

## ERKUNDUNGSSTRATEGIEN FÜR DIE PLANUNG DES SEMNERING-BASISTUNNELS

Gunter RIEDMÜLLER

Im Zuge des Ausbaus des österreichischen Eisenbahn-Hochleistungsstreckennetzes ist die Errichtung des etwa 22 km langen Semmering-Basistunnels geplant. Für den Abschnitt km 85,0 bis 98,714 (Portal Mürzzuschlag) werden die geologisch-geotechnischen Erkundungsmaßnahmen (geologische Detailkarierung, eines breiten Korridors sowie Untergründerkundung durch Kernbohrungen, Bohrlochtests, Schürfe und geophysikalische Untersuchungen) im Verlauf der verschiedenen Planungsstadien beschrieben. Die dabei entwickelte Modellvorstellung konnte durch den Vortrieb eines 4.300 m langen Pilotstollens weitgehend bestätigt werden. Lokal mußten auch Abweichungen festgestellt werden und ein in seiner Größenordnung unerwarteter Wassereinbruch führte zu einem fast einjährigen Vortriebsstillstand.

Der Pilotstollen bot die Möglichkeit zur Gewinnung von zusätzlichem Probenmaterial für felsmechanische und mineralogische Untersuchungen. Während des Vortriebes konnte eine Reihe von Meßdaten gewonnen werden, die mit Hilfe einer speziell für den Tunnelbau entwickelten Datenbank verwaltet und ausgewertet wurden. Gleichzeitig flossen die Ergebnisse in ein 3-d Modell auf GIS-Basis mit Schwerpunkt auf einer detaillierten Analyse der Störungs kinematik ein.

Für die Ausschreibungsprojektierung konnten aus dem breiten Spektrum auftretender Gesteinarten auf der Grundlage von Lithologie, Schieferung/Anisotropie, Blockgröße, Trennflächencharakteristik sowie felsmechanischer Parameter und Datenbankauswertungen 20 Gebirgsarten definiert werden. Unter Berücksichtigung von zusätzlichen Einflußfaktoren wie Festigkeits- und Deformationseigenschaften, Trennflächenorientierung zur Tunnelachse, Primärspannung, Ausbruchsquerschnitt und Bergwasserführung sind daraus 16 Gebirgsverhaltenstypen ableitbar. Diese werden 11 generellen Verhaltens- bzw. Versagenstypen zugeordnet.

