## 11 PORTALBEREICHE

### 11.1 GRUNDLAGEN

Der Bereich des Portals bei Tulfes wurde im Maßstab 1 : 1.000 geologisch, geomorphologisch und hydrogeologisch kartiert. Ergänzend zu den Erkenntnissen von den Voruntersuchungen (ILF 1986) und vom Bau des Umfahrungstunnels Innsbruck (ILF, 1994) wurde eine Kernbohrung (Tu-B-01/05) im Portalbereich zur Erkundung des Untergrundaufbaus ausgeführt. Die geologische Situation im Portalbereich wird im Maßstab 1 : 1.000 in den Plänen „Geologische-geomorphologische-hydrogeologische Karte Tulfes“ (Plannummer D0140-00121) und „Geologische Profile Tulfes“ (Plannummer D0140-00123) dargestellt.

### 11.2 MORPHOLOGISCH – GEOLOGISCHE SITUATION

Das Portal Tulfes liegt im Inntal, unmittelbar westlich des Nordportals des Umfahrungstunnels Innsbruck in einem leicht versteilten Hangfuß. Die Hangneigung beträgt im Portalbereich durchschnittlich 30°. Ca. 10 bis 15 Höhenmeter oberhalb des Portals, oberhalb einer deutlich ausgeprägten Geländekante legt sich der Hang mit ca. 0° bis 25° etwas zurück.

Der Hangfuß wird von Moränensedimenten aufgebaut. Dabei handelt es sich um weit gestufte Schluff–Sand–Kiesgemische, die wechselnd steinig sind und gelegentlich Findlinge (dokumentierte Durchmesser: 200 cm) führen können. In Abhängigkeit von der dominierenden Korngröße können neben den genannten typischen Schluff–Sand–Kiesgemischen auch sand- bzw. schluffdominierte Moränenablagerungen angetroffen werden. Die feinkörnige Matrix weist meist eine weiche bis steife Konsistenz auf. In den Moränensedimenten können feinkornarme bis feinkornlose Einschaltungen aus umgelagerten, ausgeschwemmten Moränenablagerungen (Sand, Kies) angetroffen werden.

Im Bereich des Portals des Umfahrungstunnels Innsbruck sowie weiter östlich davon wie auch westlich des Portals des Rettungsstollens sind Massenbewegungen ausgebildet, die z.T. aktive Bewegungssphänomene zeigen. Diese Rutschungen weisen entsprechend ihren morphologischen Indizien einen Tiefgang von bis zu

In base alle osservazioni nel corso della costruzione della galleria di circonvallazione di Innsbruck, e in base alle condizioni geologiche attese nel settore del cunicolo di soccorso, viene esclusa la comparsa di gas geogenici, radioattività e amianto rilevanti per il progetto.

## 11 AREE DI PORTALE

### 11.1 DOCUMENTAZIONE DI BASE

La zona dell'imbocco presso Tulfes è stata geologicamente, geomorfologicamente e idrogeologicamente cartografata in scala 1 : 1.000. Ad integrazione delle conoscenze derivanti dalle indagini preliminari (ILF 1986) e della costruzione della galleria di circonvallazione di Innsbruck (ILF, 1994) è stato eseguito un carotaggio (Tu-B-01/05) nell'area di imbocco per indagare la struttura del sottosuolo. La situazione geologica nell'area di imbocco viene rappresentata in scala 1 : 1000 nelle tavole „Carta geologica-geomorfologica-idrogeologica di Tulfes“ (numero di progetto D0140-00121) e „Sezioni geologiche di Tulfes“ (numero di progetto D0140-00123).

### 11.2 SITUAZIONE MORFOLOGICA – GEOLOGICA

L'imbocco di Tulfes si trova nella valle di Inntal, immediatamente ad ovest del portale nord della galleria di circonvallazione di Innsbruck ai piedi di un versante leggermente ripido. L'inclinazione del pendio nell'area di portale è pari a ca. 30°. Ca. 10 fino a 15 metri di quota al di sopra del portale, sopra un bordo del terreno chiaramente marcato la pendenza diminuisce a ca. 20° fino a 25°.

