

S6 SEMMERING SCHNELLSTRASSE - SCHEITELTUNNEL HYDROGEOLOGISCHE PROGNOSE UND DOKUMENTATION DES ERKUNDUNGSSTOLLENS

Peter REICHL & Gunnar DOMBERGER

Einleitung

Im Rahmen des Baues der S6 Semmering Schnellstraße erfolgt zur Zeit im Auftrag der ÖSAG (Österreichische Autobahnen und Schnellstraßen AG) der Lückenschluß zwischen Maria Schutz und Grautschenhof. Das gesamte Bauvorhaben umfaßt drei Tunnelabschnitte sowie die dazwischenliegenden Freilandstrecken. Diese Tunnelabschnitte sind der Tunnel Semmering (Scheiteltunnel), der Tunnel Steinhaus und der Tunnel Spital. Abb.1 zeigt einen Übersichtslageplan der drei Tunnelstrecken.

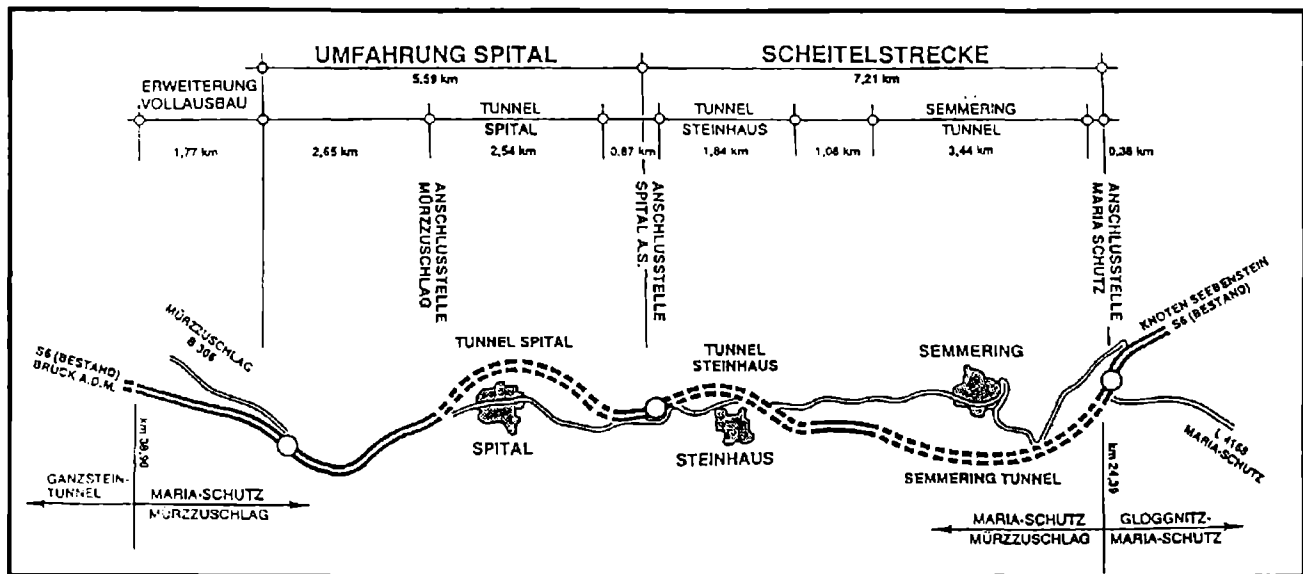


Abb.1: Übersichtslageplan der drei Tunnelstrecken im Abschnitt des Lückenschlusses über den Semmering im Bereich Greis-Maria Schutz (NÖ.) und Grautschenhof (STMK).

Der Tunnel Semmering (Scheiteltunnel) unterfährt die Flanken des Sonnwendsteines und des Hirschenkogels und mündet auf Steirischer Seite im Dürrgraben.

Vor Vollausbau des Tunnel Semmering (Scheiteltunnel) hat sich die ÖSAG entschlossen, einen Erkundungsstollen von Maria Schutz aus vorzutreiben. Dieser Erkundungsstollen wurde mit einem Durchmesser von etwa 12 m² steigend ca. 2,5 km vorgetrieben, wo er als Blindstollen endet. Neben den geologisch-geotechnischen Detailuntersuchungen war es auch möglich, eine Reihe von hydrogeologischen Untersuchungen durchzuführen.

