

**Schlüsselwörter**

Steiermark

Semmering Basistunnel

Prognose-Ist-Vergleich

# Geologische Prognose und tatsächliche Verhältnisse – Beispiele aus dem Pilotstollen des Semmering Basistunnels

PETER PÖLSLER<sup>1</sup>

5 Abbildungen

## Inhalt

Zusammenfassung .....	91
Abstract .....	91
1. Einleitung .....	92
2. Prognose .....	92
3. Ergebnisse aus dem Pilotstollen .....	95
3.1 Geologischer Überblick .....	95
3.2 Abschnitt Station 0 bis Station 1100 m .....	95
3.3 Abschnitt Station 1100 m bis Station 2100 m .....	95
3.4 Abschnitt Station 2100 m bis Station 2400 m (Bereich Wallersbachgraben) .....	95
3.5 Abschnitt Station 2400 m bis 4300 m .....	97
4. Schlußbemerkung .....	98
5. Dank .....	98
Literatur .....	99

## Zusammenfassung

Im Zuge des Ausbaus der Südbahnstrecke ist im Abschnitt Gloggnitz – Mürzzuschlag der 22,1 km lange Semmering Basistunnel geplant. Von Prein bis Mürzzuschlag wird er von einem Rettungs- bzw. Servicestollen begleitet werden. In den Jahren 1994 bis 1999 wurden 4.300 m dieses Begleitstollens zur Vorerkundung von Mürzzuschlag aus als Pilotstollen aufgeföhren. Dabei war die invers liegende, unterostalpine Schichtfolge aus altkristallinen Quarzphylliten sowie Quarziten und Karbonatgesteinen des Semmeringsystems zu durchörtern.

In vier Bereichen dieses Pilotstollens wird die geologische Prognose den beim Vortrieb angetroffenen tatsächlichen geologischen Verhältnissen gegenübergestellt. Es läßt sich dabei trotz der Komplexität der geologischen Situation und gebietsweise schlechten Aufschlußverhältnisse über weite Strecken eine gute Übereinstimmung feststellen. Lokal sind jedoch auch Abweichungen zu konstatieren. Naturgemäß sind die geologischen Verhältnisse im Pilotstollen wesentlich detailreicher, als sie durch Oberflächenkartierung und Bohraufschlüsse erfaßt werden konnten.

Im Bereich von Station 0 (Portal Mürzzuschlag) bis zur Vortriebsstation 1100 m ergaben sich Abweichungen u. a. hinsichtlich des Auftretens einer obertägig nicht erkannten Störung bzw. in der Einschätzung der Mächtigkeit der Störungszone des Scheedgrabens. Im Abschnitt Station 1100 m bis 2100 m waren aufgrund der Ergebnisse aus der Vorerkundung Quarzphyllite mit einem generellen Abtauchen gegen NE prognostiziert worden. Im Pilotstollen zeigte sich jedoch ein Synklinalbau, wodurch der Vortrieb auf eine längere Strecke als erwartet wiederum den liegenden Semmeringquarzit zu durchörtern hatte.

Für den Bereich des Wallersbachgrabens, der ein Störungssystem nachzeichnet, kann hinsichtlich der Charakterisierung der tektonischen Situation eine gute Übereinstimmung festgestellt werden. Die flach liegende Schichtfolge aus Quarzphyllit, Semmeringquarzit und Karbonatgesteinen ist hier an steil stehenden Störungen mehrfach staffelartig versetzt. Für den an das Wallersbachgraben-Störungssystem anschließenden Abschnitt von Station ca. 2400 m bis ca. 4300 m konnte nur allgemein eine flache Lagerung der Schichtfolge mit Versetzungen an steil stehenden Störungen und ihr allmähliches Abtauchen gegen N bis NE prognostiziert werden. Die generelle Richtigkeit dieser Einschätzung hat sich durch den Stollenvortrieb bestätigt.

## Geological prediction and actual conditions – examples from the pilot tunnel of the Semmering base tunnel

### Abstract

A 22.1 km long railway base tunnel is planned to cross the Semmering massif in Eastern Austria, connecting the cities of Gloggnitz and Mürzzuschlag. From 1994 to 1999 4300 m of a planned rescue and service tunnel parallel to the axis were excavated for geological investigation purposes starting at the Mürzzuschlag portal. The rock mass consists of an inverse pile of a polymetamorphic crystalline basement (quartzphyllites) with a cover of quartzites and marbles.

### Anschrift des Verfassers

<sup>1</sup> Peter PÖLSLER, Institut für Technische Geologie und Angewandte Mineralogie, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz

In four regions of the pilot tunnel the geological prediction and the actual conditions will be compared. Despite the complex geological situation and poor outcrop availability at the surface, geological prediction and actual conditions encountered during excavation correspond fairly well. In fact, the pilot tunnel exhibits much more geological details than could be recorded by geological field survey and investigation drilling.

In the tunnel region from 0 m to 1100 m an unexpected fault striking nearly parallel to the tunnel axis created a highly fractured rock mass and a fault complex 60 m wider than predicted was encountered. For the tunnel region from 1100 m to 2100 m quartzphyllites with a general dip towards NE were predicted. However, due to a synclinal structure the underlying quartzites were encountered at the elevation of the tunnel. In the fault zone of the „Wallersbachgraben“ good correspondence between the prediction and actual situation existed. A slightly dipping pile of quartzphyllite, quartzite and marbles is displaced by several steep normal faults. For the region from 2400 m to 4300 m the overall structural situation was predicted as consisting of a gently N to NE dipping rock mass, displaced by steep faults. This was confirmed by the actual conditions during excavation.

## 1. Einleitung

In der zweiten Hälfte der Achtzigerjahre trat die Vorplanung für einen Basistunnel als Ersatz für die den modernen Verkehrserfordernissen nicht mehr entsprechenden Bahnlinie über den Semmering in ein konkretes Stadium. Ab dem Jahre 1988 wurden zuerst von den Österreichischen Bundesbahnen und in der Folge von der Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG (HL-AG) zahlreiche Trassenvarianten untersucht (VAVROVSKY, 1995). Neben betrieblichen Aspekten (Steigung, Kurvenradien, Zugänglichkeit von Obertage etc.) waren von Anfang an die jeweiligen geologischen Gegebenheiten maßgebend für die Beurteilung verschiedener Linienführungen.

Die ausgewählte Trasse weist vom Portal Mürzzuschlag im SW bis zum Portal Gloggnitz im NE eine Strecke von 22,1 km auf, wovon bei Kūb etwa 1,7 km in offener Bauweise geplant sind und die restlichen Strecken bergmännisch aufzufahren sein werden. Sie verkürzt die bestehende Bahnlinie um 17 km und verringert den zu überwindenden Höhenunterschied von 460 m auf 234 m.