Il piede del pendio è costituito da sedimenti morenici. Si tratta di miscele limo-sabbia-ghiaia con ampia curva granulometrica in alternanze con ciottoli e possibili trovanti occasionali (diametro documentato: 200 cm). In funzione delle granulometrie dominanti accanto alle nominate tipiche miscele limo-sabbia-ghiaia possono essere riscontrati anche depositi morenici dove sono predominanti sabbia e limo. La matrice a grana fina presenta per lo più consistenza da plastica a semisolida. Nei sedimenti morenici possono essere riscontrate anche inclusioni da povere a prive di parti fini costituite da depositi morenici (sabbia, ghiaia) rimaneggiati, dilavati.

Nel settore di imbocco della galleria di circonvallazione di Innsbruck come anche più avanti ad est di questa e ad ovest del portale del cunicolo di soccorso si sono formati movimenti di masse, che in parte mostrano fenomeni di movimento attivi. Questi trasporti di massa conformemente ai loro indizi geologici presentano profondità pari fino a

mehreren Metern auf. In allen Rutschbereich treten Vernässungszonen auf.

### 11.3 HYDROGEOLOGISCHE SITUATION

In den Bohrungen der Vorerkundung des Umfahrungstunnels Innsbruck wurden lokal Sickerwasserzutritte festgestellt (KB 1, KB 2, ILF 1986). In der Bohrung Tu-B-01/05 wurden keine wasserführenden Schichten angetroffen. Hinsichtlich der Wasserführung im Bereich des Portals Tulfes wird davon ausgegangen, dass Grundwasserzutritte auf lokale Einschaltungen von Sanden und Kiesen beschränkt bleiben.

## 12 VERZEICHNISSE

### 12.1 LITERATUR UND QUELLEN

#### 12.1.1 Literatur

- Feder G. & Arwanitakis M. (1976): "Zur Gebirgsmechanik ausbruchnaher Bereiche tief liegender Hohlraumbauten", Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 121, Heft 4
- Feder G. (1978): Versuchsergebnisse und analytische Ansätze zum Scherbruchmechanismus im Bereich tiefliegender Tunnel. Rock Mechanics, Vol. 6, pp. 71-102
- Feder G. (1981): "Der Firstniederbruch: Firstniederbrüche im Tunnelbau", Forschung und Praxis, Heft 27
- Freeze R.A. & Cherry J.A. (1979): Groundwater, Englewood, New Jersey, Prentice-Hall Inc.
- Haditsch G. & Mostler H. (1982): Zeitliche und stoffliche Gliederung der Erzvorkommen im Innsbrucker Quarzphyllit. Geol. Pläont. Mitt. Innsbruck, 12
- Hoek E. (1999): Support in very weak rock associated with faults and shear zones, Int. Symp. Rock Support and Reinforcement Practice in Mining, Kalgoorie, Australia.
- Hoek E. & Brown E.T. (1997): Practical estimates or rock mass strength, Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstracts, Vol. 34(8), pp. 1165-1186.
- John M. & Benedikt J. (1994): Lösung schwieriger Planungsaufgaben für den Inntaltunnel. Felsbau, Heft 12 / Nr. 2

numerous metri. In tutti i settori di franamento sono presenti aree di ruscellamento diffuse.

### 11.3 SITUAZIONE IDROGEOLOGICA

Nei sondaggi delle indagini preliminari della galleria di circonvallazione di Innsbruck sono state localmente accertate infiltrazioni di acqua (KB 1, KB 2, ILF 1986). Nel sondaggio Tu-B-01/05 non sono stati riscontrati strati acquiferi. Con riguardo al trasporto di acqua nella zona dell'imbocco di Tulfes si assume che le venute di acqua di falda rimangano limitate a inclusioni locali di sabbie e ghiaie.

## 12 ELENCO DELLE TABELLE

### 12.1 BIBLIOGRAFIA E FONTI

#### 12.1.1 Bibliografia

- Feder G. & Arwanitakis M. (1976): "Zur Gebirgsmechanik ausbruchnaher Bereiche tief liegender Hohlraumbauten", Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 121, Heft 4
- Feder G. (1978): Versuchsergebnisse und analytische Ansätze zum Scherbruchmechanismus im Bereich tiefliegender Tunnel. Rock Mechanics, Vol. 6, pp. 71 – 102
- Feder G. (1981): "Der Firstniederbruch: Firstniederbrüche im Tunnelbau", Forschung und Praxis, Heft 27
- Freeze R.A. & Cherry J.A. (1979): Groundwater, Englewood, New Jersey, Prentice-Hall Inc.
- Haditsch G. & Mostler H. (1982): suddivisione temporale e materiale dell'affioramento di bronzo nella fillade quarzifera di Innsbruck. Geol. Pläont. Mitt. Innsbruck, 12
- Hoek E. (1999): Support in very weak rock associated with faults and shear zones, Int. Symp. Rock Support and Reinforcement Practice in Mining, Kalgoorie, Australia.
- Hoek E. & Brown E.T. (1997): Practical estimates or rock mass strength, Int. J. Rock Mech. & Min. Sci. & Geomech. Abstracts, Vol. 34(8), pp. 1165-1186.
- John M. & Benedikt J. (1994): Soluzione a compiti di progettazione difficili per la Galleria di Inntal. Felsbau 12 / 2