Hydrogeologische Vorarbeiten, geologisch-hydrogeologische Beschreibung der Gesteinseinheiten und erste hydrogeologische Prognose

In den Jahren 1990/1991 wurden u.a. im Bereich des Hirschenkogels und des Sonnwendsteins sowie in den beiden das Projektgebiet begrenzenden Gräben (Göstritzgraben im Osten und Dürrgraben im Westen) umfangreiche Geländearbeiten durchgeführt. Ein Ziel dieser Tätigkeiten war es, eine flächendeckende Quell- und Brunnenaufnahme zu erarbeiten, auf deren Basis in Verbindung mit den Ergebnissen der geologischen Kartierungen und den Bohrergebnissen ein hydrogeologisches Beweissicherungsprogramm erstellt werden konnte. Die geologischen Arbeiten bei diesem Projekt wurden von Univ. Prof. Dr. Riedmüller (Institut für technische Geologie und angewandte Mineralogie – TU Graz) durchgeführt.

In Abb. 2 ist die geologische Situation im Bereich des Sonnwendstein-Hirschenkogelzuges schematisch dargestellt. Von Maria Schutz aus werden demnach zuerst Gesteine der Keuperserie durchörtert. Danach gelangt der Vortrieb in den Bereich der Semmeringstörung, die auch gleichzeitig die Grenze zwischen der Keuperserie und karbonatischen Festgesteinen darstellt. Anschließend durchörtert der Erkundungstollen unterschiedliche karbonatische Festgesteine hauptsächlich in Form von Dolomitmarmorbrekzien und Dolomitmarmor, sowie Rauhwacken.

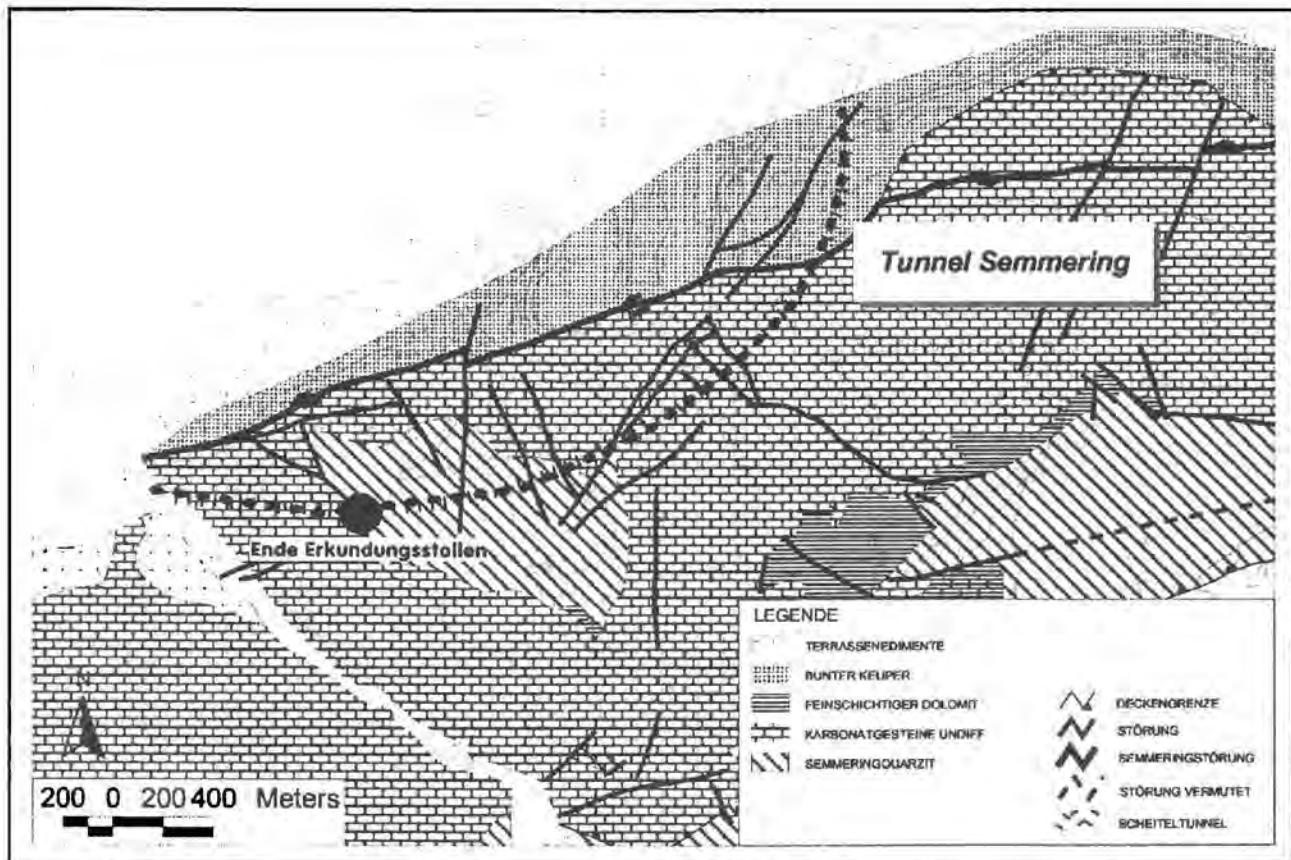


Abb. 2: Schematische Darstellung der geologischen Situation im Bereich Hirschenkogel-Sonnwendstein.