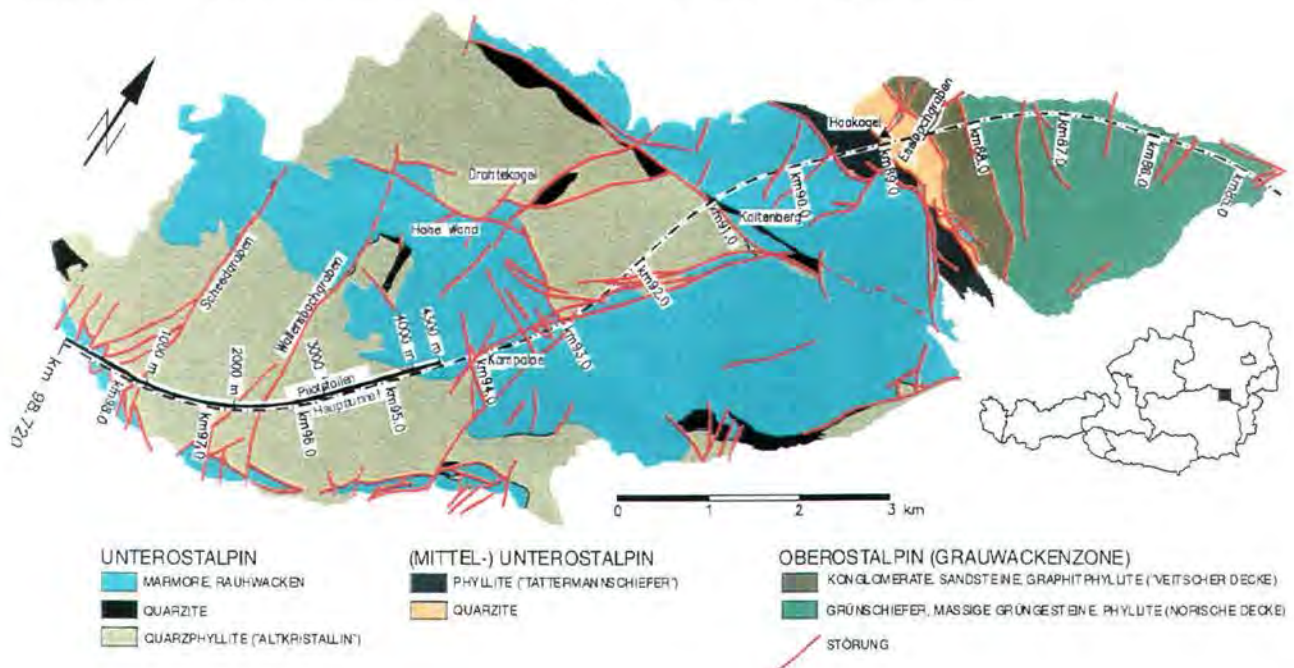


Abb. 1: Geologische Übersicht des bearbeiteten Abschnittes des Semmering-Basistunnels.

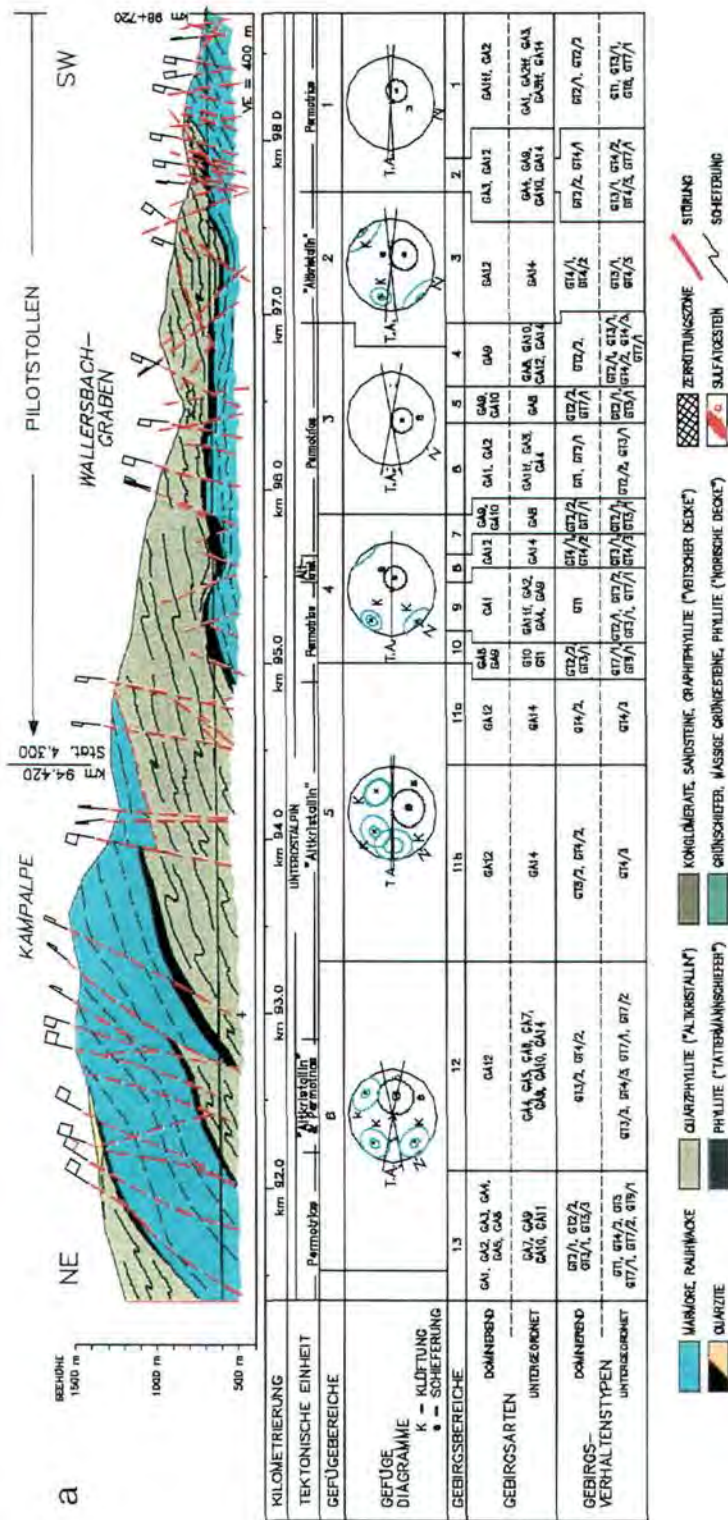


Abb. 2: Geotechnischer Längenschnitt des Semmering-Basistunnels mit der erwarteten Verteilung von Gebirgsarten und Gebirgsverhaltenstypen (Ausschnitt).