- Lei S. (1999): An analytical solution für steady flow into a tunnel, Ground Water, 37 (1), pp. 23 - 26
- Leimser W. & Köhler M. (1994): Die baugeologischen Verhältnisse des Inntaltunnels. Felsbau, Heft 12 / Nr.2
- ÖNORM B2203-1: „Untertagebauarbeiten - Werkvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb“, 01.12.2001
- Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (2001): "Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb", Salzburg
- Riedmüller G. & Schubert, W. (1999): Critical comments on quantitative rock mass classifications, Felsbau, Heft 17 / Nr. 3, 164-167.
- Riedmüller G. & Schubert, W. 1999. Rock mass modelling in tunnelling versus rock mass classification using rating methods. Proceedings of the 37th Rock Mechanics Symposium, Vail.
- Rocscience (2005): RockLab 1.020, <http://www.rocscience.com/>
- Schubert W. (1993): Erfahrungen bei der Durchörterung einer Großstörung im Inntaltunnel. Felsbau, Heft 11 / Nr. 6
- Schubert W., Siding, U. & Leimser W. (1994): Inntaltunnel – Vortrieb des Abzweigungsbauwerkes Brenner. Felsbau, Heft 12 / Nr. 2
- Sellner P. (2000): Prediction of Displacements in Tunnelling. Gruppe Geotechnik Graz, Heft 9, ISBN 3 - 900484 25 2
- Spaun G. & K. Thuro (1994): Untersuchungen zur Bohrbarkeit und Zähigkeit des Innsbrucker Quarzphyllits. Felsbau, Heft 12 / Nr. 2
- Steindorfer A. (1998): Short Term Prediction of Rock Mass Behaviour in Tunnelling by Advanced Analysis of Displacement Monitoring Data. Gruppe Geotechnik Graz, Heft 1, ISBN 3 - 900484 17 X
- Weiss E.H. (1994): Kritische Anmerkungen über die Gebirgseinflüsse und die aufgetretenen Schwierigkeiten beim Bau des Inntaltunnels. Felsbau, Heft 12 / Nr. 2

#### 12.1.2 Quellen

- Lei S. (1999): An analytical solution für steady flow into a tunnel, Ground Water, 37 (1), pp. 23 - 26
- Leimser W. & Köhler M. (1994): Le caratteristiche geotecniche della Galleria di Inntal. Felsbau 12 / 2
- ÖNORM B2203-1: „Untertagebauarbeiten - Werkvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb“, 01.12.2001
- Società austriaca di geomeccanica (2001): "Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb", Salzburg
- Riedmüller G. & Schubert, W. (1999): Critical comments on quantitative rock mass classifications, Felsbau, Heft 17 / Nr. 3, 164-167.
- Riedmüller G. & Schubert, W. 1999. Rock mass modelling in tunnelling versus rock mass classification using rating methods. Proceedings of the 37th Rock Mechanics Symposium, Vail.
- Rocscience (2005): RockLab 1.020, <http://www.rocscience.com/>
- Schubert W. (1993): Esperienze dall'attraversamento di una fascia tettonica nella Galleria di Inntaltunnel. Felsbau 11 / 6
- Schubert W., Siding, U. & Leimser W. (1994): Galleria di Inntal – Scavo del bivio di interconnessione Brennero – Felsbau 12 / 2
- Sellner P. (2000): Prediction of Displacements in Tunnelling. Gruppe Geotechnik Graz, Heft 9, ISBN 3 - 900484 25 2
- Spaun G. & Thuro K. (1994): Analisi sulla fresabilità e la tenacità della fillade quarzifera di Innsbruck. Felsbau 12 / 2
- Steindorfer A. (1998): Short Term Prediction of Rock Mass Behaviour in Tunnelling by Advanced Analysis of Displacement Monitoring Data. Gruppe Geotechnik Graz, Heft 1, ISBN 3 - 900484 17 X
- Weiss E.H. (1994): Osservazioni critiche sull'influenza della roccia e le difficoltà nello scavo della Galleria di Inntal. Felsbau 12 / 2