Der geologische Bau und die Schichtfolgen im Projektgebiet sind mehrfach beschrieben worden (CORNELIUS, 1936, 1952; FAUPL, 1971; TOLLMANN, 1977). Bautechnische Schwierigkeiten durch komplizierte geologische Verhältnisse waren bereits beim Ausbau der bestehenden Bahnlinie aufgetreten (SCHMIDT, 1952, 1953).

Bei der geologischen Kartierung für Ingenieurbauten ist es erforderlich, besonderes Augenmerk auf die Erfassung geotechnisch relevanter Parameter, wie Störungsmuster, Trennflächengefüge, Abgrenzung von geotechnisch einheitlich zu beurteilenden Bereichen etc. zu legen. Erst nach einer sorgfältigen Geländekartierung, wenn sich offene Fragen ergeben haben bzw. Kenntnislücken lokalisieren lassen, können weitere Erkundungsmaßnahmen (Bohrungen, Schürfe) sinnvoll und ökonomisch festgelegt werden. In diesem Zusammenhang bedürfen Probenentnahmen für Laboranalysen und in situ-Versuche der laufenden geologischen Kontrolle, um abschätzen zu können, für welchen Bereich die dabei gewonnenen Gesteins- und Gebirgsparameter repräsentativ sind (vgl. RIEDMÜLLER, 1998).

In den Jahren 1988 bis 1991 wurde unter Leitung von G. RIEDMÜLLER durch ein Team, dem auch der Autor angehörte, eine Neukartierung des Projektgebietes im Maßstab 1:5000 und teilweise 1:1000 nach baugelogeologischen Erfordernissen vorgenommen (vergl. Abb. 1) und die in mehreren Phasen bis zum Jahre 1994 durchgeführten Bohrkampagnen geologisch betreut. Aus Gründen der Projektgeschichte reichte der dabei bearbeitete Bereich, der auch die eigentliche Unterfahrung des Semmeringmassivs umfaßte, bis etwa 13,7 Tunnel-Kilometer ab Portal Mürzzuschlag. Mit der Bearbeitung des restlichen Abschnitts bis zum Portal Gloggnitz war W. FÜRLINGER, Salzburg, befaßt.

Die komplizierten geologischen Verhältnisse und die wegen der hohen Überlagerung von bis zu 900 m schwer einzuschätzende geologisch-geotechnische Situation im Tunnelniveau (Gesteinsverteilung, Gebirgsverhalten, hydrogeologische Situation)<sup>1</sup> sowie spätere betriebliche Erfordernisse (Zugänglichkeit für Service- und Rettungsmaßnahmen) führten zum Beschluß, parallel zur Trasse des geplanten Haupttunnels im Abschnitt Mürzzuschlag – Prein einen Pilotstollen (Abb. 1) vorzutreiben (VAVROVSKY, 1995; VAVROVSKY & BAUER, 1995).

Aus den bekannten lokalpolitischen Gründen mußte dieser Vortrieb schließlich fallend, vom Portal Mürzzuschlag aus, erfolgen, was zu besonderen Schwierigkeiten bei der Bewältigung des Bergwasserandranges führte.

Der Pilotstollen, mit dessen Vortrieb im Dezember 1994 begonnen wurde, weist einen Ausbruchsquerschnitt von 16 m<sup>2</sup> auf. Die 230 m lange Eingangsstrecke wurde mit einem Querschnitt von 55 m<sup>2</sup> aufgeföhren. Der Vortrieb wurde im Februar 1999 bei Station 4300 m vorläufig eingestellt (Abb. 1). Nachfolgend werden bereichsweise dem geologischen Prognosemodell die beim Vortrieb des Pilotstollens angetroffenen tatsächlichen geologischen Verhältnisse gegenübergestellt.

## 2. Prognose

Für die Ausschreibung des ursprünglich auf eine Länge von ca. 12,8 km geplanten Pilotstollens wurden die Ergebnisse der geologischen Vorerkundung in einem baugelogeologischen Gutachten zusammengefaßt und neben weiterem umfangreichem Abbildungs- und Beilagenmaterial in einem baugelogeologischen Längenschnitt (Abb. 2a) dargestellt (RIEDMÜLLER, 1992). Ein Überblick über die baugelogeologischen Aspekte wurde von RIEDMÜLLER et al., 1992 und RIEDMÜLLER, 1995 gegeben.

*„Der tektonische Bau ist durch Deckenüberschiebungen, Verschuppungen und Verfaltungen gekennzeichnet. Die ursprünglich flachen Überschiebungsbahnen wurden durch spätere tektonische Ereignisse, insbesondere durch die junge bruchtektonische Entwicklung von Blattverschiebungen versteilt, sodaß die großtektonischen Deckengrenzen als steil stehende Scherzonen vorliegen. ...*

*Aus Gelände- und Bohrbefunden geht hervor, daß zwei unterostalpine tektonische Einheiten in Form großräumiger Tauchdecken mit mächtigen inversen Liegendfolgen und tektonisch stark reduzierten Hangendfolgen vorliegen. Die tektonisch tiefere, südliche Deckeneinheit besteht aus einem mächtigen Altkristallinkern mit invers lagernder Permotrias, de-*

<sup>1</sup> Die Erkundung und Bearbeitung der hydrogeologischen Situation obliegt dem Institut für Hydrogeologie und Geothermie (Joanneum Research, Graz). Auf sie wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen (siehe dazu REICHL & ZOJER, 1994).