Bei der Unterfahrung des Hirschenkogels kommt vor allem aus tunnelbautechnischer Sicht dem möglichen Auftreten von Semmeringquarzit auf Tunnelniveau große Bedeutung zu. Nicht nur deshalb wurde auch vorab ein Erkundungsstollen aufgefahren. Danach werden nach der geologischen Prognose bis zum Dürrgraben erneut karbonatische Gesteine in Form von Dolomitmarmorbrekzien und Dolomitmarmor durchörtert.

Keuperserie

Die Keuperserie (Bunter Keuper) wird als eine Gips und Anhydrit führende obertriadische Gesteinsabfolge beschrieben, die im Wesentlichen aus Phylliten („Tonschiefer“, „Bunter Keuperschiefer“) mit Einschaltungen von Quarzit-Quarzitschiefer, Dolomit und Rauwacke sowie dem sogenannten „Rhätkeuper“ (Rhätkalkserie) aufgebaut wird. Aus hydrogeologischer Sicht ist die Keuperserie generell als Stauer anzusprechen. Dies wird auch sehr deutlich durch das Vorhandensein von Überlaufquellen an der Grenze Karbonatgesteine des Sonnwendsteins zu den Gesteinen der Keuperserie dokumentiert. An diese Grenzlinie sind eine Reihe von Quellen gebunden, die grösstenteils gefasst sind und der örtlichen Trinkwasserversorgung dienen.

Im Detail betrachtet, wurde aus hydrogeologischer Sicht besonders auf Einschaltungen karbonatischer Gesteine (u.a. Rhätkalke) hingewiesen, an die sehr wohl eine lokale, jedoch untergeordnete Wasserführung gebunden sein kann.

Semmeringstörung

Im Zuge der hydrogeologischen Prognose wurde auf die ENE-WSW streichende Semmeringstörung im besonderen Maße hingewiesen. Da aus den Kartierungsergebnissen bekannt war, dass die Semmeringstörung die Grenze zwischen wasserführenden, verkarsteten Karbonatgesteinen und der wasserstauenden Keuperserie bildet, musste bei Durchörterung dieser Zone mit erhöhten Bergwasserzutritten gerechnet werden. Da zudem an diese Grenzfläche eine Reihe von Überlaufquellen gebunden sind, musste zumindest für nahe zum Stollenvortrieb gelegene Wasseraustritte auch eine Beeinträchtigung befürchtet werden.

Hinsichtlich der Möglichkeit einer Beeinträchtigung von Quellen, die für die Trinkwasserversorgung verwendet werden, wurde vorsorglich vor Errichtung des Erkundungsstollens durch die ÖSAG eine entsprechende Ersatzwasserversorgung geplant und errichtet.

Karbonatgesteine

Im Anschluß an die Semmeringstörung werden hauptsächlich Dolomitmarmorbrekzien und Dolomitmarmore, sowie Rauwacken durchörtert.

Die bestehenden Quellen treten entlang der Grenzlinie Karbonatgesteine des Sonnwendsteins-Hirschenkogels und Keuperserie aus. Oberhalb dieser Grenzlinie existieren mit einer Ausnahme keine Quellaustritte, weshalb auf eine tiefreichende Verkarstung dieser Karbonatgesteine geschlossen werden kann. Aus diesem Grund wurde innerhalb dieser Karbonate eine entsprechende Bergwasserführung prognostiziert. Die Tatsache, dass der Stollen steigend vorgetrieben wurde, dass die Bergwasserspiegellagen aus einzelnen Bohrungen bekannt waren sowie die Vermutung einer tiefreichenden Verkarstung, führten zur hydrogeologischen Einschätzung, dass der Stollen bei weiterem Vortrieb Richtung Westen aus einer Art „gesättigten bergwasserführenden Zone“ auftauchen wird und in weiterer Folge hauptsächlich trockene Verhältnisse beim Vortrieb erwartet werden können.

Für den Fall, dass der **Semmeringquarzit** im Bereich des Hirschenkogels bis auf Tunnel- bzw. Stollenniveau reichen sollte, wurden entsprechend seiner z.T. sehr guten zu erwartenden Wasserführung über weite Strecken flächenhafte Zutritte in Form von Firstregen prognostiziert.