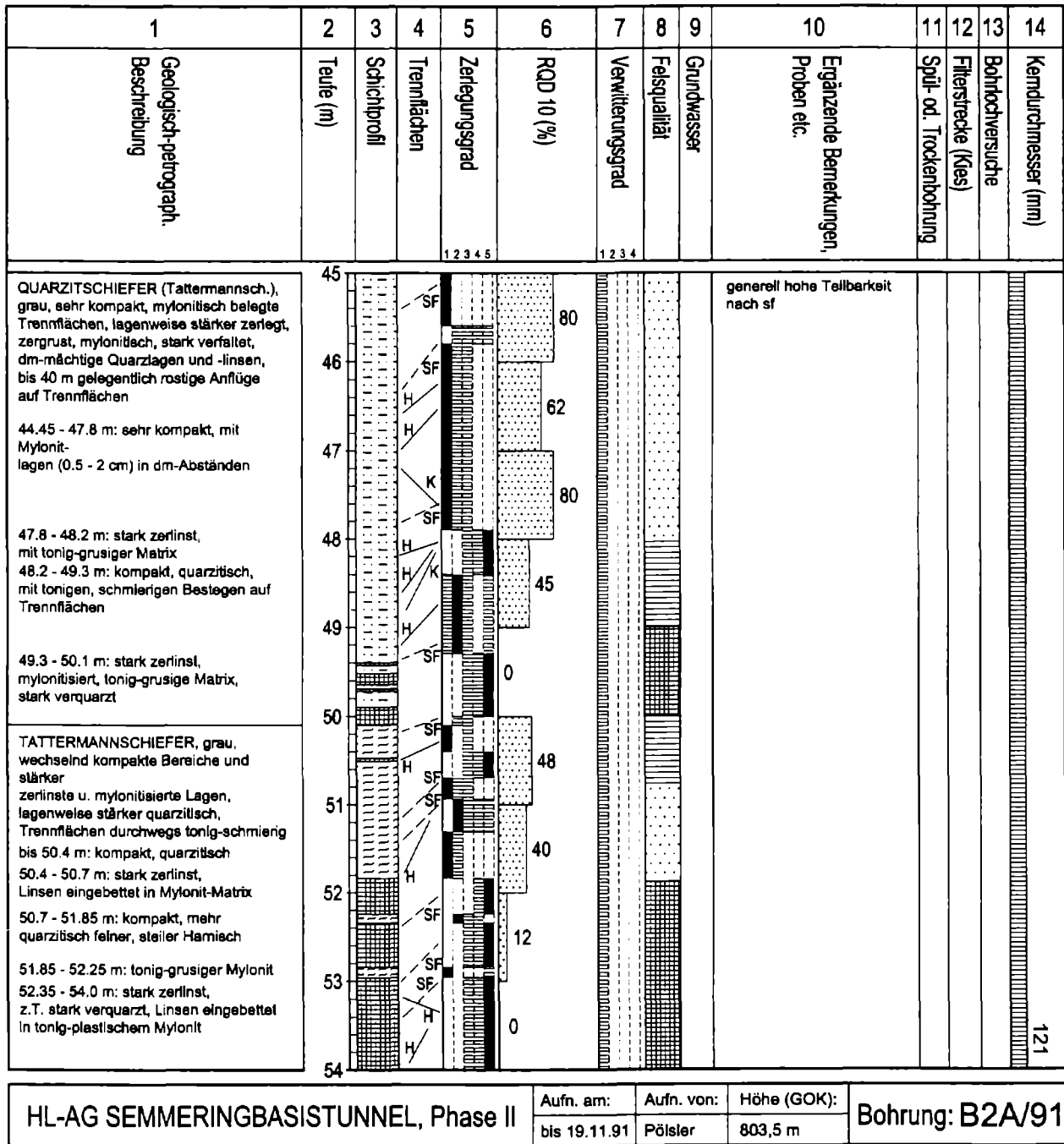


Abb. 3: Ausschnitt aus einem geologischen Bohrprotokoll mit den wesentlichen dokumentierten Gebirgsparametern.