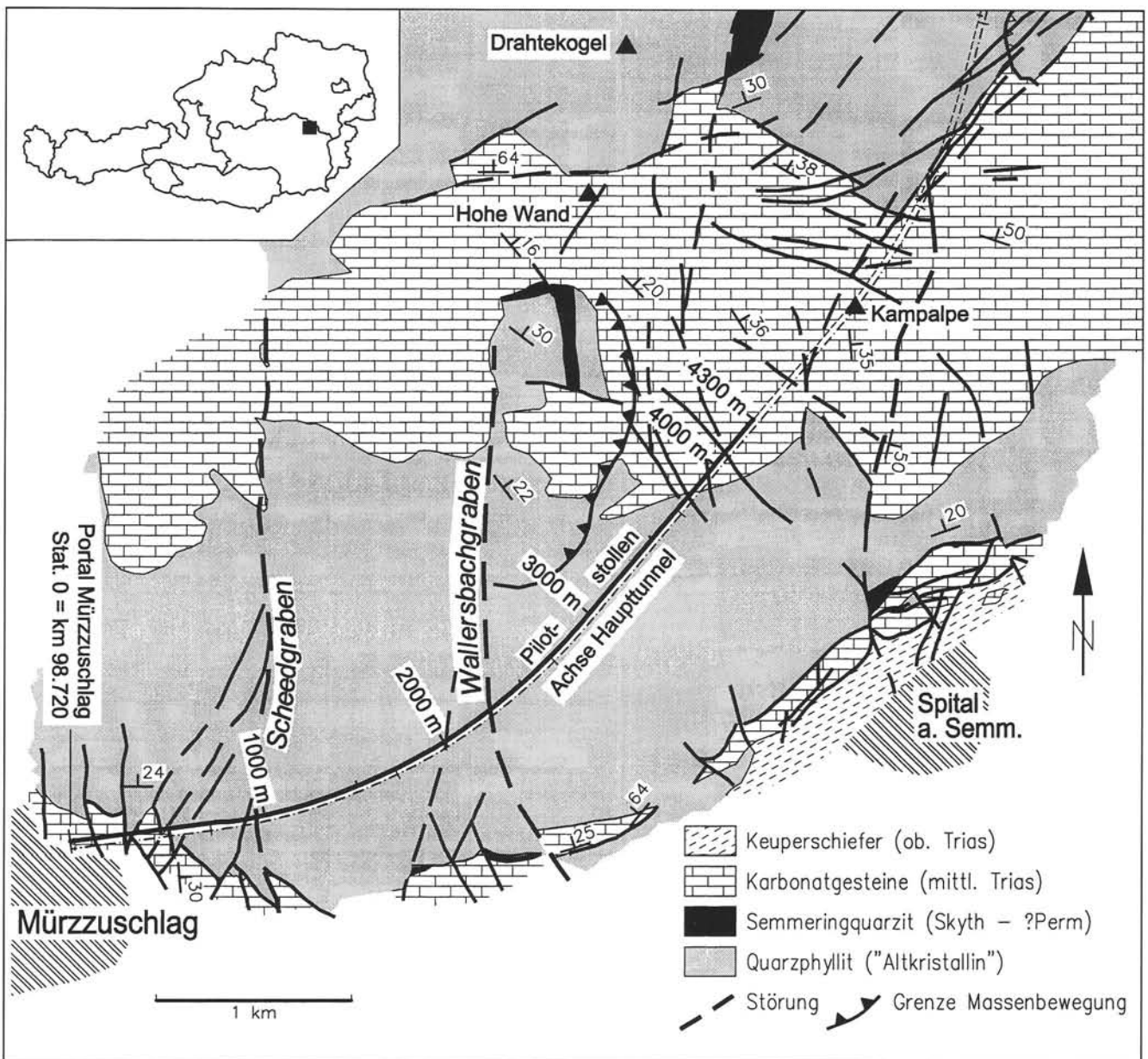


Abb. 1  
Lage des Semmering-Basistunnel Pilotstollens mit vereinfachtem geologischen Rahmen.

ren mitteltriadische Karbonatgesteine entlang der orographisch rechten Talseite der Fröschnitz teilweise wandbildend in Erscheinung treten. Die aufrechte Folge dieser Tauchdecke ist stark reduziert. Normal lagernde Permtrias findet sich nurmehr in Form kleiner, zerscherter Linsen aus Semmeringquarzit und tektonischen Karbonatgesteinsbrekzien bzw. Rauhwakken, die am Fuß der nördlichen Steilabfälle von Kampalpe und Hohe Wand vorkommen. ...

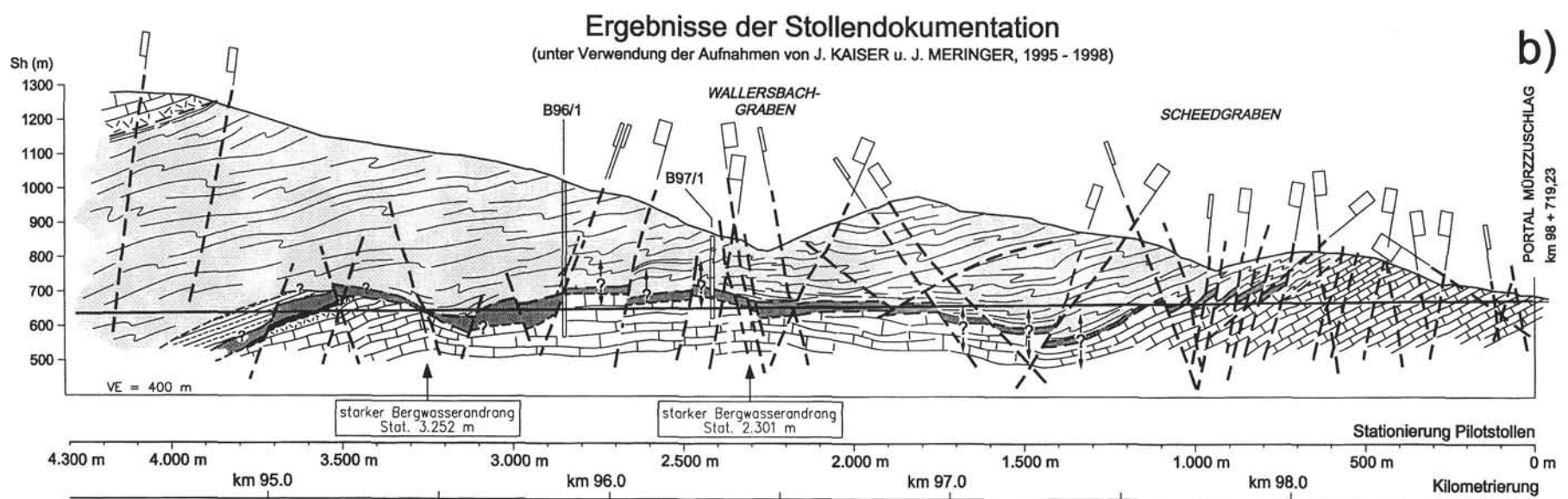
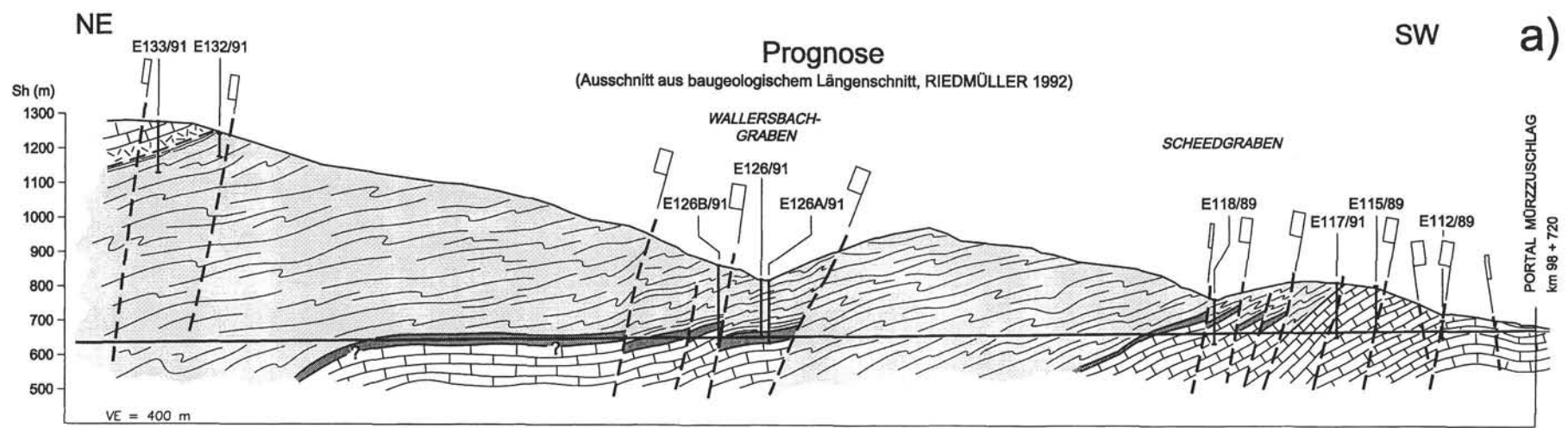
Die geologische Neuaufnahme ergab, daß das junge tektonische Störungsmuster gebietsweise beträchtliche Dichte erreicht. Es besteht zur Hauptsache aus E-W sowie NE-SW und N-S streichenden Störungen neben NW-SE Störungen, die im Bereich Kampalpe als großräumige, im Streichen des Gebirges liegende Bruchstrukturen auftreten. Sie sind in den Karbonatgesteinen z. T. als breite Zerrüttungszonen ausgebildet." (RIEDMÜLLER, 1992).

