

Mitt. österr. geol. Ges.	80 1987	S. 157-171 3 Abb., 2 Tab., 1 Taf.	Wien, Dezember 1987
--------------------------	------------	--------------------------------------	---------------------

# Ingenieurgeologische Erfahrungen beim Bau des Frässtollens Wöllabachbeileitung in der Kreuzeckgruppe in Kärnten, Österreich

Von Friedrich Wolfgang MARSCH<sup>\*)</sup>

Mit 3 Abbildungen, 2 Tabellen und einer Tafel

## Inhalt

Zusammenfassung, Summary . . . . .	157
1. Einführung . . . . .	158
2. Geologische, geotechnische und geophysikalische Prognose . . . . .	159
3. Übereinstimmung der Vorhersagen an ausgewählten Beispielen . . . . .	163
4. Dokumentation und Darstellung . . . . .	164
5. Ergebnisse betreffend den maschinellen Vortrieb . . . . .	164
6. Fragen in Zusammenhang mit dem Umweltschutz. . . . .	167
7. Literatur . . . . .	169

## Zusammenfassung

Wesentliche *Beiträge des Geologen im Stollenbau* vor bzw. nach Hohlraumöffnung werden aufgezeigt: *Prognosen* mit geologischen, geophysikalischen und geotechnischen Methoden verfolgten das Ziel, zerrüttete und mylonitdurchsetzte Bereiche im zu durchörternden Gebirge zu erkunden und *baugeologisch zu beurteilen*. Nach Aufschließung zeigt die geologische Stollenaufnahme (*Dokumentation*) bereichsweise gute Übereinstimmung in bezug auf tonige Ultramylonite und mächtigere kataklastische Zonen.

Der *maschinelle Streckenvortrieb* mit einer Tunnelfräse hat sich bei geringem Stollendurchmesser, den aufgefahrenen Gesteinen des Ostalpinen Altkristallins sowie den gegebenen hydrologischen Verhältnissen günstig ausgewirkt. Nachbruchgefährdete Zonen sollen jedoch unmittelbar nach Hohlraumöffnung entsprechend abgesichert werden. Auf tonige Ultramylonite ist besonders Bedacht zu nehmen.

Entsprechend dem Zeitgeist werden Fragen des *Umweltschutzes* in Zusammenhang mit dem Kraftwerksbau erörtert: Einem Festhalten des gegenwärtigen Ist-Zustandes (Geologische und ökologische Kartierungen, Bohrbrunnen) können bauliche Maßnahmen (Kavernenkraftwerk, unterirdische Verrohrung, etc.) oder ein teilweiser Verzicht auf energetische Nutzung folgen. *Naturkatastrophen* können häufig verhindert bzw. gemildert werden. Trotzdem erscheinen dem Verfasser manche Probleme noch ungelöst.

<sup>\*)</sup> Adresse des Verfassers: Dr. Friedrich Wolfgang MARSCH, Österr. Mineralölverwaltung A. G., Technische Direktion Gewinnung-Geologie, Gerasdorfer Straße 151, A-1210 Wien.

## Summary

Important *contributions of the geologist in tunnel engineering* before resp. after cavity opening are shown: *Predictions* with geological, geophysical and geotechnical methods had been made to explore and to *judge* crushed and mylonitic zones in rocks and mountains. After cavity opening the geological *documentation* shows in part good correspondence with regard to clay mylonites and large cataclastic zones.

The *mechanic advance* with a tunnel boring machine has been favourable at minimum profile, to the explored rocks of the Austroalpine Altkristalline, and to hydrologic factors. Rock fall zones should be supported immediately after cavity opening. Very dangerous may be clay mylonites.

Finally questions of *environment protection* in connection with power planting are mentioned: After documentation of the present state (geological and oecological mapping; drilling wells) constructional actions or in part a renunciation of hydro energy utilization in this area may follow. *Environment desasters* often can be prevented or mitigated. Nevertheless some problems seem to be unsolved to the author.

