

SEMMERING BASISTUNNEL - Pilotstollen (9843 m)

Baugeologische Ergebnisse

J. KAISER, J. MERINGER

INHALTSVERZEICHNIS:

1	Einleitung
2	Das Projekt
3	Bauwerksdaten
4	Geologischer Überblick
5	Geologische Erkundung und Prognose
6	Hydrogeologische Erkundung und Prognose
7	Felsmechanik - Gebirgsmechanik - Gebirgstypisierung
8	Stand der Arbeiten
9	Betriebsdaten
10	Geologische - hydrogeologische - baugeologische Ergebnisse
11	Zusammenfassung und Ausblick
12	Nachsatz
13	Literatur

1 EINLEITUNG

Am 07.12.1994 wurde der Pilotstollen des Semmering Basistunnels in Mürzzuschlag angeschlagen. Nach rund einem Jahr wurde die Vortriebsstation 1017 m erreicht.

Es wurde rund ein Zehntel der vorgesehenen Länge im fallenden Vortrieb aufgefahren, wobei eine Reihe von interessanten Ergebnissen gewonnen werden konnten.

Schon aus diesem Grund ist die HL-AG der Einladung gerne gefolgt, um in Form eines Zwischenberichtes den derzeitigen Stand der Arbeiten darzulegen.

2 DAS PROJEKT

Die Neubaustrecke zwischen Gloggnitz und Mürzzuschlag, der Semmering-Basistunnel, wird die 140 Jahre alte Semmeringbahn vom Güterverkehr sowie vom Personenfernverkehr entlasten. Für den Regionalverkehr und den Ausflugsverkehr wird weiterhin die Ghega-Bahn erhalten bleiben.

Die Gesamtlänge des Projektes beträgt 22,7 Kilometer. Davon entfällt der überwiegende Teil nämlich 22,1 Kilometer auf die reine Tunnelstrecke.

Der zweigleisige Haupttunnel besteht aus drei Teilen.

- Von Gloggnitz bis Pettenbach wird ein 1,739 Meter langer Tunnel durch den Schafkogel vorgetrieben.
- Danach folgt der 1.125 Meter lange Tunnelabschnitt bis Küb, der in offener Bauweise errichtet wird, weil dort durch die „seichte“ Lage des Tunnels das Bauen unter Tag nicht möglich ist. Sobald dieser

Abschnitt fertig ist, wird die Baugrube wieder zugeschüttet. Damit verbleibt hier kein dauernder Eingriff. Dieser Bereich kann somit wie bisher landwirtschaftlich genutzt werden.

- Der größte Teil der Tunnelstrecke befindet sich im über 19 Kilometer langen Abschnitt zwischen Küb und Mürzzuschlag.

Komplettiert wird der Tunnel mit baulichen Vorkehrungen für das Sicherheitskonzept. Das sind im Abschnitt Gloggnitz Prein insgesamt acht begehbare Fluchtstollen sowie im Abschnitt Mürzzuschlag - Prein der ca. 10 km lange Begleitstollen und ein Lüftungsschacht.

Zuerst wird der Begleitstollen für die detaillierte Erkundung des Gebirges vorgetrieben und erfüllt somit auch die Funktion eines „Erkundungsstollens“

Der Haupttunnel wird von den beiden Tunnelportalen (Gloggnitz und Mürzzuschlag) vorgetrieben, der Begleitstollen von Mürzzuschlag aus. An diesen beiden Baustellen werden entsprechende Schutzmaßnahmen vorgesehen, um die Auswirkungen des Baubetriebes möglichst gering zu halten.

Am 28. November 1994 wurde vom Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr die eisenbahnrechtliche Baugenehmigung die rechtliche Grundlage für den Hochleistungsstreckenabschnitt Gloggnitz Mürzzuschlag, mit Semmering - Basistunnel km 76,100 bis km 98,797, erlassen (siehe Abb. I. Übersichtsplan).

3 BAUWERKSDATEN

Länge Pilotstollen.....	9.843 m
Portal Mürzzuschlag:.....	Höhe ü. A. 683,25 m
Ende Pilotstollen.....	Höhe ü. A. 582,18 m
Gefälle.....	9,79 ‰
Pilotstollen endet blind	

Portalaufweitung Mürzzuschlag

	Länge....	230 m
	Profil.....	60 m ²
Regelprofil Pilotstollen.....		16 m ²
geotechnische Aufweitungen.....		7 Stück mit 47 m ²
Ausbruch Pilotstollen.....		180.000 m ³
Landwirtschaftliche		
Gestaltungsfläche.....		400.000 m ³
Zwischendeponie.....		1.500 m ³
Querschläge.....		8Stück
Bauweise.....		NÖT
Vortriebsart.....		konventioneller Sprengvortrieb
Sohlausbildung		
hinter Ortsbrust.....		Ortbetonsohle 160 m

- Die Bauzeit beträgt 60 Monate, d.h. 1999 soll der Vortrieb beendet sein.
- Baukosten: ~ 437 Mio.ÖS

4 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Die Tunneltrasse befindet sich in einem klassischen Gebiet der Alpengeologie am Ostrand der Ostalpen.

Schon UHLIG (1909) und MOHR (1910) erkannten hier stratigraphische und tektonische Parallelen zu den Radstädter Tauern. Aufgrund dieser Vergleiche entstand die Idee des Ostalpinen Tauernfensters, welches ebenso wie das Semmering-Wechsel-Fenster von den Oberostalpinen Einheiten von Süden nach Norden überfahren wurde.

Nach MOHR (1910) liegen die Einheiten des Semmeringsystems auf dem kuppelförmig aufgewölbten Wechselsystem, somit ist das Wechselsystem die tiefere Einheit.

Die Tunneltrasse durchfährt ein kompliziert gebautes Gebiet, in welchem mehrere tektonische Einheiten übereinander gestapelt aufgeschlossen sind.

Neben den vielen geologischen Arbeiten ist allem auf die großartige Kartierung von CORNELIUS aus dem Jahr 1936 hinzuweisen, auf die sich auch unsere Geologengeneration stützt, sowie auf die tektonische Deutung durch CLAR (1965) und TOLLMANN (1959-1976).

Das unterostalpine Semmeringsystem besteht hier aus einer Reihe nordtauchender, teils zerrissener, liegender Falten mit kristallinen Kernen, die nach Westen rasch an Breite zunehmen. Das Kristallin besteht aus phyllitischen Glimmerschiefern, Quarzphylliten, Amphiboliten und Grobgnaisen.

Die auf dem Kristallin befindliche permomesozoische Sedimenthülle in zentralalpiner Fazies transgrediert auf variszischem Untergrund und umfaßt Quarzite, Arkosen, Konglomerate, Porphyroide und Triassedimente.

Die alpidische Orogenese macht sich in epizonaler Regionalmetamorphose bemerkbar.

Die Grobgnese und phyllitischen Glimmerschiefer der Buckligen Welt, des Rosaliengebirges und des Leithagebirges gehören ebenfalls zum Unterostalpin.

Unter den unterostalpinen Gesteinen des Semmeringsystem liegt die Wechselserie und tektonisch noch tiefer das Penninikum.

Nördlich vom Semmeringsystem befinden sich die oberostalpinen Decken mit ihrer paläozoischen Unterlage bzw. Grauwackenzone, die mit dem Semmeringsystem im tektonischen Kontakt stehen.

Die Grauwackenzone läßt sich von Süden nach Norden in die tiefere Veitscher Decke und die höhere, über der Veitscher Decke liegende Norische Decke gliedern.