Analysen des Trennflächengefüges erlaubten die Abgrenzung von 7 Gefügehomonenbereichen. Entlang der Stollen-trasse erfolgte eine Zusammenfassung der einzelnen Schicht-

glieder zu 16 baueinheitlich zu bewertenden „Gebirgsbereichen“.

Die Schichtfolge wurde als flach bis mittelsteil gelagert und flachwellig verfaltet beschrieben, so daß die Schieferungsflächen sowohl gegen NE (in Vortriebsrichtung) als auch gegen SW einfallen. Bereichsweise wurde auch söhliche Lagerung angenommen (Abb. 2a).

Schon im Zuge der ersten Erkundungen wurden als besondere Problemzonen neben dem Auftreten feinkörniger Kataklastite in Scherzonen innerhalb der Quarzphyllite bzw. in deren Grenzbereich zum Semmeringquarzit die Strecken im Semmeringquarzit betrachtet. Bei stärkerer tektonischer Beanspruchung ist er oft kataklastisch zerbrochen bzw. zu Feinsand zerrieben und neigt bei Bergwasserzutritt zum Fließen. Die technischen Probleme solcher Zonen waren bereits aus dem Bau des „Neuen Semmeringtunnels“ der bestehenden Bahnlinie (SCHMIDT, 1952, 1953) und dem Vortrieb des „Ganzsteintunnels“ im Zuge der Umfahrung von Mürzzuschlag durch die Semmering Schnellstraße (WEISS, 1990) bekannt.



**LEGENDE**

	} Mitteltrias		} Skyth - ? Perm		} Störung

E112/89 - E133/91 Erkundungsbohrungen 1989 - 1991  
B96/1 u. B97/1 Erkundungsbohrungen 1996 - 1997

← Abb. 2  
Gegenüberstellung der geologischen Stollenprognose mit den Ergebnissen der Vortriebsdokumentation.

a) Ausschnitt aus dem baugewologischen Längenschnitt (RIEDMÜLLER, 1992).

b) Auswertung und Interpretation der 1995 bis 1999 von J. KAISER (z. T. von J. MERINGER) durchgeführten geologischen Stollendokumentation sowie zusätzlicher Erkundungsbohrungen von Obertage und im Pilotstollen.

### 3. Ergebnisse aus dem Pilotstollen

Der bisher durch den Pilotstollen durchhörte Bereich von 4300 m Länge liegt im inversen Schenkel der tieferen tektonischen Einheit, mit Quarzphyllit im Hangenden und der Perm-Triasschichtfolge im Liegenden (Abb. 2b).

Entsprechend der Funktion des Pilotstollens als Erkundungsmaßnahme für die Ausschreibung des Haupttunnels wurden die angetroffenen geologischen Verhältnisse von J. KAISER (z. T. auch von J. MERINGER) detailliert dokumentiert (KAISER, 1995 bis 1999). Im Vergleich zwischen den Modellvorstellungen der geologischen Prognose mit den Ergebnissen der Stollendokumentation kann hinsichtlich der Gesteinsverteilung, der Grenzen der einzelnen Schichtkomplexe sowie der Lage und Richtung von Störungen für große Bereiche eine gute Übereinstimmung festgestellt werden. Die gebietsweise schlechten Aufschlußverhältnisse führten verschiedentlich aber auch Abweichungen der Prognose von den tatsächlich angetroffenen Verhältnissen.

#### 3.1 Geologischer Überblick

Flache Überschiebungsbahnen, die besonders an den Grenzen des Semmeringquarzites zu seinem Hangenden und Liegenden zur Bildung von teilweise mehrere Meter mächtigen, feinkörnigen, vielfach tonigen Kataklastiten führten, sind an den jungen, steilstehenden Brüchen versetzt. Die großwellig verfaltete und im allgemeinen sehr flach liegende Schieferung wurde dadurch lokal geschleppt und versteilt. Als Folge dieser schollenartigen Zerlegung traf der Vortrieb des Pilotstollens auf eine stark wechselhafte Gesteinsabfolge.

Der invers gelagerte Schichtstapel beginnt im Stollenbereich an der Basis mit der mitteltriadischen Karbonatgesteinsfolge. Es sind dies graue bis rosafarbige, dünnplattige, vielfach hell gebänderte, feinkristalline Kalkmarmore, gelbgraue, massig entwickelte Dolomitmarmore sowie vorwiegend an Störungsbereichen gebundene Fein- bis Grobbrekzien und tektonische Rauhwacken. Die Karbonatgesteinsfolge reicht über längere Strecken bis über das Stollenniveau und weist zu meist einen sehr hohen Zerlegungsgrad auf. In diesen Karbonatgesteinen herrschten im allgemeinen die günstigsten Vortriebsverhältnisse.

Der permotriadische Semmeringquarzit ist massig bis dünnbankig entwickelt und weist stellenweise geringmächtige Einschaltungen von blaßgrünen, dünnschiefrigen Chloritphylliten auf. Er zeigt ein sehr variables Erscheinungsbild aufgrund der stark wechselnden Intensität der kataklastischen Zerbrechung. Besonders in Störungsbereichen führte die grobe bis feine Zergrusung zu erschwerten Vortriebsbedingungen. In den meist linsig zerscherten Grenzbereichen zu den Karbonatgesteinen sind dem Semmeringquarzit Röttschiefer eingelagert. Sie bestehen aus quarzarmen, hellgrünen Phylliten und erreichen im Pilotstollen eine Mächtigkeit von wenigen Dezimetern bis Metern.