## 1. Einführung

Die vorliegende Arbeit soll wesentliche *Beiträge des Geologen im Stollenbau bei der Projektierung bzw. während des Vortriebes* am Beispiel des Frässtollens Wöllabachbeileitung (nördl. Kreuzeckgruppe/Kärnten; vgl. Tab. 1) beleuchten. Gezeigt

Tab. 1: Das Bauwerk

Auftraggeber: Ktn. Elektrizitäts-A. G. (Kelag)  
 Auftragnehmer: Isola-Lerchbaumer-Baugesellschaft A. G. (Ilbau)  
 Vortriebsart: 6,5% konventionell, 93,5% maschinell  
 Beginn der masch. Bauarbeiten: 14. 7. 1981  
 Durchschlag Klenbach: 15. 1. 1982  
 Durchschlag Wöllabach: 4. 3. 1982  
 Vortrieb: Zweischichtbetrieb mit meist insgesamt 8 Mann je Schicht  
 Gerät: Tunnelbohrmaschine Atlas Copco/Jarva MK 12 T  
 Größte Vortriebsleistung: 63 m/24 h (6. 2. 1982)  
 Max. boring rate: 6,0 m/Std.  
 Max. Hubleistung: 120 cm

Wöllabachbeileitung			Klenbachbeileitung		Gronbach- Beileitung Schräg- schacht	
Portalbereiche		Haupt- bauwerk GHB (A)-(G)	Nebenstollen			
Anfang	Ende			GHB (H)	K 5,7-DP 1	
135 m → SSW konv. 15-20	148 m NNE ← → SSW konv. 20-25	6487 m → SSW masch. 10	450 m	~ 0,15 km → W maschinell 10	~ 0,16 km ↗ WNW konv. ~ 15	Länge Vortriebsrichtung Vortriebsart Ausbruchsquerschnitt (m <sup>2</sup> ) TK <sub>s</sub> [cm] geolog. bearb.
5-10 ⊕	5-15 √	0-7 +	0-7 +	0-10 √	n. b. ×	

TK<sub>s</sub> = sofortige Sicherung durch Spritzbeton; n. b. = nicht bearbeitet;  
 geolog. bearb.: √ = ja; × = nein; + = vollständig kartiert; ⊕ = dokumentiert durch Brustbilder.

wird der Grad der Übereinstimmung der Vorhersagen mit unterschiedlichen Methoden sowie die Darstellung nach Aufschluß. Diskutiert werden wichtige Ergebnisse betreffend den maschinellen Vortrieb unter den gegebenen Bedingungen. Schließlich werden einzelne Fragen in Zusammenhang mit dem Umweltschutz erörtert. Die vorliegende Arbeit stellt einen *Auszug aus der Dissertation F. W. MARSCH (1985)* dar.

Das Bauwerk durchteuft etwa Nord-Süd und subnormal zum Streichen den nördlichen Bereich des *Ostalpinen Altkristallins* (Mittelostalpin sensu A. TOLLMANN, 1977) der Kreuzeckgruppe. Aufgeföhren wurden paläozoisch-präkambrische Gesteine (quarzreiche [Granat]-Glimmerschiefer, Paragneise, Orthogneise, Amphibolite, Pegmatite, Marmore; deren Diaphthorite und zahlreiche Mylonite). Mehrere Deformations- und Metamorphoseakte können bereichsweise erkannt werden. Augenföhlig in Erscheinung tritt die im Norden des aufgeschlossenen Profilstreifens lagernde großräumige Antiklinale. Südlich davon (ab ca. km 4,0, vgl. Taf. 1) schließen schiefeilvergente Falten mit  $\pm$  aufrechtem Lagerungsgefüge an. Literaturangaben zufolge erstreckt sich dieser Faltenbau noch weiter nach Süden.

## 2. Geologische, geotechnische und geophysikalische Prognose

2.1 Die *geologische Prognose* erfolgte durch G. RIEDMÜLLER in drei Varianten 1977–80. Die Geländeoberfläche wurde kartiert, das Flächengefüge aufgenommen und bewertet. Besonderes Augenmerk wurde tonigen Myloniten und sonstigen weichen, plastischen und ruscheligen Einschaltungen gewidmet. Ziele dieser Vorhersage waren:

- Eine Seriangliederung nach stollenbautechnischen Gesichtspunkten;
- Eine Gefügestatistik sowie die Erfassung von Störungen im Trassenbereich;
- Eine Darstellung sämtlicher Daten in Längenschnitten (Profile) und in einem Lageplan (1 : 10.000);
- Eine baueologische Beurteilung der Stollentrasse.