Hydrogeologische Verhältnisse beim Vortrieb des Erkundungsstollens und Ergebnisse der Injektionsversuche

Im Rahmen der Vortriebsarbeiten wurden Kluftwasserzutritte abgeschlaucht bzw. flächenhafte Wasserzutritte in Drainagen gefaßt. An diesen definierten Wasserzutritten wurden im Rahmen der hydrogeologischen Dauerbeobachtung Schüttungs-, Leitfähigkeits- und Temperaturmessungen durchgeführt, sowie an ausgewählten Stellen hydrochemische und isotopehydrologische Untersuchungen vorgenommen.

Im Bereich des Ostportales in Maria Schutz wurden prognosegemäß gering durchlässige und daher kaum wasserführende Schichten der Keuperfolge durchörtert. Etwa bis zur Station 360 m wurden in dieser Schichtfolge nur sehr geringe Wasserzutritte beobachtet, welche oft nur an Ankerlöcher gebunden waren. Abgesehen von einem kurzzeitigen Spitzenzutritt (8-9 l/s) im Bereich zwischen Station 360 m und 405 m variierte die Gesamtwassermenge innerhalb der gesamten Keuperabfolge (Station 0 m bis etwa 420 m) zwischen nahezu trockenen Verhältnissen und einer Schüttung von etwa 1,5 l/s. Der erwähnte Spitzenzutritt sank innerhalb weniger Tage auf 1-2 l/s ab. Der exponentielle Verlauf des Schüttungsrückganges bestätigt die ursprüngliche Modellvorstellung eines gefüllten, in den Erkundungsstollen ausfließenden, geringfügig regenerierten Aquifers.

Der Bereich zwischen etwa Station 405 m und 920 m zeichnete sich durch eine äußerst geringe Wasserführung aus. Diese Tatsache ist insofern bedeutsam, als daß die prognostizierten Wasserzutritte im Bereich der Semmeringstörung nicht eintraten. Im Bereich des Überganges von den wasserstauenden Keuperschichten zu den mitteltriadischen Karbonatgesteinen des Sonnwendsteins wurde keine signifikante Wasserführung angetroffen. Die eigentliche Semmeringstörung zwischen Station 420 m und 450 m war von dichten, tonigen Myloniten geprägt.

Der Bereich südlich dieser Übergangszone war von schlecht durchlässigen und daher nur geringfügig wasserführenden Rauhwacken geprägt.

Ab etwa Station 920 m kam es zu vermehrten Wasserzutritten im Bereich des hier aufgefahrenen Dolomitmarmores. Bis zur Station 1265 m (Bereich des Myrtengrabens) kam es immer wieder zu Kluftwasserzutritten. Der größte Einzelzutritt innerhalb der Karbonatgesteine fand bei Station 1155 m statt, wobei zu Beginn etwa 30 l/s punktuell in den Stollen eindringen. In weiterer Folge ging die Schüttung dieses einen Kluftwasserzutrittes auf etwa 10-15 l/s zurück.

Aufgrund der Nahelage der Meßstelle bei Station 1083 m zum Myrthengraben und der damit zusammenhängenden geringen Überlagerung sind die Meßwerte dieser Meßstelle maßgeblich von den hydrometeorologischen Rahmenbedingungen geprägt. In

Abb. 3 kommt das rasche Eindringen der Niederschlagswässer in diesem Bereich zum Ausdruck, welches sich durch ein „gegenseitiges“ Verhalten der Schüttung und der elektrischen Leitfähigkeit manifestiert. Dies kann damit erklärt werden, daß gering mineralisiertes Niederschlagswasser rasch in den Stollen eindringt und zu einer Schüttungserhöhung bei gleichzeitiger Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit führt.

Der Bereich zwischen Station 1265 m und etwa 1900 m zeichnete sich durch untergeordnete Wasserzutritte aus. In diesem Bereich befindet sich nur bei Station 1727 m eine definierte Bergwasserfassung, mit einer Gesamtschüttung von etwa 0,8–2,8 l/s. Es bestehen jedoch zahlreiche kleine Kluftwasserzutritte und diffuse Austritte aus der Sohle, welche in Summe für diesen Abschnitt etwa 10-15 l/s ergeben.