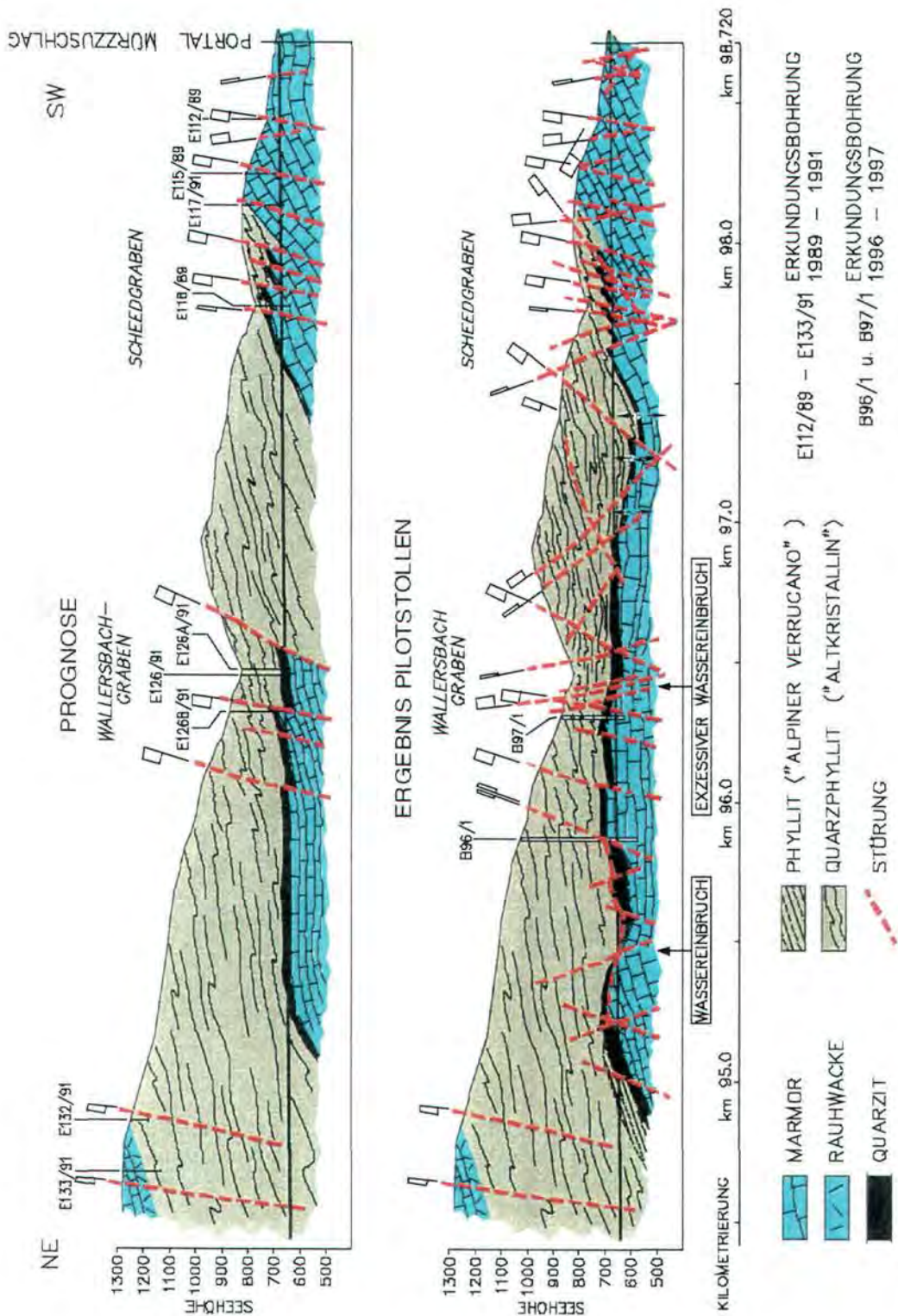


Abb. 4: Gegenüberstellung von Prognose und tatsächlich angetroffenen Verhältnissen beim Auffahren des Pilotstollens auf Grundlage der Stollendokumentation von J. Kaiser.