Die einzelnen Punkte werden in einer eigenen Arbeit ausführlich behandelt und es werden daher hier nur kurz wesentliche Ergebnisse mitgeteilt:

2.1.1. Der negative Einfluß der Rabentalstörung wurde richtig eingeschätzt. Der Empfehlung, Anschlagpunkt und Wendepunkt 1 möglichst weit nach NE zu verlegen, wurde vom Auftraggeber nicht entsprochen. Probleme beim Vortrieb und längere Wartezeiten waren die Folge (vgl. Kap. 5.5). Auch die übrigen bautechnisch bedeutsamen Störungen in den Gebirgshomogenbereichen A und B konnten genau prognostiziert und richtig eingeschätzt werden.

2.1.2. Der Einfluß der Griesenegstörung war schwer abzuschätzen: An der Oberfläche wurde eine stark tektonisch beanspruchte Amphibolit-Grünschieferserie beobachtet und detailliert aufgenommen. Ein möglicher negativer Einfluß im Bereich der Stollentrasse (850 m u. GOK) konnte nicht ausgeschlossen werden. Der Störungseinfluß machte sich nach Hohlraumaufföhierung mit zeitlicher Verzögerung bemerkbar. Nachsicherungen waren nach Abschluß der Vortriebsarbeiten erforderlich (vgl. Kap. 5.4).

2.1.3. Die Auswirkungen (mögliche Bergschlagerscheinungen) des schleifenden Verschnittes eines Bruchsystems, dem obertage zahlreiche hangparallele Störungen folgen, mit der Stollenachse, wurden klar erkannt und für km 1,5 bis 3,2 prognosti-

ziert. Es zeigt sich nach Aufschließung, daß dieser Bereich bereits ab ca. km 0,75 deutlich in Erscheinung getreten ist (vgl. Kap. 5.4).

2.1.4. Die obertage mit einer Mächtigkeit von max. 300 m beobachtete Pegmatitgneisserie keilt, wie richtig erkannt wurde, in der Teufe aus. Im Stollen umfaßt der Bereich etwa 150 m. Die Gesteine dieser Serie sind hier oft, wie vorausgesagt, tektonisch stark beansprucht und zerschert.

2.1.5. Das Auftreten mächtiger Marmorkomplexe konnte aufgrund der detaillierten Obertagekartierung ausgeschlossen werden. Tatsächlich wurden nur sehr vereinzelte, geringmächtige Linsen angetroffen.

2.1.6. Im Bereich der Granatglimmerschieferserie, also im Bereiche der Gebirgs-homogenbereiche E und F, wurden mehrere steilstehende Zonen mit Myloniten vorausgesagt. Tatsächlich sind zahlreiche Zonen mit tonigen Myloniten angetroffen worden. Besonders im südlichsten Bereich wurden infolge der geringen Überlagerung (ca. 150 m) starke Oberflächeneinflüsse registriert (vgl. Kap. 3).

2.1.7. Die Beurteilung der Bergwasserverhältnisse ist bekanntermaßen problematisch. Eine qualitative Beurteilung ist im allgemeinen möglich, eine quantitative Aussage allerdings ebenso schwierig wie eine genaue Überprüfung. Die kontinuierliche Wasserführung im Stollen wurde – bei langfristiger Beobachtung – mit max. 20 Liter/Sek. prognostiziert. Tatsache ist, daß während des Vortriebes am Stollenportal Wassermengen bis 70 Sekundenliter registriert wurden.

2.1.8. Sämtliche geologischen und technischen Parameter erlaubten eine abschnittsweise Gebirgsbewertung. Von den Abschnitten in der Überlagerung (Portalbereiche) abgesehen, wurde eine optimistische und eine pessimistische Prognose angeführt. Eine Vergleich mit der prozentuellen Verteilung der vom Verfasser beurteilten Gebirgsklassifizierung zeigt den Grad der Übereinstimmung (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Gebirgsgüteklassenverteilung im Hauptbauwerk in % (Prognose von G. RIEDMÜLLER 1980 und Beurteilung des Verfassers).