#### 12.1.2 Fonti

- ARGE Brenner Basistunnel – Erkundungsbohrungen 2004 Wipptal (2005): fünf Kern-bohrungen (Tu-B-01/05, Ar-B-01/05, Ar-B-02/05, Am-B-01/05, Am-B-02/05) mit Ausbau von zwei Bohrungen zu 2 Piezometern (per Email am 13.10.2005, 27.10.2005 und 07.11.2005)
- ARGE WWBS Brenner Basistunnel (2005): Arbeitsbericht Hydrografische Messstellen. Innsbruck.
- ARGE Bernard Ingenieure und 3G (2007) [Auftrag D0140-00131]: Bericht zur Geologie-Hydrogeologie-Geotechnik.
- Forschungsgruppe CFR, Universität Innsbruck, GBA (2005): Brenner Basistunnel EWIV. Bericht Geologische Kartierung / Strukturtektonik / Hydrogeologie – Geochemie. (vorläufig - Version: 20.10.2005)
- Geoexpert AG (2005/2006): Geophysikalische Untersuchungen Ampass (Original per Email am 27.11.2005, Korrektur per Email am 07.04.2006).
- Geoteam (2006) [Auftrag 0154]: Ausbau Eisenbahnachse München – Verona, Brenner Basistunnel, Technischer Bericht Neotektonik (Status: vorläufig)
- Geoteam (2006) [Auftrag 0154]: Ausbau Eisenbahnachse München – Verona, Brenner Basistunnel, Deponien – Klassifizierung des Ausbruchsmaterials (Status: vorläufig)
- ILF (1986 – 1993): Ortsbrustdokumentationen 1:100 Inntaltunnel Vortriebe Nord + Süd.
- ILF (1986): Umfahrung Innsbruck, Inntaltunnel, Aufschlussarbeiten 1986, Endbericht.
- ILF (1994): Inntaltunnel, Wasserwirtschaftliche Beweissicherung, Schlussbericht (mit Lageplan Nr. ITB-205, 1:25.000), erstellt f. HL-AG, Innsbruck, April 1994
- ILF (1994): Transitkorridor Brennerroute, Projekt Umfahrung Innsbruck, Inntaltunnel, Geotechnischer Schlussbericht (mit geotechn. Tunnelband, Ausführung, Plan Nr. IT-BD-500, 1:10.000), erstellt f. HLAG, Innsbruck, April 1994
- ILF (1994): Umfahrung Innsbruck, Inntaltunnel, Baugeologische Dokumentation, Pläne Vortrieb Süd, Durchschlag - bergmännisches Südportal,
- ATI Galleria di Base del Brennero – Sondaggi geognostici 2004 Wipptal (2005): cinque sondaggi a carotaggio (Tu-B-01/05, Ar-B-01/05, Ar-B-02/05, Am-B-01/05, Am-B-02/05) con attrezzaggio di 2 sondaggi a 2 piezometri (per Email il 13.10.2005, 27.10.2005 e 07.11.2005)
- ATI MRI Galleria di Base del Brennero (2005): Relazione luoghi di misurazione idrografici. Innsbruck.
- ARGE BERNARD INGENIEURE E 3G (2007) (Contratto D0140-00131): relazione su geologica-idrogeologia-geotecnica
- Gruppo di ricerca CFR, Università di Innsbruck, GBA (2005): GEIE Galleria di Base del Brennero. Rapporto Cartografia geologica / Tettonica strutturale / Idrogeologia-Geochemica (preliminare - versione: 20.10.2005)
- Geoexpert AG (2005/2006): Indagini geofisiche di Ampass (originale per Email il 27.11.2005, correzione per Email il 07.04.2006).
- Geoteam (2006) [incarico 0154]: Potenziamento dell'asse ferroviario Monaco – Verona, Galleria di Base del Brennero, relazione tecnica neotettonica (stato: provvisoria)
- Geoteam (2006) [incarico 0154]: Potenziamento dell'asse ferroviario Monaco – Verona, Galleria di Base del Brennero, depositi – classificazione del materiale di scavo (Stato: inizializzato)
- ILF (1986 – 1993): Documentazione del fronte di scavo 1:100 Galleria di Inntal scavi Nord + Sud.
- ILF (1986): Circonvallazione di Innsbruck, Inntaltunnel, lavori di prospezione 1986, relazione finale.
- ILF (1994): Galleria di Inntal, monitoraggio delle risorse idriche, relazione finale (con planimetria nr. ITB-205, 1:25.000). – redatta per HL-AG, Innsbruck, Aprile 1994
- ILF (1994): Corridoio di transito rotta del Brennero, Progetto di Circonvallazione di Innsbruck, Galleria di Inntal, Relazione conclusiva geotecnica (con sezione long. e tutti i dati geotecnici di dettaglio, esecuzione, Tav. nr. IT-BD-500, 1:10.000). – redatta per HLAG, Innsbruck, Aprile 1994
- ILF (1994): Circonvallazione di Innsbruck, Galleria di Inntal, documentazione geotecnica, tavole scavo sud, abbattimento tradizionale al Portale sud, parte