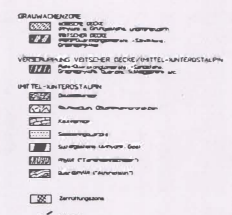
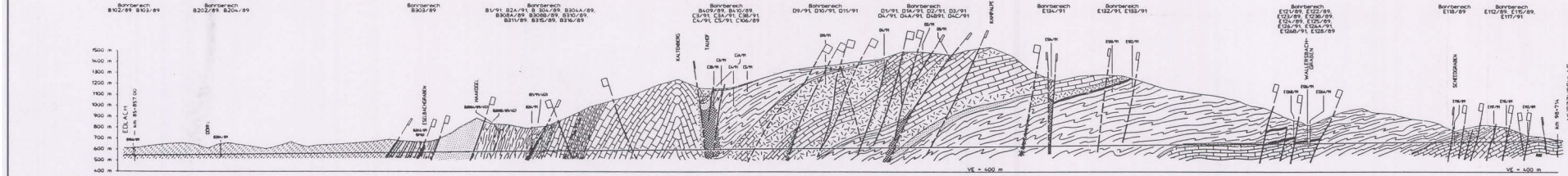
5 GEOLOGISCHE ERKUNDUNG UND PROGNOSE

Die HL-AG hat eine Abfolge von mehreren, stufenweise aufeinander abgestimmten Erkundungsphasen in Abhängigkeit von der Planungsphase ausgearbeitet.

Insgesamt wurden fünf Erkundungsphasen mit 13.500 lfm Kernbohrungen durchgeführt.

Aufgrund dieser Erkundungsbohrungen sowie flächendeckender geologischer Kartierung wurde von Prof. RIEDMÜLLER die baueologische Prognose erstellt (siehe Abb. 2, Prognose-Längenschnitt).

Abb. 2



KILOMETRIERUNG	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98													
GEOLOGISCHE EINHEITEN	GRANODIORIT		NORSCHER DECKE		VEITSCHER DECKE		PERMOTRIS		PERMOTRIS		PERMOTRIS		PERMOTRIS													
GESTEINE	Phyrite		Phyrite		Phyrite		Phyrite		Phyrite		Phyrite		Phyrite													
CHARAKTERISTISCHE GEFUßZEBEICHE	Tectonische Verschiebung		Tectonische Verschiebung		Tectonische Verschiebung		Tectonische Verschiebung		Tectonische Verschiebung		Tectonische Verschiebung		Tectonische Verschiebung													
GEFUßGESITATION	[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]													
HYDROGEOLOGISCHE PROBLEME BERGWASSERSITATION	[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]		[Diagram]													
GEOTECHN. GEBIRGSBEREICHE	16		15		14		13		12		11		10													
KILOMETRIERUNG	86 520		87 480		88 140		88 900		89 450		91 000		92 100													
MASSGEBENDE BOHRUNGEN	B02/89		B04/89		B03/89		B04/89, B05/89, B06/89, B07/89, B08/89, B09/89, B10/89		B11/89, B12/89, B13/89, B14/89, B15/89, B16/89, B17/89, B18/89, B19/89, B20/89, B21/89, B22/89, B23/89, B24/89, B25/89, B26/89, B27/89, B28/89, B29/89, B30/89, B31/89, B32/89, B33/89, B34/89, B35/89, B36/89, B37/89, B38/89, B39/89, B40/89, B41/89, B42/89, B43/89, B44/89, B45/89, B46/89, B47/89, B48/89, B49/89, B50/89, B51/89, B52/89, B53/89, B54/89, B55/89, B56/89, B57/89, B58/89, B59/89, B60/89, B61/89, B62/89, B63/89, B64/89, B65/89, B66/89, B67/89, B68/89, B69/89, B70/89, B71/89, B72/89, B73/89, B74/89, B75/89, B76/89, B77/89, B78/89, B79/89, B80/89, B81/89, B82/89, B83/89, B84/89, B85/89, B86/89, B87/89, B88/89, B89/89, B90/89, B91/89, B92/89, B93/89, B94/89, B95/89, B96/89, B97/89, B98/89, B99/89, B100/89		E12/89		E13/89, E14/89, E15/89, E16/89, E17/89, E18/89, E19/89, E20/89, E21/89, E22/89, E23/89, E24/89, E25/89, E26/89, E27/89, E28/89, E29/89, E30/89, E31/89, E32/89, E33/89, E34/89, E35/89, E36/89, E37/89, E38/89, E39/89, E40/89, E41/89, E42/89, E43/89, E44/89, E45/89, E46/89, E47/89, E48/89, E49/89, E50/89, E51/89, E52/89, E53/89, E54/89, E55/89, E56/89, E57/89, E58/89, E59/89, E60/89, E61/89, E62/89, E63/89, E64/89, E65/89, E66/89, E67/89, E68/89, E69/89, E70/89, E71/89, E72/89, E73/89, E74/89, E75/89, E76/89, E77/89, E78/89, E79/89, E80/89, E81/89, E82/89, E83/89, E84/89, E85/89, E86/89, E87/89, E88/89, E89/89, E90/89, E91/89, E92/89, E93/89, E94/89, E95/89, E96/89, E97/89, E98/89, E99/89, E100/89		E12/89		E13/89, E14/89, E15/89, E16/89, E17/89, E18/89, E19/89, E20/89, E21/89, E22/89, E23/89, E24/89, E25/89, E26/89, E27/89, E28/89, E29/89, E30/89, E31/89, E32/89, E33/89, E34/89, E35/89, E36/89, E37/89, E38/89, E39/89, E40/89, E41/89, E42/89, E43/89, E44/89, E45/89, E46/89, E47/89, E48/89, E49/89, E50/89, E51/89, E52/89, E53/89, E54/89, E55/89, E56/89, E57/89, E58/89, E59/89, E60/89, E61/89, E62/89, E63/89, E64/89, E65/89, E66/89, E67/89, E68/89, E69/89, E70/89, E71/89, E72/89, E73/89, E74/89, E75/89, E76/89, E77/89, E78/89, E79/89, E80/89, E81/89, E82/89, E83/89, E84/89, E85/89, E86/89, E87/89, E88/89, E89/89, E90/89, E91/89, E92/89, E93/89, E94/89, E95/89, E96/89, E97/89, E98/89, E99/89, E100/89		E12/89		E13/89, E14/89, E15/89, E16/89, E17/89, E18/89, E19/89, E20/89, E21/89, E22/89, E23/89, E24/89, E25/89, E26/89, E27/89, E28/89, E29/89, E30/89, E31/89, E32/89, E33/89, E34/89, E35/89, E36/89, E37/89, E38/89, E39/89, E40/89, E41/89, E42/89, E43/89, E44/89, E45/89, E46/89, E47/89, E48/89, E49/89, E50/89, E51/89, E52/89, E53/89, E54/89, E55/89, E56/89, E57/89, E58/89, E59/89, E60/89, E61/89, E62/89, E63/89, E64/89, E65/89, E66/89, E67/89, E68/89, E69/89, E70/89, E71/89, E72/89, E73/89, E74/89, E75/89, E76/89, E77/89, E78/89, E79/89, E80/89, E81/89, E82/89, E83/89, E84/89, E85/89, E86/89, E87/89, E88/89, E89/89, E90/89, E91/89, E92/89, E93/89, E94/89, E95/89, E96/89, E97/89, E98/89, E99/89, E100/89		E12/89		E13/89, E14/89, E15/89, E16/89, E17/89, E18/89, E19/89, E20/89, E21/89, E22/89, E23/89, E24/89, E25/89, E26/89, E27/89, E28/89, E29/89, E30/89, E31/89, E32/89, E33/89, E34/89, E35/89, E36/89, E37/89, E38/89, E39/89, E40/89, E41/89, E42/89, E43/89, E44/89, E45/89, E46/89, E47/89, E48/89, E49/89, E50/89, E51/89, E52/89, E53/89, E54/89, E55/89, E56/89, E57/89, E58/89, E59/89, E60/89, E61/89, E62/89, E63/89, E64/89, E65/89, E66/89, E67/89, E68/89, E69/89, E70/89, E71/89, E72/89, E73/89, E74/89, E75/89, E76/89, E77/89, E78/89, E79/89, E80/89, E81/89, E82/89, E83/89, E84/89, E85/89, E86/89, E87/89, E88/89, E89/89, E90/89, E91/89, E92/89, E93/89, E94/89, E95/89, E96/89, E97/89, E98/89, E99/89, E100/89	
GEOTECHNISCHE BEMERKUNGEN	[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]													
KENNTHNISSTAND	[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]													
GEBIRGS-TYPEN	[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]		[Text]													