Gebirgsart 15			
Lithologie	Phyllit		
Schieferung/Anisotropie	< 6 cm		
Kluftkörpergröße	< 20 cm		
TF-Beschaffenheit	sf: teilweise schmierig		
Durchtrennungsgrad	überwiegend niedrig		
Öffnung	überwiegend geschlossen		
<b>Gesteinskennwerte</b>	$\mu$	$\sigma$	Anz.Vers.
UCS [MPa]	28,2	13,6	19
$m_i$ [-]	14,5	6,0	6
c [MPa]	10,8	3,1	6
$\varphi$ [°]	31,7	1,5	6
E [GPa]	26,7	19,1	18
$\nu$ [-]	0,43	0,18	5
CAI [-]	2,5 bis 3		
<b>Trennflächenkennwerte</b>	$\mu$	$\sigma$	Anz.Vers.
Reibungswinkel [°]	33,7	6,3	15
Restreibungswinkel [°]	28,5	5,6	23
<b>Gebirgskennwerte</b>	$\mu$	$\sigma$	
GSI [-]	40	5	
UCS [MPa]	3,9	2,0	
c [MPa]	1,1	0,5	
$\varphi$ [°]	31,3	3,6	
E [GPa]	3,0	1,0	

... Schattierung  $\Rightarrow$  Schätzwert

Tabelle 1: Geologische Einflussparameter, Ergebnisse aus Laborversuchen und errechnete Gebirgskennwerte der exemplarisch dargestellten Gebirgsart 15

Gebirgsverhaltenstyp 4/1	
Symbolische Darstellung für Phyllit	
<b>Gebirgsarten</b>	GA15
<b>Orient. Haupttrennflächenchar(en)</b>	Die Schieferungsflächen fallen flach bis mittelsteil in Vortriebsrichtung ein
<b>Primärspannung</b>	Spannungsniveau im Bereich der Gebirgsfestigkeit
<b>Bergwasser</b>	überwiegend trocken, vereinzelt Tropfwasser
<b>Gebirgsverhalten</b> (Ausbruchsverhalten, Art der Überbeanspruchung/Bruchverhalten)	Das Gebirge neigt zur Bildung von Überprofilen. Geringe Scherfestigkeit an Trennflächen bewirkt strukturbedingtes stark anisotropes Gebirgsverhalten (z.B. Entspannungsgleiten an Schieferungsflächen). Bei hohlraumnaher Lage von Harnischflächen und Störungen kann es zu Spannungskonzentrationen und damit zu lokaler Überbeanspruchung des Gebirges kommen was zu tieferreichenderen Neubrüchen im Gebirge führen kann (im Bereich der Ortsbrust können trennflächenbedingte Ablösungen und lokales Scherversagen auftreten)
<b>Radialdeformation</b>	strukturbedingt, mehrere Zentimeter

Tabelle 2: Einflussparameter und abgeleitetes Gebirgsverhalten des exemplarisch dargestellten Gebirgsverhaltenstyps 4/1.

<b>Gebirgsverhaltenstypen</b>		<b>Beschreibung</b>
1	Standfestes Gebirge	Standfestes Gebirge mit dem Potenzial zum schwerkraftbedingten Herausfallens oder Herausgleitens von kleinvolumigen Kluttkörpern
2	Gefügebedingte Nachbrüche	Tiefreichende gefügebedingte Nachbrüche, vereinzelt lokales Überschreiten der Scherfestigkeit an Trennflächen
3	Neubrüche mit geringer Tiefe	Spannungsbedingtes Versagen des Gebirges in unmittelbarer Hohlraumumgebung in Kombination mit gefügebedingten Nachbrüchen
4	Tiefreichende Neubrüche	Spannungsbedingte tiefreichende Neubrüche im Gebirge mit großen Deformationen
5	Bergschlag	Hohe Spannungen in Kombination mit sprödem Gebirge führen zu plötzlichen Ablösungen
6	Schichtknicken	Knicken von schlanken Platten, häufig in Kombination mit Scherversagen
7	Scherversagen bei geringem Spannungsniveau	Potenzial zu großvolumigen Nachbrüchen und progressivem Scherversagen infolge geringer Verspannung
8	Rolliges Gebirge	Ausfließen von meist kohäsionslosem, trockenem bis feuchtem Gebirge
9	Fließendes Gebirge	Ausfließen von Gebirge mit hohem Wassergehalt
10	Quellendes Gebirge	Zeitabhängige Volumszunahme des Gebirges durch physikalisch- chemische Reaktion von Gebirge und Wasser in Kombination mit Entspannung
11	Gebirge mit rasch wechselnden Verformungseigenschaften	Starke Variation von Spannungen und Deformationen bedingt durch Block-Matrix Struktur (tektonische Melange, heterogene Störungszonen (brittle faults))

Tabelle 3: Einteilung typischer Kategorien von Gebirgsverhalten.