Teil 1/2+2/2, Innsbruck, April 1994

- ILF (1994): Umfahrung Innsbruck, Inntaltunnel, Baugeologische Dokumentation, Pläne Vortrieb Nord, bergmännisches Nordportal - Durchschlag, Teil 1/2+2/2, Innsbruck, April 1994
- ILF (1994): Umfahrung Innsbruck, Inntaltunnel, Baugeologischer Schlussbericht (mit baugeologischem Längsschnitt, Plan Nr. IT-G-D-130, 1:10.000), erstellt f. HL-AG, Innsbruck, April 1994.
- ILF (2005) [Auftrag D0123]: Wasserwirtschaftliche Beweissicherung Phase 2, Zwischenbericht 30.06.2005 (per FTP-Server).
- ILF (2006) [Auftrag D0123]: Wasserwirtschaftliche Beweissicherung Am-B-01/05 und Am-B-02/05 (per Email am 04.04.2006)
- ILF (2006) [Auftrag D0123]: Wasserwirtschaftliche Beweissicherung Phase 2, aktuelle Messdaten Bereich Herztal (per Email im Oktober 2006).
- ILF (2007) [Auftrag D0123]: Wasserwirtschaftliche Beweissicherung Phase 2, aktuelle Messdaten Bereich Erweiterung West (per Email im Dezember 2007).
- ILF (2008) [Auftrag D0123]: Wasserwirtschaftliche Beweissicherung Phase 2, aktuelle Messdaten Bereich Erweiterung West (per Email im Jänner 2008).
- Perello P et.al. (2005): Geologische Kartierung / Strukturtektonik / Hydrogeologie – Geochemie, Bericht 2005, Ausbau Eisenbahnachse München – Verona, Brenner Basistunnel Phase II, erstellt für BBT SE
- Schubert, W. (1986 – 1993): Geotechnische Messungen im Umfahrungstunnel Innsbruck
- Stingl, V. & Rockenschaub, M. (2005): Geologisch – hydrogeologischer Bericht, Interpretation, Aus- und Einarbeitung geologischer und hydrogeologischer Unterlagen, Tunnelplanung – Nachrüstung Umfahrung Innsbruck, Ausbau Eisenbahnachse München – Verona, Brenner Basistunnel Phase II, erstellt für BBT SE (vorläufig - Version: 21.06.2005).

1/2+2/2, Innsbruck, Aprile 1994

- ILF (1994): Circonvallazione di Innsbruck, Galleria di Inntal, documentazione geotecnica, tavole scavo Nord, portale Nord – abbattimento tradizionale, parte 1/2+2/2, Innsbruck, Aprile 1994
- ILF (1994): Circonvallazione di Innsbruck, Galleria di Inntal, relazione geotecnica conclusiva (con sezione longitudinale geologica, tav. nr. IT-G-D-130, 1:10.000). - redatta per HL-AG, Innsbruck, Aprile 1994.
- ILF (2005) [Incarico D0123]: Monitoraggio delle risorse idriche fase 2, relazione intermedia 30.06.2005 (per FTP-Server).
- ILF (2006) [Incarico D0123]: Monitoraggio delle risorse idriche Am-B-01/05 e Am-B-02/05 (per Email il 04.04.2006).
- ILF (2006) [Incarico D0123]: Monitoraggio delle risorse idriche fase 2, dati di misurazione attuali settore Herztal (per Email in Ottobre 2006).
- ILF (2007) [Incarico D0123]: Monitoraggio delle risorse idriche fase 2, dati di misurazione attuali settore Herztal (per Email in Ottobre 2006).
- ILF (2008) [Incarico D0123]: Monitoraggio delle risorse idriche fase 2, dati di misurazione attuali settore Herztal (per Email in Ottobre 2006).
- Perello P et.al. (2005): Cartografia geologica / Tettonica strutturale / Idrogeologia – Geochemica, Relazione 2005, Rettifica dell'asse ferroviario Monaco – Verona, Galleria di Base del Brennero Fase II, redatto per Galleria di Base del Brennero
- Schubert, W. (1986 – 1993): Misurazioni geotecniche nella galleria di circonvallazione di Innsbruck
- Stingl, V. & Rockenschaub, M. (2005): Relazione geologica – idrogeologica, interpretazione, studio e inserimento della documentazione geologica e idrogeologica, Progettazione della Galleria – Integrazione della Circonvallazione di Innsbruck, Rettifica dell'asse ferroviario Monaco – Verona, Galleria di Base del Brennero Fase II, redatto per Galleria di Base del Brennero (preliminare - Versione: 21.06.2005)