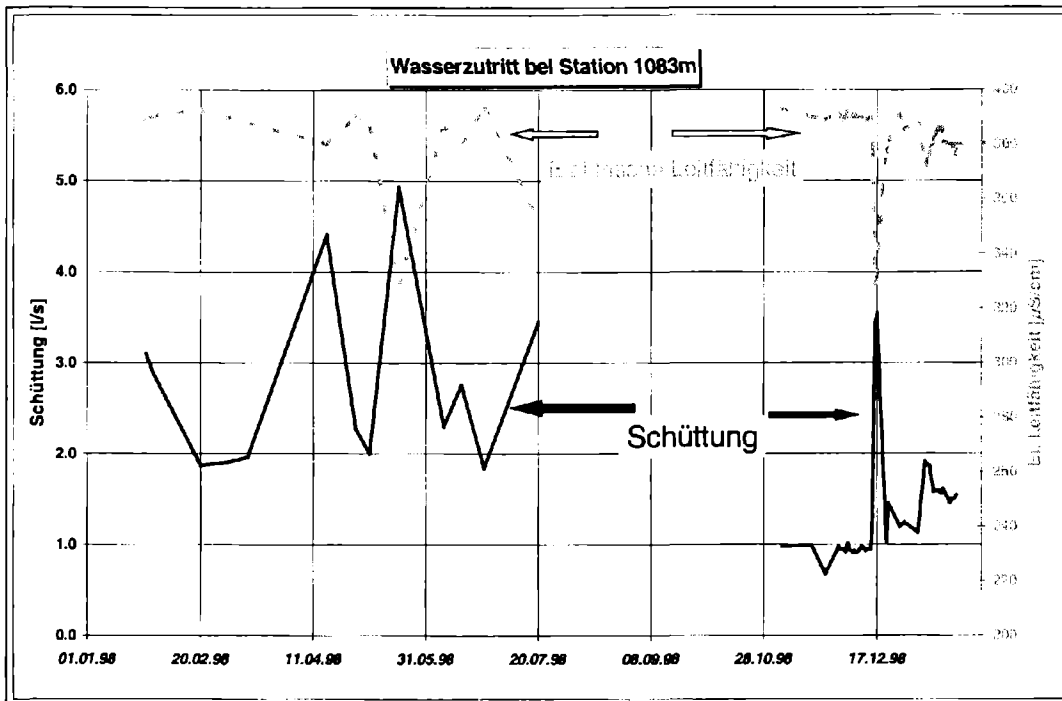


Abb. 3: Schüttungs- und Leitfähigkeitsganglinie bei Station 1083 m.

Der Abschnitt zwischen Station 1900 m und der Ortsbrust bei Station 2546,9 m zeichnete sich durch flächenhafte Zutritte auf nahezu der gesamten Strecke aus. Diese Zutritte wurden in Längsdrainagen gefaßt und abgeleitet. Im Zuge der Messungen der Einzelwassermengen im Stollen wurde beobachtet, daß der kontinuierliche Rückgang der Gesamtwassermenge hauptsächlich darauf zurückzuführen war, daß es etwa von der Station 2400 m aus in Richtung Portal zu einem allmählichen Trockenfallen bzw. Rückgang der einzelnen flächenhaften Bergwasserzutritte kam.

Zusammenfassend konnte aus den Verhältnissen wie sie beim Vortrieb des Erkundungsstollens vorgefunden wurden in Verbindung mit den hydrochemischen und isotopehydrologischen Untersuchungen eine grobe hydrogeologische Gliederung in drei Bereiche abgeleitet werden. Neben den nahezu „trockenen“ Verhältnissen innerhalb der Keuperserie bis etwa Station 450 m kann der Abschnitt innerhalb der karbonatischen Gesteine grundsätzlich noch in zwei Bereiche unterteilt werden. Die im Abschnitt etwa 1790-1890 m aufgefahrene Glimmerrauhacke trennt die karbonatischen Festgesteine hinsichtlich ihrer hydrogeologischen Beschaffenheit.

Zwischen Station 1900 m und der aktuellen Ortsbrust bei 2546,9 m wurden Bergwasserzutritte angetroffen, die sich durch mehrere Faktoren von den Wässern in den karbonatischen Gesteinen davor unterscheiden. Neben der Verringerung des ^{18}O -Gehaltes sind dies vor allem:

- Zutrittscharakteristik:
Bereich vor Station 1900 m punktuell und nur bereichsweise flächenhaft – Bereich nach Station 1900 m auf der gesamten Strecke nur flächenhafte Zutritte
- Deutliche Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit um etwa 70-80 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Abnahme der Wassertemperatur um 0,5 bis 1°C

Die Aufzeichnung der Schüttung erfolgt im Portalbereich an zwei Messkisten mit Hilfe von Drucksonden und einem vorort installiertem Datensammler. In Abb.7 ist eine dieser Messkisten zu sehen. In Abb. 4 ist die gesamte Bergwassermenge graphisch für den Zeitraum Juli 1997 bis Mai 2001 dargestellt. Die Messung des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit erfolgt ebenfalls im Portalbereich.