EISENBAHN-HOCHLEISTUNGSSTRECKEN AG

SEMMERING BASISTUNNEL
km 85.857 - km 98.714

BAUGEOLOGISCHER PROGNOSE-LÄNGENSCHNITT

O.Univ.Prof.Dr.G.RIEDMÜLLER
Institut f. Technische Geologie u. Ingenieurbau Übertragung
Technische Universität Graz, A-8010 Graz, Bauhausstr. 12

Im Folgenden werden die einzelnen geotechnischen Gebirgsbereiche von Müzzzuschlag aus, wo die Vortriebsarbeiten begonnen wurden, mit ihren wichtigsten Merkmalen laut Prognose dargestellt.

Geotechnischer Gebirgsbereich 1

Überwiegend Dolomitmarmore.

Wechselhafte Gefügeausbildung.

Massiges bis bankiges Gebirge.

Lehmige Zwischenmittel und Füllungen von Karsthohlräumen.

Wechselhaftes Gebirge mit unterschiedlich breiten Zerrüttungsstreifen.

Geotechnischer Gebirgsbereich 2

Dolomitmarmore vorherrschend, daneben Rauhwacken, Dolomitmarmorbrekzien, Quarzphyllite, Semmeringquarzite, meist mylonitisiert und Mylonitphyllite.

Steile Störungen mit kleinstückiger Gebirgszerlegung, rasch wechselndes, heterogenes Gebirge

Bei stärkeren Wasserzutritten rolliges Verhalten.

Bei höherem Anteil toniger Mylonite Druckerscheinungen wahrscheinlich.

Derzeit steht der Stollen im geotechnischen Gebirgsbereich 2, in der Nähe bzw. am Übergang zum geotechnischen Gebirgsbereich 3.

Der Scheedgraben wurde bereits unterfahren.

Geotechnischer Gebirgsbereich 3

Quarzphyllite, tonige Mylonite.

Flach lagernde Schieferung.

Weitgehend monotones Gebirge.

Geotechnischer Gebirgsbereich 4

Vorwiegend mylonitisierte Quarzite und Quarzphyllite, untergeordnet Dolomite, Rauhacken, etc.

Es werden Scherzonen, Gebirgszertrümmerungen mit stark mylonitisierten Gebirgsbereichen erwartet, sowie heterogenes, auf engstem Raum wechselhaftes Gebirge, möglicherweise druckhaftes Wasser. Möglicherweise rolliges bis druckhaftes Gebirge.

Geotechnischer Gebirgsbereich 5

Quarzphyllite, schieferungsparallele Mylonite, Quarzmylonite.

Flachwelliger Bau

Es können rollige, wasserführende Quarzmylonite bzw. Druckhafte, tonige Phyllitmylonite auftreten.

Geotechnischer Gebirgsbereich 6

Quarzphyllite; weitgehend einheitliches Gebirge.

Geotechnischer Gebirgsbereich 7

Überwiegend Quarzphyllite; hoher Anteil an tonigen Myloniten, hohe Gebirgsanisotropie.

Hier befindet sich eine der Hauptüberschiebungsbahnen, damit verbunden ist eine hohe Teilbeweglichkeit des Gebirges.

Auftreten toniger montmorillonitführender Beläge.

Druckhaftes Gebirge herrscht vor.

Geotechnischer Gebirgsbereich 8

Wechsel von Kalkmarmoren, Dolomitmarmoren und Rauhacken.

Allgemein massiges Gebirge.

Druckhaftes Gebirge, bereichsweise isotrope Festigkeitseigenschaften.

Stollen befindet sich weit unter der Verkarstung.

Geotechnischer Gebirgsbereich 9

Quarzphyllitmylonite, Karbonatgesteinsmylonite, tektonische Brekzien.

Isotroper Gebirgscharakter.

In montmorillonitführenden Phyllitmyloniten tieferreichende Scherbrüche möglich.

Geotechnischer Gebirgsbereich 10

Überwiegend Kalkmarmore, untergeordnet Dolomitmarmore.

Antiklinalbau des Kaltenberges.

Einheitliche Gebirgsverhältnisse.

Lokal Bergschlag möglich.

Tunnel ca. 150 m unter der Verkarstung

Geotechnischer Gebirgsbereich 11

Phyllite, Quarzphyllite, Chloritphyllite, Quarzschiefer, Quarzite, tonige Mylonite.

Hohe Gefügeanisotropie.

Zwischen dem steifen Karbonatgesteinskomplex im Süden und dem Quarzitkomplex im Norden wurde die Phyllitzone intensiv zerschert.

Stark gebräuche bis druckhafte Verhältnisse müssen in Betracht gezogen werden.

An der Störungszone zwischen Tattermannschiefer und Karbonatgesteinskomplex werden Sulfatgesteine erwartet.

Langsame Kriechbewegungen über mehrere Jahre möglich.

Ende Pilotstollen

Geotechnischer Gebirgsbereich 12

Quarzite, Quarzmylonite, sehr untergeordnet Phyllite.
Bereichsweise liegen in größerer Mächtigkeit tektonische Zerreibsel vor. Haakogelquarzitzug tektonisch stark beansprucht.

Geotechnischer Gebirgsbereich 13

Quarzite, Metasandsteine, Quarzkonglomerate, Graphitphyllite.
Sulfatgesteine, eventuell Karbonatgesteinslinsen.
Heterogen gebauter Gebirgsbereich.
Rascher Wechsel von Gesteinen mit extrem unterschiedlichen Festigkeiten.
Graphitphyllite können dominieren.
In einer Bohrung wurde Gips angetroffen.
Extrem hohe Teilbeweglichkeit der Phyllite.
Überwiegen von druckhaftem Gebirge.

Geotechnischer Gebirgsbereich 14

Dünnschiefrige Phyllite, neben Mylonitphylliten tonige Mylonite.
Wegen der hangnahen Lage des Stollens Beeinträchtigungen durch Hangkriechvorgänge nicht auszuschließen.

Geotechnischer Gebirgsbereich 15

Massige Grüngesteine, Chloritphyllite, Phyllite, tonige Mylonite.
Zähe Grüngesteine alternieren mit dünn-schiefrigen Phylliten.
Massige Grüngesteine standfest.