## 12.2 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BZT	rechnerische Bruchzonentiefe [m]
c	Kohäsion
EPN	EUREF permanent GPS Network
G	Gewichtskraft eines virtuellen Gebirgsblockes, diese setzt sich zusammen aus dem Volumen eines Meterstreifens über dem First und der Wichte des Gebirges [MN/lm]
GA	Gebirgsart
GPS	Global Positioning System
GSI	Geological Strength Index [-]
GVT	Gebirgsverhaltenstyp
hü	Überlagerungshöhe über Tunnelfirste, ist die Länge der vertikalen Scherfuge [m]
i	Grenztiefe zur rechnerischen Bruchzonentiefe [m]
lfm	Laufmeter
R	Tunnelradius [m]
SOK	Schienenoberkante
T	Scherkraft die durch den primären Seitendruck im Gebirge in einer vertikalen, an die Tunnellaubung tangierenden Scherfläche aktiviert wird [MN/lm]
TM	Tunnelmeter
UCS	Einaxiale Druckfestigkeit des Gebirges [MPa]
WWBS	Wasserwirtschaftl. Beweissicherung
$\Delta R$	Radialdeformation [m]
$\varphi$	Reibungswinkel

## 12.3 PLÄNE UND SONSTIGE UNTERLAGEN

### 12.3.1 Zugehörige Pläne

- D0642-00420  
Geologisch-geotechnischer Längsschnitt  
Rettungsstollen
- D0642-00421  
Geologische Profile  
Rettungsstollen
- D0642-00422  
Geotechnischer Horizontalschnitt

## 12.2 ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI

BZT	profondità di calcolo zona di rottura [m]
c	coesione
EPN	EUREF permanent GPS Network
G	forza peso di un blocco virtuale di ammasso roccioso, si compone del volume di una striscia di larghezza unitaria sopra il colmo e del peso specifico dell'ammasso roccioso [MN/lm]
GA	tipo di ammasso roccioso
GPS	Global Positioning System
GSI	Geological Strength Index [-]
GVT	tipo di comportamento dell'ammasso roccioso
hü	Altezza della copertura sopra il colmo della galleria, é la lunghezza del giunto di taglio verticale [m]
i	profondità limite per la profondità di calcolo della zona di rottura [m]
ml	metri lineari
R	raggio galleria [m]
SOK	filo superiore rotaie
T	sforzo di taglio attivato nell'ammasso roccioso dalla pressione laterale primaria, in una superficie di taglio verticale alla tangente all'intradosso della galleria [MN/lm]
TM	Progressiva metrica galleria
UCS	Resistenza alla compressione monoassiale dell'ammasso roccioso [MPa]
MRI	monitoraggio delle risorse idriche
$\Delta R$	deformazione radiale [m]
$\varphi$	angolo di attrito

## 12.3 ELABORATI GRAFICI ED ULTERIORE DOCUMENTAZIONE

### 12.3.1 Elaborati grafici

- D0642-00420
- D0642-00421
- D0642-00422



#### Rettungsstollen

- D0642-00423  
Geologische Karte Tulfes
- D0642-00424  
Geologische Profile Tulfes

#### **12.3.2      Zugehörige Unterlagen**

- D0642-00401  
Geotechnischer Bericht

- D0642-00423

- D0642-00424

#### **12.3.2      Documentazione attinente**

- D0642-00401