Die Schüttungsganglinie der gesamten Bergwassermenge der Jahre 1997-2001 weist einen vergleichbaren Jahrgang auf. Die regelmäßig monatlich durchgeführten pH-Wert Messungen zeigten einheitliche Werte um 7,9. Die ebenfalls regelmäßig durchgeführten Leitfähigkeitsmessungen brachten Schwankungen zwischen 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Wie auch im Jahre 1998 lag die Spitzenzutrittsmenge im Jahr 1999 im Bereich von etwa 100 l/s. Der Schüttungsrückgang im Herbst/Winter 1998 wurde zunächst noch als Auslaufverhalten eines Aquifers interpretiert, welcher das Erreichen eines beharrungsähnlichen Zustandes erwarten ließ. Die Ganglinie der nachfolgenden Jahre vor allem zur Zeit der Schneeschmelze und in weiterer Folge im gesamten Jahresverlauf zeigt jedoch, dass es sich nicht um ein „Auslaufen“ handelt, sondern der Verlauf als wiederkehrendes Schüttungsverhalten interpretiert werden kann. Daraus lässt sich für den beobachteten Zeitraum ableiten, dass der Aquifer bzw. die Aquifere nicht entleert wurden, sondern davon ausgegangen werden kann, dass die im Portal Maria Schutz kontinuierlich gemessene gesamte Bergwassermenge die natürlich bedingten jahreszeitlichen Schwankungen repräsentiert. Somit findet eine Regeneration der drainierten Bergwässer statt.

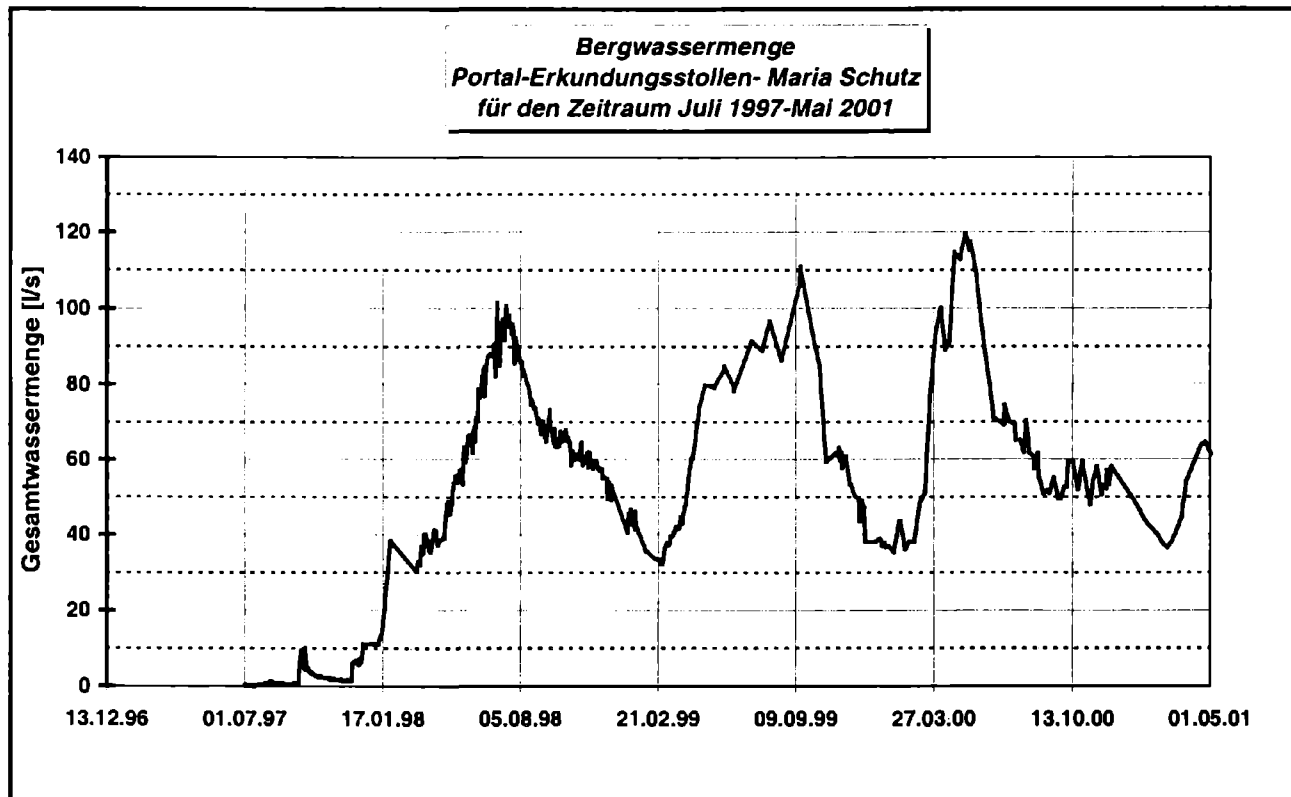


Abb. 4: Gesamtwassermenge aus dem Erkundungsstollen Tunnel Semmering (Scheiteltunnel) für den Zeitraum Juli 1997 bis Mai 2001.



Abb. 7: Tunnel Semmering (Scheiteltunnel) - Meßkiste im Portalbereich Maria Schutz.