Geotechnischer Gebirgsbereich 16

Chloritphyllite, Phyllite, tonige Mylonite.
Spitzwinkelig zur Tunnelachse verlaufende Störungen.

6 HYDROGEOLOGISCHE ERKUNDUNG UND PROGNOSE

Mit der hydrogeologischen Beurteilung wurde das Institut für Geothermie und Hydrogeologie der Forschungsgesellschaft Joanneum Graz beauftragt. Die Arbeiten wurden von Herrn Prof. ZOJER und Mag. REICHL durchgeführt.

Das Untersuchungsprogramm umfaßte seit 1988 folgende Schwerpunkte:

- Hydrogeologische Kartierung des erweiterten Trassengebietes.
- Kartierung sämtlicher Quellen, Brunnen und Bäche.
- Abteufen von Bohrungen und deren Ausbau als GW-Beobachtungsstellen.
- Beobachtung von Grundwasserspiegellagen.
- Wasserabpreßversuche
- Auffüllversuche
- Kurzpumpversuche
- Monatliche bzw. 14-tägige Messungen an ausgesuchten Meßstellen der Parameter Schüttung, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit.
- Hydrogeologische, hydrochemische und isopen-hydrogeologische Untersuchungen
- An der Eselbachquelle, Edlachquelle, Wallersbachquelle wurden automatische Schreibpegelanlagen errichtet. Ebenso ist eine automatische Schreibpegelanlage am Unterlauf des Wallersbaches situiert.
- Markierungsversuche
- Abgrenzung hydrogeologischer Einzugsgebiete

Aufgrund der Untersuchungen wurden folgende Bereiche unterschieden:

Portalbereich Mürzzuschlag

Neben der Verkarstung der Karbonate wurde festgestellt, daß das Grundwasser unter dem Sohlenniveau der nahe gelegenen Fröschnitz liegt.

Keine Vorflutstellung der Fröschnitz für das in den Bohrungen angetroffene Karstgrundwasser.

Permanenter Wasserzudrang, bzw. das Erreichen der gesättigten Zone erfolgt ab ca. Stat. 200 m - 250 m.

Die permanente Wasserführung in den Karbonaten wurde mit 5 - 10 l/s geschätzt.

Scheedgraben

Ab dem Scheedgraben werden Phyllite erwartet.

Ab dem Auftreten der generell dichten Phyllite werden ca. 2 l/s Bergwasser erwartet.

Wallersbachgraben

Hier werden Zwischen den Phylliten und Karbonaten Quarzite erwartet.

Es werden als Spitzenzufluß 50 - 70 l/s Wasser eingeschätzt und im Beharrungszustand 20 l/s Wasser prognostiziert.

Die Edlachquelle, die der Stadtgemeinde Mürzzuschlag als Ersatzwasserstandort dient, schüttet im Mittel ca. 20 l/s und ist an diese Karbonate gebunden.

Da eine mögliche Beeinträchtigung der Edlachquelle nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde an der Quelle eine automatische Schreibpegelanlage installiert.

U. a. wurde für diesen Fall eine Ersatzwasserversorgungsanlage für Mürzzuschlag errichtet.

Wallersbachgraben bis Kampalpe

In den altkristallinen Phylliten werden einige wenige Liter pro Sekunde Bergwasser erwartet.

Kampalpe

Es werden hier Karbonate der Kampalpe, mit einem komplizierten tektonischen Bau durchörtert.

Die Wasserzutritte werden als kurzfristige Extremwerte ca. 75 l/s erreichen, als Dauerzufluß werden 10 - 15 l/s im Beharrungszustand erwartet.

Der Erkundungsstollen liegt hier ca. 1,5 km östlich der Wallersbachquellen.

Ersatzwasserversorgungsanlage für Mürzzuschlag

Die Schüttung des Hauptaustrittes der Wallersbachquelle wird über eine automatische Schreibpegelanlage aufgezeichnet.

Saurücken

Durch Bergzerreibungen geprägt, das Kristallin im Grenzbereich der Karbonate durchbewegt.

Talhofstörung - Kaltenbergantiklinale

kompliziert gebaute Scherzone

In den Karbonatgesteinen wird keine tiefreichende Verkarstung erwartet.

Als Dauerzufluß werden ca. 5 l/s angenommen.

Kaltenbergantiklinale - Tattermannschieferkontakt

Am Kontakt der Tattermannschiefer, die als absolute Wasserstauer angesehen werden, werden einige wenige l/s bis 10 l/s angenommen.

Im Bereich der Kaltenbergantiklinale werden etwa 5 l/s Bergwasser prognostiziert.

An diese Grenzfläche sind die Eselbachquelle und Bertaquelle gebunden.

Die Eselbachquelle stellt einen Teil der TWVA der Marktgemeinde Reichenau dar.

An der Eselbachquelle ist eine automatische Schreibpegelanlage eingebaut.

Haakogel

In den Quarziten des Haakogels ist mit einer permanenten Kluftwasserschüttung von 1 - 3 l/s zu rechnen.

Grauwackenzone

In NE wird die Oberostalpine Grauwackenzone, bestehend aus Metaquarzkonglomeraten und Quarzsandsteinen, durchörtert.

Besonderes Augenmerk ist den betonaggressiven Wässern (SO_4) zu widmen. Es werden wenige l/s Bergwasser erwartet.

7 FELSMECHANIK - GEBIRGSMECHANIK - GEBIRGSTYPISIERUNG

Im Rahmen des umfangreichen Aufschlußprogrammes wurden an der Montanuniversität Leoben von repräsentativen Gesteinsproben mechanische Kennwerte bestimmt, wie

- Druckfestigkeit
- Scherfestigkeit
- innere Reibung
- Kohäsion
- Trennflächenreibung und Kohäsion
- Verformungseigenschaften (E-Modul, V-Modul)
- Kriecheigenschaften

Aufgrund der felsmechanischen Laborergebnisse wurden die Gebirgskennwerte ermittelt, wobei der Maßstabeffekt, das Trennflächengefüge und der Einfluß der Anisotropie berücksichtigt wurden. Spannungstheoretische Untersuchungen führten zur Einschätzung des Gebirgsverhaltens. Besonderes Augenmerk wurde auf die Frage der Druckhaftigkeit gelegt.

Diese Untersuchungen und Überlegungen führten gemäß ÖNORM B 2203 zu folgenden Gebirgstypen in der Ausschreibung:

Gebirgstyp

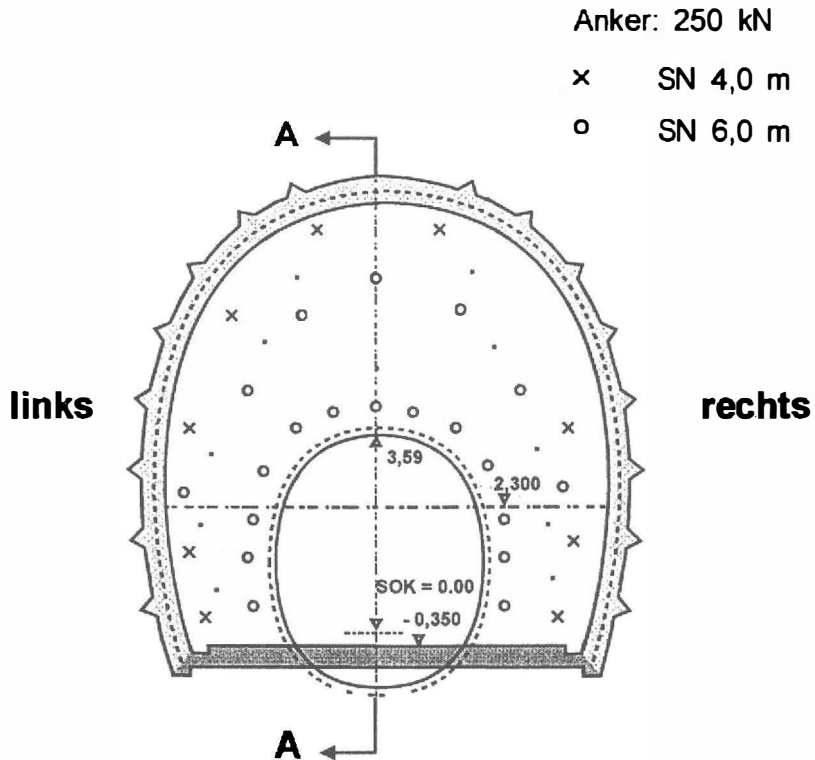
A1	standfest
A2	nachbrüchig
B1	gebräch
B2	stark gebräch
B3	rollig
C1	druckhaft
C2	kriechend druckhaft
C3	stark druckhaft

In den vorhin erwähnten geotechnischen Gebirgsbereichen erfolgte eine entsprechende Einteilung der Gebirgstypen.

8 STAND DER ARBEITEN

Der Voreinschnitt Mürzzuschlag mit einer Länge von 290 m, Höhe 32 m wurde bereits Ende 1994 fertiggestellt (siehe Abb. 3).

Portalaufweitung Mürzzuschlag



○ ○ Entlastungsbohrlöcher für
eventuell auftretendes
Bergwasser

Die Neigung wechselt von 2 3, 4 5, 1 09.

Es wurden 60 Daueranker mit einer Länge bis zu 22 m und 250 kN ausgeführt.

Die Spritzbetonsicherung beträgt 5 - 15 cm. Sie wurde rasterförmig mit 60 IBO-Ankern, Länge 4 - 12 m, 150 kN versehen.

Bei den landwirtschaftlichen Gestaltungsmaßnahmen, welche das Stollenausbruchsmaterial aufnehmen sollen, sind die Entwässerungsmaßnahmen fertig, ebenso die Schüttung der zweiten Richtungsfahrbahn der S 6.

Die Anschüttung der Senke ist im Gange.

Die Endneigung beträgt 14 %.

Wegen der möglichen Gefährdung der Wallersbachquellen wurde die Ersatzwasserversorgungsanlage Müzzzuschlag, Standort Kohleben, fertiggestellt.

Sie ist einsatzbereit. Die Schüttung beträgt 15 l/s und ist ausbaufähig auf 40 l/s.

Die Ortsbrust des Pilotstollens steht derzeit bei Stat. 1017 m.

Die Betonsohle wurde bis Stat. 857 m fertiggestellt.

9 BETRIEBSDATEN

AN.....	PORR Technobau
Betriebsart.....	Gleisbetrieb
Schutterung.....	ITC-Schäffbagger Typ 312 Firstförderband auf Laufschiene, 1 m Gurtbreite
Firstförderbandlänge....	300 m
Materialübergabe.....	bei ca. 300 m hinter der Ortsbrust
Bohrwagen.....	ATLAS COPCO, 2-armig auf Raupe; 2 x 1838 Cop Hydraulik- Hämmer
Mühlhauserkipper.....	12 m ² (8 Rotationskipper)
Schöma Lok.....	185 kW, 136 PS, Spur 900 mm, 30 t
Sohle parallel mit Vortrieb	ca. 150 m hinter Ortsbrust, 7 - 11 m Abschnitte, B 300 Ortbeton
Betriebsnischen.....	ca. alle 100 m
Versorgung vor Ort.....	1 Zug Spritzbeton, l= 40 m, 7 - 8 m ³ /h 1 Zug Ortbeton, l= 40 m, 15 m ³ /h
Pumpstationen.....	2 mobile Pumpstationen Tauchkörperpumpen je 60 l/s, mit 90 m Höhe, (110 kW, Gew.. 1200 kg, je Pumpe)
Bewetterung.....	1200 mm Ø, Sekundärlutte 700 mm Ø, 500 m ³ /min

10 GEOLOGISCHE - HYDROGEOLOGISCHE - BAUGEOLOGISCHE ERGEBNISSE

In der Werkvertragsnorm ÖNORM B 2203 sind die Aufgabengebiete bezüglich Dokumentation klar geregelt.

Derzeit ergibt sich eine Dreigliederung in:

- Ingenieurgeologische Dokumentation
- Geotechnische Dokumentation
- Tunnelbautechnische Dokumentation

Im Detail werden an der Baustelle folgende Arbeiten laufend durchgeführt.

- Tägliche baugelogische Ortsbrustdokumentation
- Auswertung auch mit vorgegebenen baugelogischen Datenblättern
- Baugelogische Fieberkurve des Gebirges
- Unterteilung in Baugelogische Gebirgsbereiche
- Wasserlagerungsversuche
- Laufende photogeologische Dokumentation
- Entnahmen von Gesteinsproben, Weiterleitung für Bodenmechanische, felsmechanische und andere Untersuchungen
- Punktlastversuche werden an der Baustelle vom Geologen durchgeführt und in Absprache mit Prof. Schubert in Graz ausgewertet.
- Laufende Bergwassermessung, wobei Schüttung, Bergwassertemperatur, Leitfähigkeit routinemäßig erfaßt werden (Detailuntersuchungen erfolgen vom Joanneum Graz)
- Beweissicherung
- Messung der Grundwasserspiegel in unmittelbarer Baustellennähe
- Fortschreibung von Prognosen bzw. Kurzprognosen
- Erkundung vom Pilotstollen aus
- Der Geologe ist bei der wöchentlich stattfindenden Baubesprechung anwesend.
- Beratung bei den Sicherungsmaßnahmen etc.

- Vorlage von baugelologischen Projektberichten für Projektbesprechungen mit den Sachverständigen
- Ständiger Kontakt mit der Behörde über das Baumanagement bzw. Projektleitung der HL-AG
- Aufrechterhaltung eines reibungslosen Informationsflusses zum Projektgeologen für die Detailplanung des Hauptvortriebes Mürzzuschlag

Gesteine

Im Einrichtungsbereich der Baustelle Mürzzuschlag stehen ziemlich horizontbeständig gut sortierte Schotter, Kiese und Sande an, die man als typische Bachablagerungen ansprechen kann. Der Kristallinanteil ist auffallend hoch.

Auf diesen Schottern lagert eine mächtige, lehmige braune, karbonatische Hangschutt-Decke.

Beim Portalanschnitt stehen bereits in der Strosse die Dolomitmarmore an.

Zwischen 0,00 m und 840,00 m wurden karbonatische Gesteine des Unterostalpins durchörtert.

Es wechseln in rascher Folge Dolomitmarmore, Kalkmarmore, Bänderkalkmarmore, Kalkmarmorbrekzien und Rauhacken ab.

Während die Dolomitmarmore brekziös, massig, dickbankig auftreten, sind die Kalkmarmore dünnplattig.

Starke Unterschiede sind weiters im Kluftgefüge feststellbar. Die Kalkmarmore sind durchwegs engständiger geklüftet und zeigen wesentlich schärfere Kluftkörperformen.