Die permische sedimentäre Basisserie des Semmeringsystems (Alpiner Verrucano) ist im Pilotstollen nur lokal im Anschluß an den letzten Abschnitt im Semmeringquarzit in Form blaßgrüner, z. T. stark quarzitischer und serizitischer Phyllite entwickelt. In Bezug auf die Vortriebsbedingungen gleicht der Alpine Verrucano den altkristallinen Quarzphylliten. Seine Mächtigkeit beträgt im Pilotstollen mindestens 45 m.

Die altkristallinen Quarzphyllite sind besonders im Grenzbereich zum unterlagernden Semmeringquarzit meist stark zerschert mit einem hohen Anteil an feinkörnigen Kataklastiten. Die dadurch stark abgeminderte Gebirgsfestigkeit führte örtlich zum Auftreten druckhaften Gebirges und damit zu Schwierigkeiten beim Vortrieb.

#### 3.2 Abschnitt Station 0 m bis Station 1100 m

Eine steilstehende, spitzwinkelig die Stollenachse querende Störung konnte bei der Oberflächenkartierung nicht erkannt werden. Sie führte von Station 125 m bis 175 m durch starke Zerhackung und Zergrusung des Dolomitmarmors zu einer deutlichen Schwächung des Gebirgsverbandes mit dadurch hervorgerufenen Vortriebserschwernissen.

Weiters zeigte ein durch den Verlauf des „Scheedgrabens“ markiertes Störungssystem eine gegenüber der Prognose größere Breitenentwicklung in Richtung Westen, so daß die dadurch erwarteten schlechteren Gebirgsverhältnisse beim Vortrieb bereits 60 m früher als erwartet angetroffen wurden. Die Hauptstörungen selbst konnten jedoch im Zuge der Oberflächenuntersuchungen sehr gut lokalisiert und in ihren bautechnischen Auswirkungen beschrieben werden.

#### 3.3 Abschnitt Station 1100 m bis 2100 m

In diesem Bereich ergaben sich Abweichungen von der Prognose in der Hinsicht, daß aufgrund der Kartierungsergebnisse bis hin zum steilstehenden Störungsbündel entlang des Wallersbachgrabens eine weitgehend monotone, flach bis mittelsteil nach ENE einfallende Quarzphyllitfolge anzunehmen war. Hohe Gebirgsfestigkeit sowie eine in bezug zur Vortriebsrichtung günstige Raumlage der Schieferung wurde für diesen Gebirgsbereich, in dem keine Tiefenaufschlüsse durchgeführt werden konnten, vorhergesagt.

Entgegen der Prognose bilden die Quarzphyllite dieses Bereiches eine flachwellig verfaltete, lokale Synklinale. Der nach Süden einfallende Schenkel beginnt bei Station 1765 m. Entsprechend der Muldenstruktur gelangt die im Liegenden der Quarzphyllite auftretende Permotrias früher als erwartet in das Niveau des Stollens. Somit wurden vorwiegend feinkörnig zerriebene Semmeringquarzite bereits ab Station 1765 m angetroffen. Die Quarzphyllitsynklinale wird in ihrem Kernbereich von Großstörungen zerschert. Sie treten mit einem Einfallen nach SSE bei Station 1360 m bis 1380 m und mit einem Einfallen nach W bei Station 1660 m – 1690 m auf (RIEDMÜLLER & PÖLSLER, 1997).

#### 3.4 Abschnitt Station 2100 m bis Station 2400 m (Bereich Wallersbachgraben)

Das Auftauchen der permotriadischen Schichtfolge in das Stollenniveau im Bereich des Wallersbachgrabens wurde erst durch Sondierbohrungen im Zuge der Vorerkundung bekannt. Eine sehr stark zerscherte Folge von verschuppten Phylliten, stark in Mitleidenschaft gezogene Semmeringquarzite und in einer Bohrung auch verkarsteter Kalkmarmor ließen zusammen mit den Kartierungsergebnissen jenes Bild entstehen, wie es im baugewologischen Gutachten (RIEDMÜLLER, 1992)