Injektionsversuche

Auf Basis des wasserrechtlichen Bewilligungsbescheides wurden nach Abschluss der Vortriebsarbeiten an ausgesuchten Stellen Injektionsarbeiten durchgeführt, um einerseits die Aufnahmefähigkeit des Gebirges für das Injektionsgut zu erkunden und andererseits die Möglichkeit zu testen, die Wasserzutritte in den Erkundungsstollen zu verringern.

Die Injektionsmaßnahmen im Erkundungsstollen wurden von der Fa. INSOND in der Zeit zwischen November 1998 und Jänner 1999 durchgeführt. Die Detailarbeiten, technischen Anforderungen sowie das Durchführungsprogramm und auch die technischen Auswertungen und Interpretationen der Ergebnisse erfolgten von Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Stadler (Inst. für Baubetrieb und Bauwirtschaft, TU Graz).

Das begleitende hydrogeologische Meßprogramm sah konkret die Erstellung und Durchführung eines Arbeitsprogrammes vor, das die Messung von Schüttungen innerhalb definierter Abschnitte im Erkundungsstollen, sowie auch die Messung der Parameter Schüttung, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur an Einzelwasserzutritten zum Ziel hatte. Dadurch sollte es möglich sein, Schüttungsänderungen und Reaktionen der Wasserzutritte auf die durchgeführten Injektionen zu erkennen und auf Basis dieser Meßergebnisse eine hydrogeologische Bewertung vorzunehmen.

Für die Durchführung der Injektionsmaßnahmen im Erkundungsstollen wurden die Bereiche zwischen Station 2155 m und Station 2170 m, zwischen Station 2184 m und Station 2200 m sowie der Kluftbereich bei Station 1155 m ausgewählt.

Der Kluftbereich bei Station 1155 m stellt einen punktuellen Zutritt mit einer Schüttung von etwa 10-15 l/s dar. Die beiden anderen Injektionsstrecken liegen im Bereich von flächenhaften Zutritten. Zwischen Station 2184 m- 2200 m existiert zudem auch ein punktueller Zutritt aus einem Karsthohlraum.

Für die Messungen während des Versuches wurden sämtliche Bergwasserzutritte (punktuelle und flächenhaft drainierte) als Einzelpumpmengen vor Einleitung in die Reinwasserleitung

gemessen. Darüber hinaus wurden an der Sohle zusätzlich „Schmutzwasserpumpen“ installiert,, um auch die in definierten Abschnitten anfallenden Wässer, welche nicht durch die Drainagierungen gefaßt werden konnten, meßtechnisch erfassen zu können.

Um mögliche Umläufigkeiten des Injektionsgutes zu erkennen, wurden zusätzlich an den „Reinwasserzutritten“ die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Während der Injektionsarbeiten erfolgten die Messungen an sämtlichen Meßstellen täglich; über die Weihnachtsfeiertage waren die Meßintervalle größer.

Die Injektionsversuche fanden zu einer Zeit statt, in der ein stetiger Rückgang der Gesamtwassermenge aus dem Stollen gegeben war.

Kluftbereich bei Station 1155

Die Injektionsmaßnahmen im Kluftbereich bei Station 1155 m hatten zur Folge, daß der diskrete Wasserzutritt aus der Kluft zwar unterbunden werden konnte, sich jedoch Umläufigkeiten einstellten. Dies ist anhand der Abb.8 im Detail erkennbar. Gleichzeitig stieg die Schüttung an der Meßstelle 1083 (Summe von Schmutzwasser und Reinwasser) sowie auch an der Meßstelle 1225 (Reinwasserzutritt) an. Vor den Injektionsmaßnahmen an der Kluft bei Station 1155 m betrug die Schüttung aus der Kluft etwa 10-12 l/s, an der Meßstelle bei Station 1083 m (Reinwasser und Schmutzwasser) etwa 5 l/s. Als Reaktion auf das Verpressen der Kluft wurde an der Meßstelle 1083 ein Schüttungsanstieg von etwa 13 l/s registriert. Weiters kam es bei der Meßstelle 1225 zu einem Anstieg der Schüttung von etwa 0,1 l/s auf 0,4 l/s. Diese Meßergebnisse zeigen, daß das Verpressen der Kluft zu einer Verdrängung des anströmenden Bergwassers im Kluftbereich führte, das verdrängte Wasser jedoch an anderer Stelle in den Stollen eintrat.