Ab 840 m, etwa unter dem Scheedgraben, treten wie mit einem Messer abgeschnitten völlig gestörte Störungsbrekzien, Kataklasite aus Rauhacken auf.

Fetzen- und schuppenartig sind Phyllite und Semmeringquarzite eingelagert.

In offenen Spalten der Karbonate wurden immer wieder kristalline Sande beobachtet.

Karsterscheinungen

Schon seit Vortriebsbeginn tritt eine wahrscheinlich tertiäre Verkarstung der Karbonatgesteine auf. Sie erfaßt das gesamte Trennflächengefüge, macht sich aber im Kluftgefüge stärker bemerkbar.

Offene Spalten und Karstschläuche waren wiederholt beobachtbar.

Die erste größere, durchgängige Karstspalte trat bei Stat. 680 m auf.

Die erste bekriechbare, fast begehbare Karsthöhle ohne Verbruchmaterial, aber mit Lehm gefüllt, wurde bei Stat. 777 m angetroffen.

Die zweite ansehnliche Karsthöhle mit Versturzmateriale wurde durch eine Vorbohrung von der Ortsbrust aus bei Stat. 956 m erkundet.

Verlehmung

Im bisherigen Vortriebsgeschehen machte sich die Verlehmung (stärker im Kluftgefüge, weniger im Schieferungsflächengefüge) sehr unangenehm bemerkbar.

Auch viele kleinere Karsthohlräume waren völlig mit Lehm gefüllt.

Lagerung der Gesteine

Bis zu der Störungszone bei Stat. 840 m fallen die Gesteine allgemein flach in den Vortrieb bzw. nach Südosten ein.

Das Schieferungsflächengefüge ist bei den Kalkmarmoren schärfer ausgebildet als bei den Dolomitmarmoren.

Kluftgefüge

Im Unterschied zu der flachen Lagerung der Gesteine steht die Klüftung generell steil.

Bis zur jetzigen Station wurden etwa vier typische Kluftscharrichtungen festgestellt.

Störungen

Bis zur Stat. 840 m traten mehrere Gebirgszerrüttungen und damit verbunden auch so starke Verlehungen auf, daß das Trennflächengefüge nur mit Mühe erkennbar war.

Die erste wirklich bedeutende Störungszone fand sich unter dem Scheedgraben. Sie wurde als tektonische Melange, als Störungsbrekzie bzw. Kataklasit bezeichnet. Gefüge und Gesteine sind hier z. T. völlig unkenntlich durcheinandergemischt.

Stellenweise handelt es sich um eine richtungslose, körnige Masse aus Kleinbrekzien.

Bergwasserverhältnisse

Da der Bergwasserbeobachtung eine besondere Bedeutung zukommt, sind im täglichen und wöchentlichen Programm folgende Messungen enthalten:

- Schüttungsmessung
- Leitfähigkeitsmessung
- Temperaturmessung
- Messung der Grundwasserspiegel in Portalnähe.

Alle Ergebnisse werden Mag. REICHL vom Joanneum Graz laufend übermittelt.

Derzeit macht der Stollen einen durchaus trockenen Eindruck, da bisher die Wasserzutritte fast ausnahmslos im Sohlbereich auftraten und auch weiter auftreten.

Von drei Meßstellen können folgende charakteristische Werte angegeben werden:

• **Stat. 230 m: 80 m lange Vorbohrung (19.04.1995)** (Abb.4, 5)

Anfangsschüttung: 1 - 2 Stunden , 13 l/s; Abfall auf 2,4 l/s, jetzt schon seit langer Zeit um 0,20 l/s

Temperatur: anfangs 6,5 °C, jetzt 8,6 °C

Leitfähigkeit: 137 µS/cm, 237 µS/cm

• **Stat. 777 m Karsthöhle**

Zitat aus dem baugelologischen Bericht für die 8. Projektbesprechung am 08. November 1995:

„Das scheinbar gestaute Wasser floß sehr langsam, ruhig, ohne Druck, ohne Trübung ab; kein Firstregen, kein Tropfwasser (um 16.00 Uhr ca. 0,5 l/s, 8,0 °C, µS/cm 344, um 17.00 Uhr ca. 0,5 l/s, 8,2 °C, µScm 341).

Dieser Bergwasserzutritt versiegte innerhalb von 24 Stunden.“

• **Vorbohrung Stat. 956 m und Karsthöhle bei Stat. 969 m**

Die erste Vorbohrung am 10.11.1995 brachte eine Schüttung von 8,33 l/s, mit 8,3 °C und einer Leitfähigkeit von 334 µS/cm.

Zwecks Bergwasserentlastung wurde am selben Tag unmittelbar nach der ersten Bohrung gleich eine zweite Bohrung durchgeführt.

Die Ergebnisse: 7,69 l/s, 8,2 °C, 332 µScm.