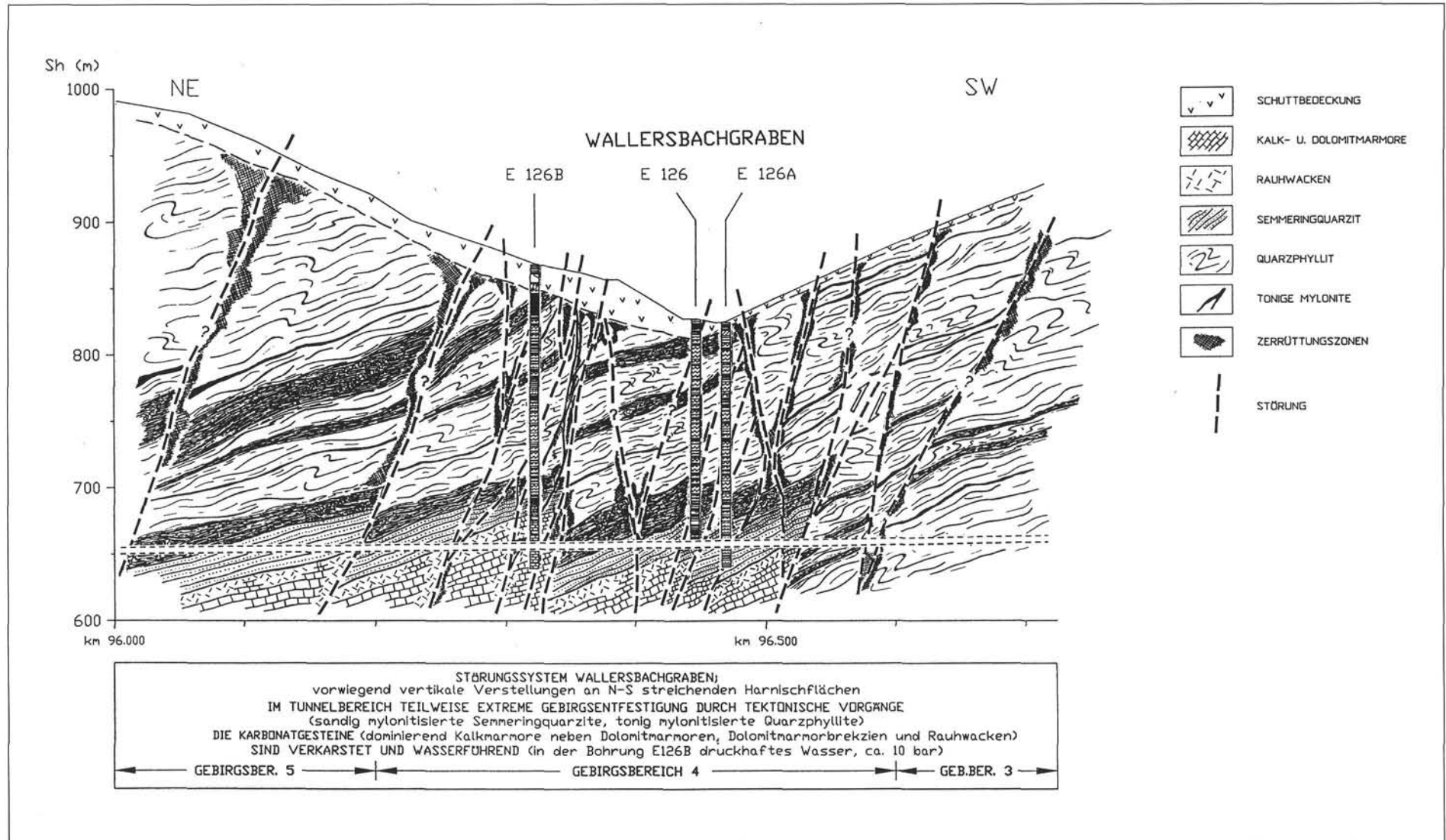


Abb. 3

Prognostiziertes geologisches Szenarium der Wallersbachgraben-Störungszone von RIEDMÜLLER, 1992, abgeleitet aus den Ergebnissen der Oberflächenkartierung und der Erkundungsbohrungen.

in einem Detailprofil als Modellvorstellung skizziert wurde (Abb. 3).

Die geologische Dokumentation des Pilotstollens bestätigt diese staffelartige Versetzungen der flachliegenden Schichtfolge an steilstehenden Störungen in Verbindung mit kataklastischen Zerbrechungen der Karbonatgesteine und teilweise völlig zergrustem Semmeringquarzit. Die komplexen geologischen Verhältnisse konnten jedoch auch durch die detaillierte Stollendokumentation (KAISER, 1995 bis 1999; KAISER & MERINGER, 1996) nicht immer vollständig geklärt werden.

Der Bergwassereinbruch bei Station 2103 m im Oktober 1996 mit einer Schüttungsmenge von ca. 300-350 l/s, der schließlich zum Fluten des Stollens und einem Vortriebsstillstand bis September 1997 führte (DIEWALD & WOLF, 1997), machte für den weiteren Vortrieb eine genaue Erkundung mittels Kernbohrungen notwendig. Hierdurch ließ sich in einem räumlich eng begrenzten Bereich die geologische Situation genauer erfassen (Abb. 4). Teil dieser zusätzlichen Erkundung waren auch zwei Kernbohrungen von der Oberfläche aus bis unter das Stollenniveau (B 96/1 und B/97/1) mit 451 m bzw. 240 m Teufe. Die Bohrung B 96/1 erbrachte für den Stollenbereich andere Teufenlagen von Gesteinsgrenzen, als sie beim weiteren Vortrieb angetroffen wurden. Dies ist aus einem Abweichen der Bohrungen von der Vertikalen erklärbar. Der genaue Verlauf der Bohrung konnte aus Kostengründen aber nicht näher untersucht werden.

Insgesamt wurde die baugologische Charakteristik des Störungsbereiches Wallersbachgraben hinsichtlich Gesteinsabfolgen und Gebirgszustand sowie Lokalität des Bergwasserzutrittes richtig prognostiziert. Unerwartet war lediglich die große Wassermenge, die für diesen Bereich mit ca. 70 l/s angenommen worden war.

### 3.5 Abschnitt Station 2400 m bis 4300 m

Für den an die Wallersbachgraben-Störungszone anschließenden Abschnitt wurde ein sehr flachwelliger Verlauf der Schichtgrenzen mit Verstaltungen an steilstehenden Störungen prognostiziert, wobei das endgültige Abtauchen des permotriadischen Semmeringkomplexes unter das Stollenniveau aufgrund der fehlenden Tiefenerkundung und des schlecht aufgeschlossenen Geländes nur schwer abschätzbar war. Es wurde deshalb auch auf eine erhöhte Prognoseunsicherheit hingewiesen. Auch hier mußte aufgrund der Vorerkundung im Hangenden und Liegenden des Semmeringquarzites mit dem Auftreten mächtiger, feinkörniger Kataklastite und verminderter Gebirgsfestigkeit in den angrenzenden Quarzphylliten und daraus resultierenden schwierigen Vortriebsbedingungen gerechnet werden.

Die Aufschließung durch den Pilotstollen zeigte wiederum die grundsätzliche Richtigkeit der geologischen Prognose. Im Detail ist die tektonische Situation naturgemäß wesentlich