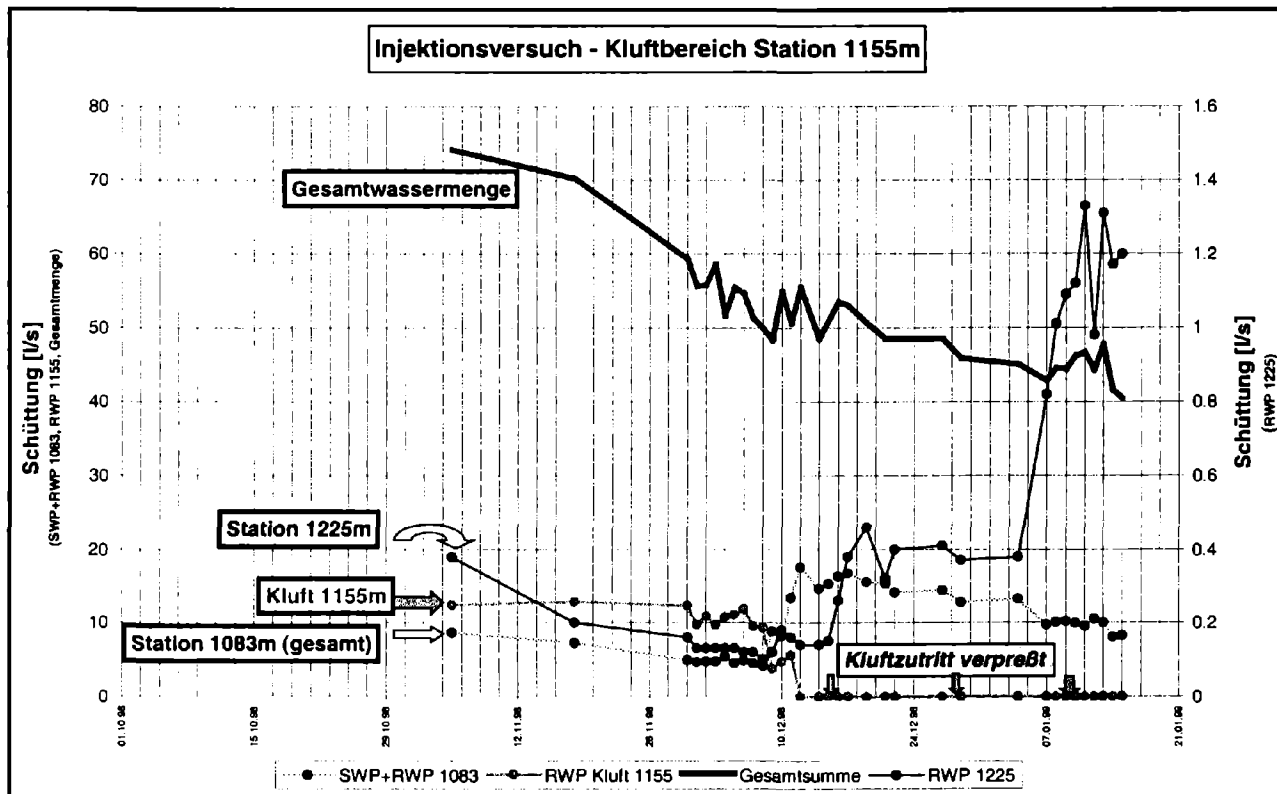


Abb. 8: Schüttungsganglinien der Meßstellen im Bereich der Injektionsstrecke bei Kluft Station 1155 m – (SWP=“Schmutzwasserpumpe“; RWP=“Reinwasserpumpe“).

Beobachtungen im Stollen weisen darauf hin, daß diese Verdrängung vorrangig von der Kluft in Richtung Ortsbrust stattgefunden hat. Dies wird auch durch den Schüttungsanstieg der Meßstelle 1225 bestätigt.

Für die beiden Injektionsbereiche im Abschnitt flächenhafter Zutritte kann ebenfalls zusammenfassend ausgesagt werden, daß die Schüttungsmessungen gezeigt haben, dass die Injektionsmaßnahmen zu keiner wesentlichen Reduktion der Bergwassermenge geführt haben, sondern es zu einer Verdrängung der Bergwässer in die benachbarten Stollenabschnitte sowohl Richtung Ortsbrust als auch Richtung Portal gekommen ist.



**X-ray diffraction
for today
and tomorrow**

Now!

Philips Analytical introduces a new, extremely fast X-ray detector for powder diffractometry: the X Celerator. With this detector, hours of data collection change into minutes, without any compromise of data quality.

- Ultrafast data collection through RTMS (Real Time Multiple Strips) detection technology
- No-compromise resolution for powder, and other polycrystalline materials
- Compact PreFIX module
- Maintenance-free detection system

For more information:
Philips Analytical
Lelyweg 1,
7602 EA Almelo,
The Netherlands
Tel. : +31 (546) 534444
Fax : +31 (546) 534592

*Measure up to
100 times
faster!*

*The X Celerator
the revolution in powder diffraction*

Let's make things better

PHILIPS