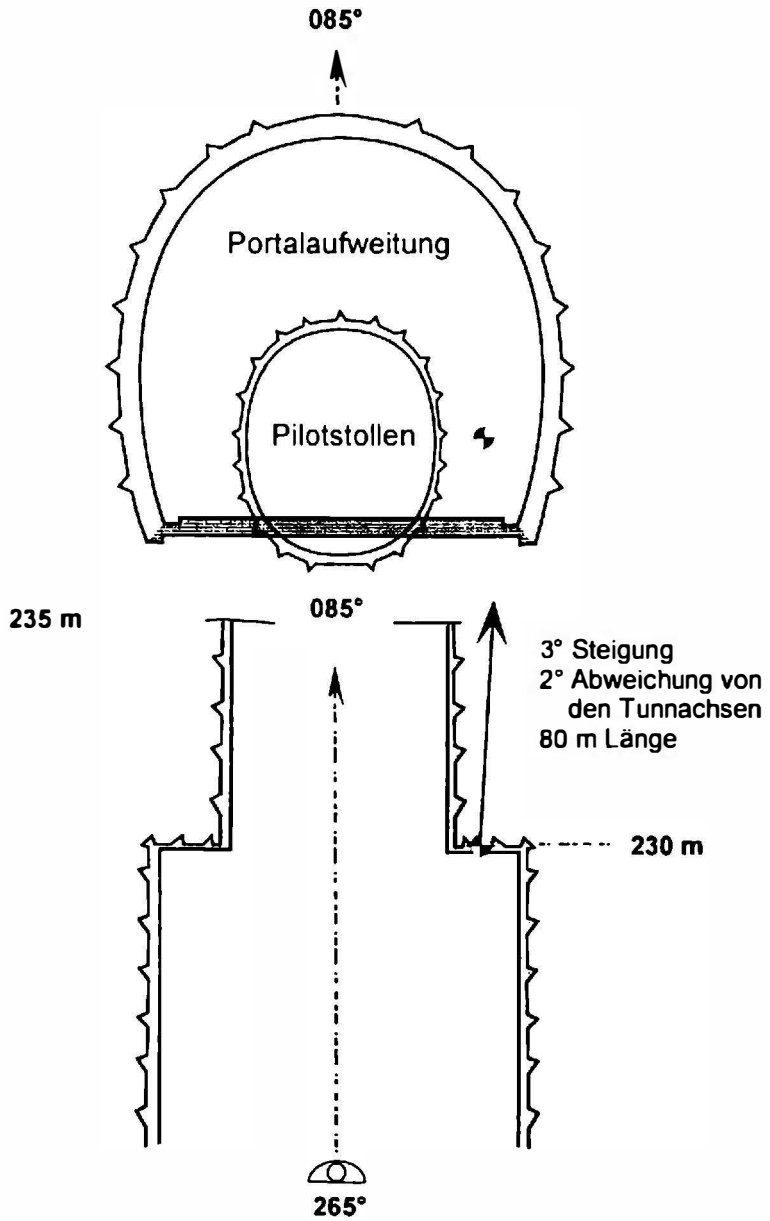
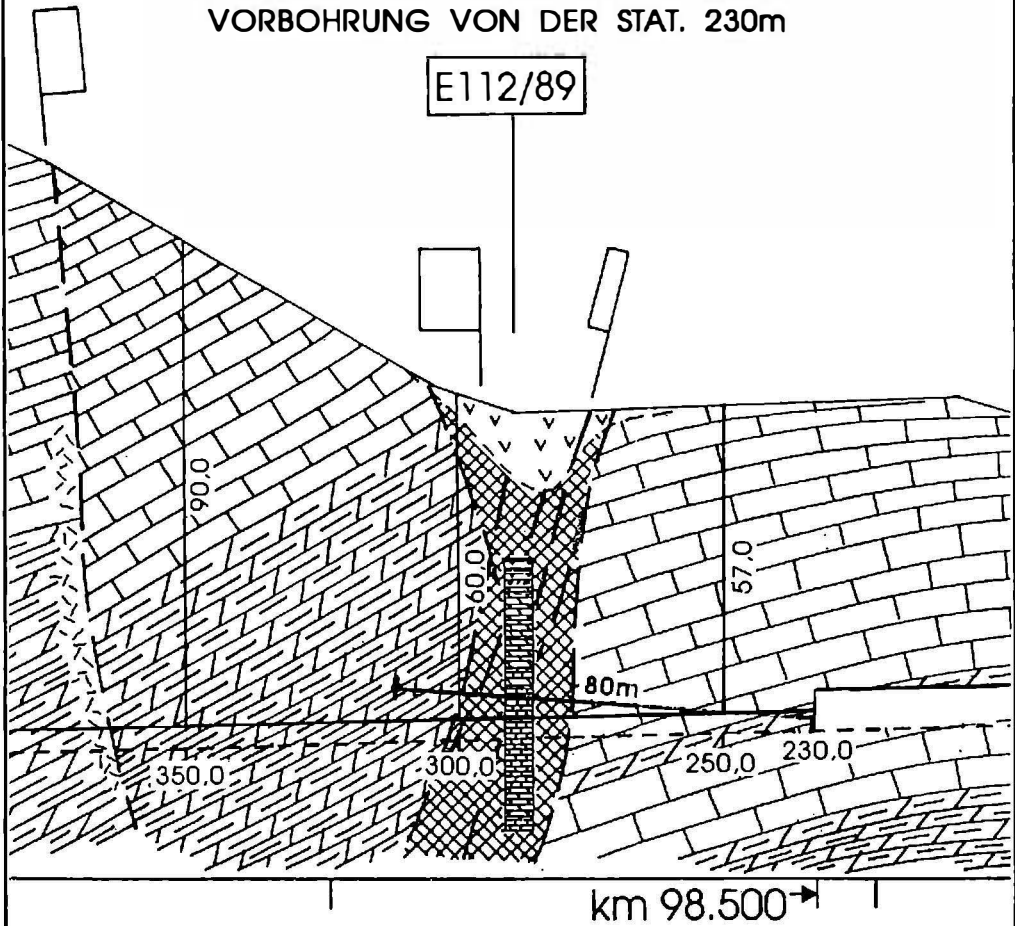


Abb. 4

VORBOHRUNG VON DER STAT. 230m

E112/89



STÖRUNGSZONE MIT KLEINSTÜCKIGER GEBIRGSZERLEGUNG,
VERSTELLUNGEN AN NE-SW UND N-S STREICHENDEN STÖRUNGEN

Abb. 5

Am 13.11.95 erreichte der Vortrieb die Karsthöhle.
Bei Stat. 970 m flossen nur mehr 4,8 l/s mit 8,1 °C und einer Leitfähigkeit von 370 µS/cm aus.

Der Gesamtstollenausfluß schwankt derzeit zwischen 10 - 13 l/s.

- Vorbohrungen von der Ortsbrust und die Prognosefortschreibung gehören zum baugeologischen Alltag.

Mit der Vorbohrung von Stat. 956 m war eine entsprechende Vorbereitung auf die bisher größte Karsthöhle möglich.

Die Karsthöhle wurde rechtzeitig entwässert und an der kritischen Stelle wurde nur der Einbruch und nicht die ganze Brust geschossen.

Aus den Zusammenfassungen der bisher vorliegenden baugeologischen Berichte lassen sich folgende Schwerpunkte herauslesen:

- wegen der geringen Verbandsfestigkeit kurze Abschlüge mit entsprechenden Stützmaßnahmen
- wegen der schwierigen geologisch-tektonischen Verhältnisse keine Abschlüge über 2,00 - 2,50 m
- Prognose von Profiltypen
- starke Verkarstung
- starke Verlehmung
- starke Wechselhaftigkeit des Gebirges
- Überwiegen von Gebirgstyp B1
- Karsthohlräume bereiteten keine besonderen Schwierigkeiten
- Kataklasit unter Scheedgraben; bisher beste Leistung
- Kalkmarmor gutmütiger als Dolomitmarmor

Die geologische Dokumentation (Abb. 6) steht dem AN laufend zur Verfügung.

Vortriebsdaten	Datum:	Station:	Ort:	Ül.:
Geol.tekt. Einheit		Gesteine:		Farbe:

1	Gesteinsfestigkeit	sehr fest	fest	mäßig fest	entfestigt
2	Gehalt an kristallinen Quarz	< 5 % unbedeutend	5 - 30 % klein	30 - 60 % mittel	> 60 % groß
3	Zähigkeit	sehr spröde	spröde	zäh	sehr zäh
4	Verhalten bei Wasserzutritt - Gestein	nicht veränderlich	mäßig veränderlich	veränderlich	stark veränderlich
5	Verwitterung	unverwittert	angewittert	verwittert	zersetzt
6	Mächtigkeit Schieferung	> 1 m massig	1 - 0,1 m bankig	0,1 - 0,01 m plattig	< 0,01 dünnlagig
7	Zwischenschichten	keine	vereinzelt von geringer Stärke	vereinzelt stärkere Schichten	häufig
8	Verhalten bei Wasserzutritt - Zwischenschichten	nicht veränderlich	mäßig veränderlich	veränderlich	stark veränderlich
9	Öffnung	< 1 mm sehr klein	< 10 mm fein	< 20 + 50 mm schmal	> 50 mm breit
10	Trennflächenwandung	versetzt	stufig	wellig	eben
11	Rauhigkeit	höckerig	rauh	glatt	poliert
12	Ausbißlänge	< 1 m	1 - 5 m	5 - 10 m	> 10 m
13	Orientierung Schicht und Schieferung zur Firse	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
14	Orientierung Schicht und Schieferung zur Ortsbrust	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
15	Orientierung Schicht und Schieferung zum Ulm	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
16	Kluftabstand	> 5 m	2 - 5 m	1 - 2 m	< 1 m
17	Kluftfüllung	keine	vereinzelt von geringer Stärke	vereinzelt stärkere Schichten	häufig
18	Art der Bruchfläche	nicht durchgehend	durchgehend o. Füllmaterial	durchg. mit gleit- o. quellf. Füllmaterial	durchgehend mit wasserl. Füllmaterial
19	Verhalten bei Wasserzutritt - Kluftfüllung	nicht veränderlich	mäßig veränderlich	veränderlich	stark veränderlich
20	Öffnung	sehr klein	klein	schmal	breit
21	Kluftwandung	versetzt	stufig	wellig	eben
22	Rauhigkeit	höckerig	rauh	glatt	poliert
23	Ausbißlänge	< 1 m	1 - 5 m	5 - 10 m	> 10 m
24	Kluftkörperform	plattig, bankig	prismatisch	polyedrisch	unregelm. Bruch- stücke gerundet
25	Kluftkörpergröße	> 200 cm groß	200 - 60 cm mittel	60 - 20 cm klein	< 20 cm sehr klein
26	Kluftkörpersystem	Einkörpersystem	Mehrkörpersystem	Vielkörpersystem F.	Vielkörpersystem L.
27	Kluftkörperverband	zusammenhänge nder Verband	verschränkter Verband	Mauerwerksver- band	Steinbaukasten- verband
28	Orientierung Kluftgefüge zur Firse	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
29	Orientierung Kluftgefüge zur Ortsbrust	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
30	Orientierung Kluftgefüge zum Ulm	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
31	Verbandsfestigkeit	sehr gut	gut	mäßig	gering
32	Störung, Störungszone	keine	einzelne Störungs- flächen	ein Teil der Brust	die ganze Brust
33	Orientierung zur Firse	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
34	Orientierung zur Ortsbrust	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
35	Orientierung zum Ulm	sehr günstig	günstig	ungünstig	sehr ungünstig
36	Bergwasserart	Poren	Schichten	Spalten	Karst
37	Bergwasserform	trocken	feucht	tropfend	rinnend
38	Bergwassermenge kurzfristig	kein	< 20	20 - 40	< 40
39	Bergwassermenge langfristig	kein	< 20	20 - 40	< 40
40	Beton- u. Eisenagressivität	keine	schwach	stark	sehr stark
41	Gebirgsdurchlässigkeit	sehr klein	klein	mittel	groß
42	Gebirgstailbeweglichkeit	gering	mäßig	hoch	sehr hoch
43	Gebirgsfestigkeit	groß	mittel	klein	sehr klein
44	Entspannungserscheinungen	keine	vereinzelt an Küften	an den Sf Flächen	an den gesamten Trennflächen
45	Profilmäßigkeit	sehr gut	gut	schlecht	keine

11 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im vergangenen Jahr sind bei der Bewältigung einer Vortriebsstrecke von 1017 m im fallenden Vortrieb keine außergewöhnlichen Schwierigkeiten oder Überraschungen aufgetreten.

Es hat keine Verbrüche, keine Wassereinbrüche gegeben und es sind glücklicherweise keine Unfälle zu beklagen. Die geotechnischen Messungen bestätigen, daß bisher die richtigen Stützmittel und der richtige Ausbau gewählt worden ist.

Abweichungen von der baugelologischen und hydrogeologischen Prognose sind naturgemäß vorhanden, aber die Prognosen erwiesen sich als grundsätzlich richtig.

Die Zusammenarbeit an der Baustelle ist als „Gut“ zu bezeichnen, trotz manchmal auftretender unterschiedlicher Ansichten, wie man das gemeinsame Ziel erreichen kann.

Wenn Prof. ROKAHR (1995) meint:

„Tunnelbau ist die Kunst, das Verborgene zu errahnen und dieses standhaft zu vertreten.“

dürfen wir den Satz von Prof. CLAR in Erinnerung rufen:

„Die geologische Schätzung lebt von der Möglichkeit des Vergleiches mit ausreichend beschriebenen Erfahrungsbeispielen.“

In diesem Sinn versuchen wir unsere geologische Aufnahme nach dem Motto:

„Der Liebe Gott erfand zuerst den Befund.“

weiterzubetreiben, damit nicht nur die Baugeneration, sondern auch die spätere Erhaltungsgeneration von unserer Arbeit profitiert.

12 NACHSATZ

Bei Redaktionsschluß (April 1996; Anm.d.Red.) wurde die Vortriebsstation 1465 m erreicht.

Wir befinden uns im geotechnischen Gebirgsbereich 3, in den Phylliten.

Der Übergang vom geotechnischen Gebirgsbereich 2 in den geotechnischen Gebirgsbereich 3 erfolgte genau nach Prognose.

Auch in den Phylliten blieben Überraschungen aus.

Nach etwa 500 m werden wir den Schacht Wallersbachgraben erreichen.

Es ist beabsichtigt, von hier aus mit Vorausb Bohrungen die wasserführenden Karbonatgesteine und Quarzite unter dem Wallersbachgraben zu erkunden.

13 LITERATUR

CLAR, E. (1965): Über den geologischen Gegensatz von Gestein und Fels. Mitt. Inst. Grundbau und Bodenmechanik, T. H. Wien, 6, 41-53, 1965.

CORNELIUS, H. P (1936): Geologische Spezialkarte des Bundesstaates Österreich, Blatt Mürzzuschlag, Geologische Bundesanstalt, Wien 1936

CORNELIUS, H. P (1952): Die Geologie des Mürztalgebietes (Erläuterungen zu Blatt Mürzzuschlag 1:75 000). Jb.Geol.B.-A. Sbd. 4, Wien 1952,a.

KAISER, J, MERINGER J. (1994-1996): Geologische Aufnahmen des Semmering Basistunnel Pilotstollens. Eisenbahn Hochleistungsstrecken AG. Wien.

MOHR, H. (1910): Zur Tektonik und Stratigraphie der Grauwackenzone zwischen Schneeberg und Wechsel (N.Ö.). Mitt.Geol.Ges. Wien 3, Wien 1910.

RIEDMÜLLER, G. (1992): Baugeologischer Bericht, Hochleistungsstrecke Gloggnitz Mürzzuschlag, Semmering Basistunnel Pilotstollen, Eisenbahn Hochleistungsstrecken AG, Wien.

- ROKAHR, R. B. (1995): Wie sicher ist die NÖT? Referat anlässlich des XLIV. Geomechanik Kolloquiums in Salzburg 1995.
- TOLLMANN, A. (1958): Semmering und Radstätter Tauern. Mitt.Geol.Ges. Wien 50 (1957), Wien 1958, b.
- TOLLMANN, A. (1959): Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchungen des zentralalpiner Mesozoikums. Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud. 10, Wien 1959.
- TOLLMANN, A. (1963): Ostalpen-Synthese. Wien, F.Deuticke 1963.a.
- TOLLMANN; A. (1964): Das Permoskyth in den Ostalpen sowie Alter und Stellung des „Haselgebirges“ N.Jb.Paläont.Abh. 1964,Stuttgart 1964,a.
- TOLLMANN, A. (1964): Exkursion II/6. Semmering-Grauackenzonen. Mitt.Geol.Ges. Wien 57, Wien 1964, e.
- TOLLMANN, A. (1976): Neue Fenster des Wechselsystems am Ostrand der Zentralalpen. Geol.Tiefbau der Ostalpen 3.Bericht, Wien 1976,b.
- UHLIG, V (1909): Der Deckenbau der Ostalpen. Mitt.Geol.Ges. Wien 2,Wien 1909.

Autoren:

Dr. Josef KAISER, Mag. Johannes MERINGER
 Eisenbahn Hochleistungsstrecken AG (HL AG)
 A-8680 Mürrzuslag, Zöchlingweg 202