## Literatur

- Cornelius, H.P.: Die Geologie des Mürzalpengebietes (Erläuterungen zu Blatt Blatt Mürzzuschlag, 1:75000). *Jb. Geol. B.-A., Sb 4*, 94 S., 1952.
- Faupl, P.: Zur Geologie des NW-Abschnittes des Wechselgebietes zwischen Trattenbach (NÖ) und Fröschnitz (Stmk.) – *Österreich. Mitt. Ges. Geol. Bergb. Stud. Wien*, 19, S. 27 – 70, 1971.
- Behrmann, J.H.: Zur Kinematik der Kontinentkollision in den Ostalpen. *Geotekt. Forsch.*, 76, S. 1 – 180, 1990.
- Müller, W.: Neue geochronologische und strukturgeologische Daten zur geodynamischen Entwicklung des nördlichen Semmering- und Wechselgebietes (Niederösterreich). *Diplomarbeit, Formal- und Naturwissenschaftl. Fak. Univ. Wien*, 276 S., 1994.
- Neubauer, F. & Genser, J.: Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen – eine Übersicht. *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 120 (Metz Festschrift), S. 203 – 219, 1990.
- Neubauer, F. et al: Alpine Kinematics of the Eastern *Central Alps of Austria, ALPACA-Field Guide, IGP/KFU Graz*, pp. 127 – 136, 1992.
- Riedmüller, G. et al: Geologische, geotechnische und hydrogeologische Erkundungen für den Semmering-Basistunnel. *BHM*, 137, H. 12/92, S. 457 – 463, 1992.
- Vavrovsky, G.: Semmering-Basistunnel, ein Projektsüberblick. *ÖIAZ*, 140, 7/8, S. 509 – 512, 1995.
- Vavrovsky, G. & Bauer, F.: Die geotechnische Erkundung und ihre Umsetzung. *ÖIAZ*, , 140, 7/8, S. 512 - 517, 1995.
- Riedmüller, G.: Zur Geologie des Semmering-Basistunnels. *ÖIAZ*, 140, 7/8, S. 518 – 524, 1995.
- Sulem, J. et. al.: Analytical Solution for Time-dependent Displacements in a Circular Tunnel. *Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 24, No. 3, pp. 155-164, 1987.
- Goodman, R.E. & Shi, G.: Block Theory and its Application to Rock Engineering. *Prentice-Hall, New Jersey*, p. 338, 1985.
- Reichl, P. & Zojer, H.: Hydrogeologische Voruntersuchungen für den Semmering-Basistunnel mit besonderer Berücksichtigung von Isotopenmessungen. *Felsbau*, 12 / 6, 458 – 465, 1994.
- Kaiser, J.: Semmering-Basistunnel Pilotstollen. *Monatsberichte (unveröff.)*, 1995 – 1999.
- Liu, Q., Brosch, F.J., Klima, K., Riedmüller, G., Schubert, W.: Evaluation of data during tunnelling by using an expert system, *Tunnels for People, Golser, Hinkel, Schubert (eds), Balkema*, pp. 97-102. 1997.
- Liu, Q., Brosch, F.J., Klima, K., Riedmüller, G., Schubert, W.: Application of a data base system during tunnelling. *Felsbau* 17 / 1, pp.47-50. 1999.
- Hoek, E.: Support for very weak rock associated with faults and shear zones.- *Proceedings Int. Symp. on Rock Support and Reinforcement Practice in Mining, 14.-19. March, Kalgoorlie, Australia*, 1999.
- Moritz, B.: Ductile support system for tunnels in squeezing rock, *Ph.D. thesis, Technical University Graz, Gruppe Geotechnik Graz, Heft 5* 112 pp. 1999.
- Schubert, W., Moritz, B., Sellner, P., Blümel, M.: Tunnelling in squeezing ground - recent improvements. *Felsbau* 17 / 1, pp. 56-58. 1999.
- Riedmüller, G., Schubert, W., Goricki, A. & Pölsler, P.: Investigation Strategies for the Design of the Semmering Base Tunnel.- *Felsbau* 18 / 4 , pp 28-36, 2000.