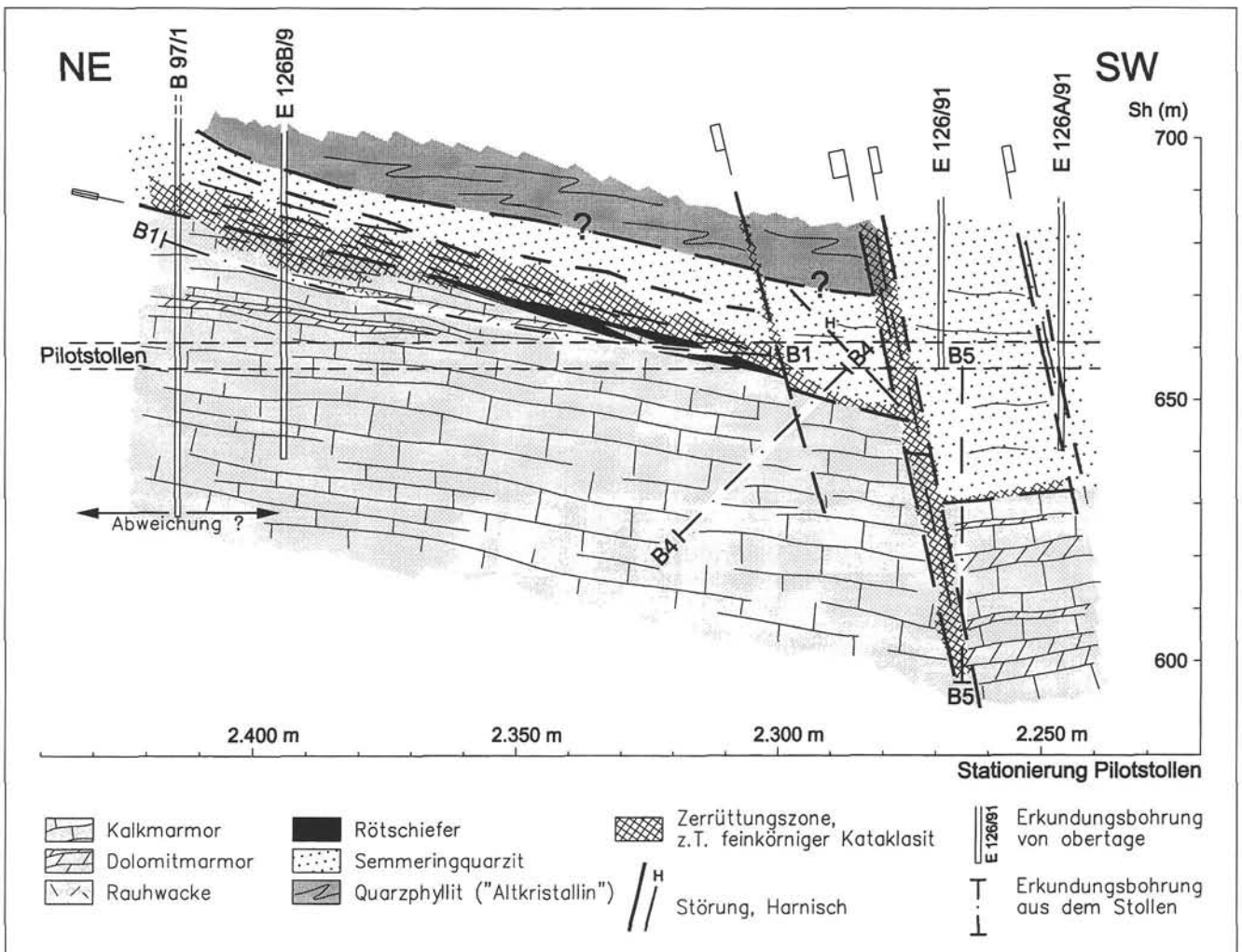


Abb. 4  
Detailprofil der Wallersbachgraben-Störungszone bei Station 2250 m bis 2450 m nach den Ergebnissen der Stollendokumentation 1994 bis 1999 von J. KAISER (z. T. von J. MERINGER) und der Auswertung zusätzlicher Erkundungsbohrungen von Obertage und im Pilotstollen.

komplexer, als sie bei der Oberflächenkartierung in den eintönigen, schlecht aufgeschlossenen Quarzphylliten erfaßbar war. Die einzelnen Schollen sind in unterschiedlichem Ausmaß hochgehoben oder abgesenkt bzw. verkippt, sodaß sich im Großen ein welliger Verlauf des Semmeringquarzites ergibt. Aufgrund tektonischer Abscherungen schwankt seine Mächtigkeit, soweit sie aus Erkundungsbohrungen und Vortriebsergebnissen bekannt ist, zwischen 10 m und 80 m.

Karbonatgesteine und Semmeringquarzit wurden somit mehrfach durchörtert, während die Quarzphyllite nur auf kurze Distanz, etwa von Station 3100 m bis 3255 m, aus dem Hangenden bis unter das Stollenniveau reichten. Sie sind dort infolge der tektonischen Beanspruchung intensiv zerschert, von tonigen Kataklasten durchzogen und erwiesen sich beim Durchörtern örtlich als druckhaft. Wechselnde Gebirgsfestigkeit durch häufiges Auftreten von feinkörnigen Kataklasten, breiten Zerrüttungszonen und teilweise sehr engständige Klüftung in den Karbonatgesteinen ergaben sehr unterschiedliche, oftmals sich ändernde Vortriebsbedingungen.

Ein starker Bergwasserandrang nach Durchfahren der Quarzphyllitstrecke bei Station 3252 m war wiederum Anlaß für zusätzliche Erkundungsmaßnahmen durch Kernbohrungen vom Stollen aus, sodaß für einen eng begrenzten Bereich die geologische Situation über den Pilotstollen hinaus erfaßt werden konnte (Abb. 5).

Ab Station 3695 m folgen nach einer steil gegen NNE einfallenden Störung helle, grünliche, teilweise stark quarzitische und serizitische Phyllite, die der sedimentären Basisserie des Semmeringsystems (Alpiner Verrucano) zugerechnet werden. Ihr Auftreten war aufgrund der Vorerkundungsergebnisse nicht prognostiziert. Sie reichen etwa bis Station 3810 m, wo sie mit flachem ENE-Fallen unter die bis zum Ende des Pilotstollens bei Station 4300 m anstehenden altkristallinen Quarzphyllite abtauchen.

#### 4. Schlußbemerkung

Der komplexe geologische Aufbau und die in größeren Bereichen fehlenden obertägigen Aufschlüsse im Projektgebiet stellten schwierige Rahmenbedingungen für eine exakte geologische Prognose dar. Die Auffahrung des Pilotstollens hat gezeigt, daß über weite Strecken die aus der Vorerkundung entwickelte geologische Modellvorstellung sehr gut mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmt. Es zeigt dies, daß auch bei schlechten Aufschlußbedingungen bei intensiver Geländeerkundung hinreichend genaue Aussagen getroffen werden können (RIEDMÜLLER, 1998).

Abweichungen liegen dabei in der Natur der Sache, denn der Erkundungszweck eines Pilotstollens liegt vor allem darin, schwer einschätzbare geologische Situationen abzuklären, Prognosen zu korrigieren oder zu verifizieren und so die Grundlagen für weitere Planungsarbeiten zu schaffen.

Der Pilotstollen ist ein wesentlicher Bestandteil der Vorerkundung für die Ausschreibung des Haupttunnels und er bietet die Möglichkeit zusätzlicher Erkundungsmaßnahmen für die von Obertage nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand zugänglichen Gebirgsbereiche. In der Zwischenzeit wurden weitere Kernbohrungen im Stollen ausgeführt und Probenmaterial für geologische, mineralogische und felsmechanische Untersuchungen gewonnen. Die Auswertung ist derzeit noch im Gange. Refraktionsseismische Untersuchungen haben die Synklinalstruktur im Bereich Station 1200 m bis 1700 m (Abb. 2b) – auch hinsichtlich ihrer Tiefenlage – bestätigt.

#### 5. Dank

Der Autor dankt der Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG und ihrem Projektleiter für den Semmering Basistunnel, Herrn Dipl.-Ing. F. BAUER, für die Erlaubnis zur Veröffentlichung.

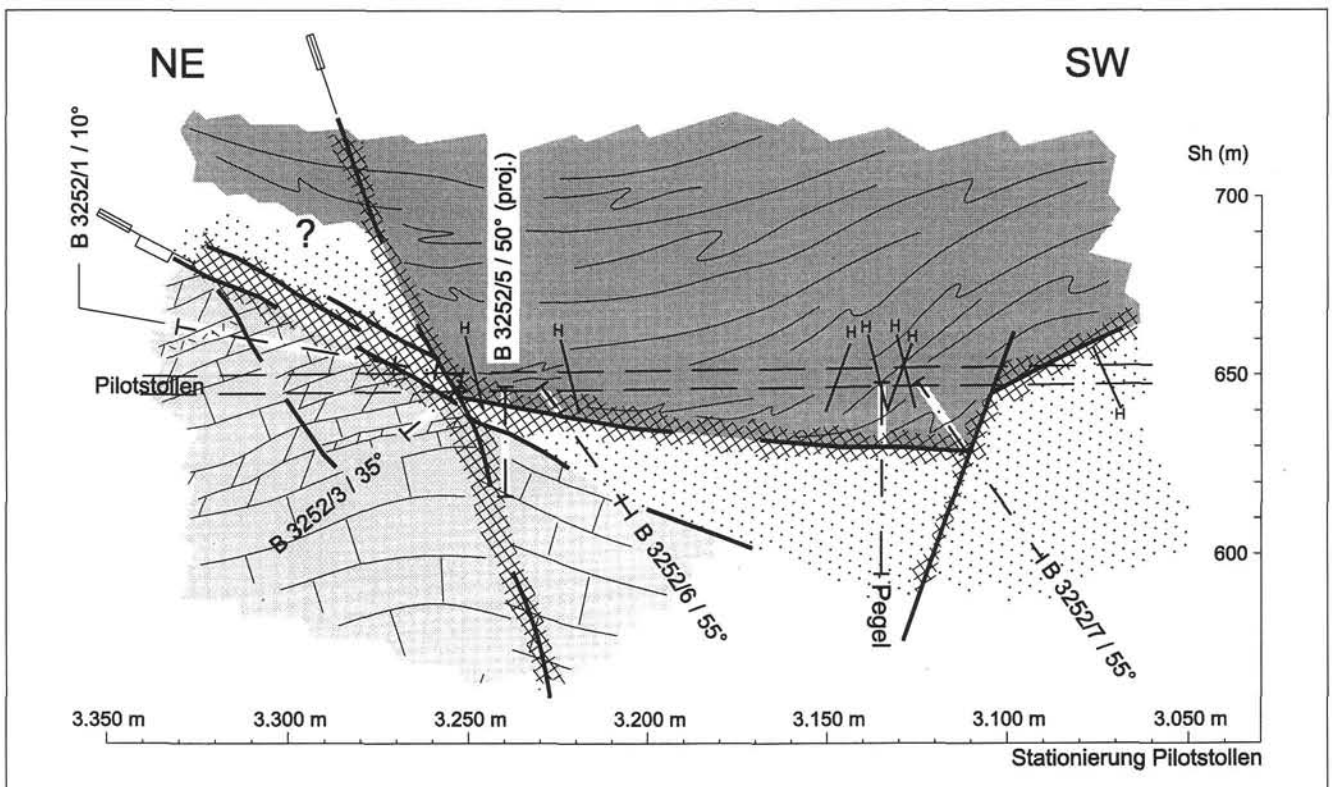


Abb. 5

Detailprofil Station 3360 m bis 3330 m nach Ergebnissen der Stollendokumentation 1994 bis 1999 von J. KAISER (z. T. von J. MERINGER) und der Auswertung zusätzlicher Erkundungsbohrungen im Pilotstollen (Legende siehe Abb. 4).



**Literatur**

- CORNELIUS, H. P., 1936: Geologische Spezialkarte des Bundesstaates Österreich, Blatt Mürzzuschlag, 1:75 000, Geol. B.-A., Wien.
- CORNELIUS, H. P., 1952: Die Geologie des Mürztalgebiets (Erläuterungen zu Blatt Mürzzuschlag, 1:75 000). – Jb. Geol. B.-A., S. 4, 94 S. Wien.
- DIEWALD, M. & WOLF, V., 1997: Flooding halts Semmering pilot tunnel. – Tunnels & Tunnelling International, March 1997, 23-26, London.
- FAUPL, P., 1971: Zur Geologie des NW-Abschnitts des Wechselgebietes zwischen Trattenbach (NÖ.) und Fröschnitz (Stmk.) – Österreich. – Mitt. Ges. Geol. Bergb. Stud. Wien, **19**, 27-70, Wien.
- KAISER, J., 1995 bis 1999: Semmering Basistunnel Pilotstollen. – Unveröff. Monatsberichte, Mürzzuschlag.
- KAISER, J. & MERINGER, J., 1996: Semmering Basistunnel – Pilotstollen (9843 m). Baugeologische Ergebnisse. – Mitt. Inst. Ang. Geol. Boku, Reihe Ang. Geowiss., **7**, 37-65, Wien.
- REICHL, P. & ZOJER, H., 1994: Hydrogeologische Voruntersuchungen für den Semmering-Basistunnel mit besonderer Berücksichtigung von Isotopenmessungen. – Felsbau, **12/6**, 458-465, Essen.
- RIEDMÜLLER, G., 1992: Semmering Basistunnel Pilotstollen, Ausschreibungsprojekt 1992. – Unveröff. baugeologisches Gutachten, 89 S., Graz.
- RIEDMÜLLER, G., 1995: Zur Geologie des Semmering-Basistunnels. – ÖIAZ, **140/7-8**, 518-524, Wien.
- RIEDMÜLLER, G., 1998: The Importance of Geological Field Investigation for the Design of Tunnels. – Felsbau, **16/5**, 284-288, Essen.
- RIEDMÜLLER, G., GOLSER, J., SCHUBERT, P. & ZOJER, H., 1992: Geologische, geotechnische und hydrogeologische Erkundungen für den Semmering-Basistunnel. – BHM, **137/12**, 457-463, Wien.
- RIEDMÜLLER, G. & PÖLSLER, P., 1997: Semmering Basistunnel Pilotstollen, Aktualisierung des geologischen Modells, Stat. 0,0 bis Stat. 2301,5 m. – Unveröff. Bericht, 5 S., Graz.
- SCHMIDT, W. J., 1952: Geologie des neuen Semmeringtunnel. – Abh. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., **109**, 2. Abh., 59 S., Wien.
- SCHMIDT, W. J., 1953: Vergleich der technisch-geologischen Verhältnisse beim alten und neuen Semmeringtunnel. – Geol. u. Bauw., **20/1**, 19-24, Wien.
- TOLLMANN, A., 1977: Geologie von Österreich, Bd. 1. – 766 S., Wien (Deuticke).
- VAVROVSKY, G., 1995: Semmering-Basistunnel, ein Projektüberblick. – ÖIAZ, **140/7-8**, 509-512, Wien.
- VAVROVSKY, G. & BAUER, F., 1995: Die geotechnische Erkundung und ihre Umsetzung. – ÖIAZ, **140/7-8**, 512-517, Wien.
- WEISS, E. H., 1990: Baugeologische Aspekte und Probleme im Tunnelbau der Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **120**, 53-72, Graz.

Manuskript eingegangen am: 17. 12. 1998 ●

Revidierte Version eingegangen am: 13. 01. 2000 ●

Manuskript akzeptiert am: 28. 01. 2000 ●