GGKL.	Prognose		Dokumentation	
	optimist.	pessimist.	B–F	(A)–(H)
1				
2	96	83	79,0	77,5
3				
4	4	15	20,7	20,8
5				
6	< 1	2	0,3	1,7

2.2. Eine *geotechnische Prognose* betreffend Baufortschritt und Meiselverschleiß erfolgte durch N. O. SUNDIN & P. A. LINDQVIST (1982). Ziel war, mittels indentation tests einen Eindruck der Bohr- bzw. Schneidbarkeit verschiedener Gebirgsabschnitte zu gewinnen. Charakteristische Gesteinsproben wurden dabei gemeinsam mit dem Verfasser an der Erdoberfläche genommen und von den Autoren anschließend verschiedenen Versuchen und Prüfungen im Labor unterzogen, wobei die penetration rate und Abrasivität der Disken gemessen wurde. 12 Homogenbereiche werden

vorgeschlagen. In sechs Zonen übersteigt die prognostizierte net boring rate 6,0 m pro Stunde. Das heißt, die Durchörterung des Gebirges ist in diesen Abschnitten leicht, der Baufortschritt wird durch die größtmögliche Vorschubleistung der Maschine begrenzt. Die Auffahrung des Hauptbauwerkes wurde mit 190 Tagen prognostiziert. Eine zusammenfassende Darstellung zeigt Abb. 1.

Tatsache ist, daß die prognostizierte Gesamtsumme für den maschinellen Vortrieb im Hauptwerk um 5 bis 10% überschritten wurde. Weiters war der tatsächliche Baufortschritt in Zone 1.1 wesentlich geringer, in den Zonen 3.1 und 8.1 wesentlich

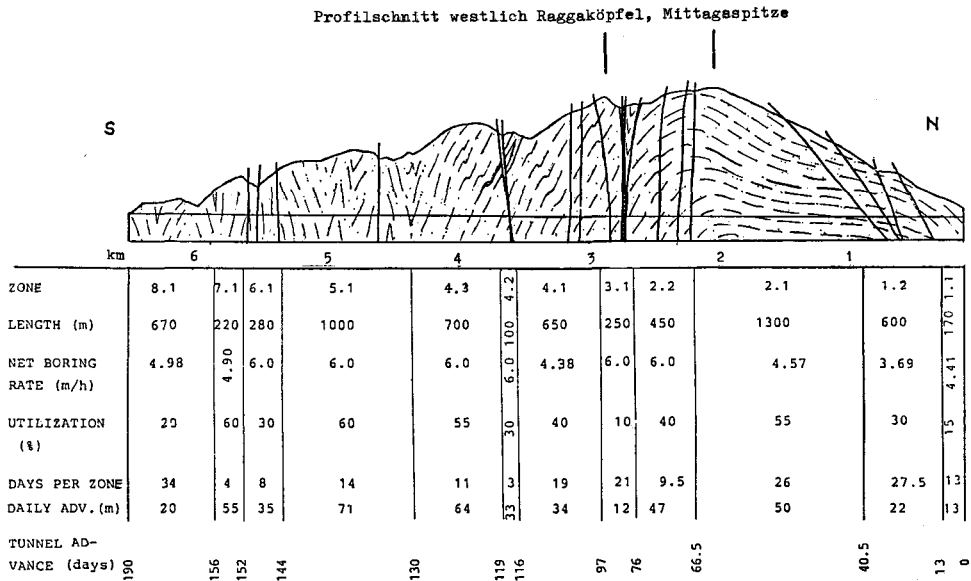


Abb. 1: Zusammenfassende Darstellung der Vorhersagen zum Baufortschritt mit geotechnischen Methoden (N. O. SUNDIN & P. A. LINDQVIST, 1982). Geologisches Profil nach G. RIEDMÜLLER, 1980.

größer als vorhergesagt. Folgende Ursachen werden dafür mitverantwortlich gemacht:

1. In den Portalbereichen wurde weitgehend konventionell vorgetrieben;
2. Am Beginn der Arbeiten war die Mannschaft der beauftragten Baufirma – die diese Maschine eben erst erworben hatte – auf die einzelnen Handgriffe noch nicht entsprechend eingespielt (vgl. Kap. 5.5.).
3. Die tonigen Mylonite im Gebirgshomogenbereich A wurden in bezug auf Lage, Aufgeschlossenheit und Erschwernis vom Auftraggeber unterschätzt (vgl. Kap. 2.1.1., 5.5.).
4. Die Mylonite im Gebirgshomogenbereich C (vgl. Kap. 2.1.2.) sind v. a. Blastomylonite. Diese beeinflussen im Gegensatz zu tonigen Myloniten den Vortrieb nicht negativ.

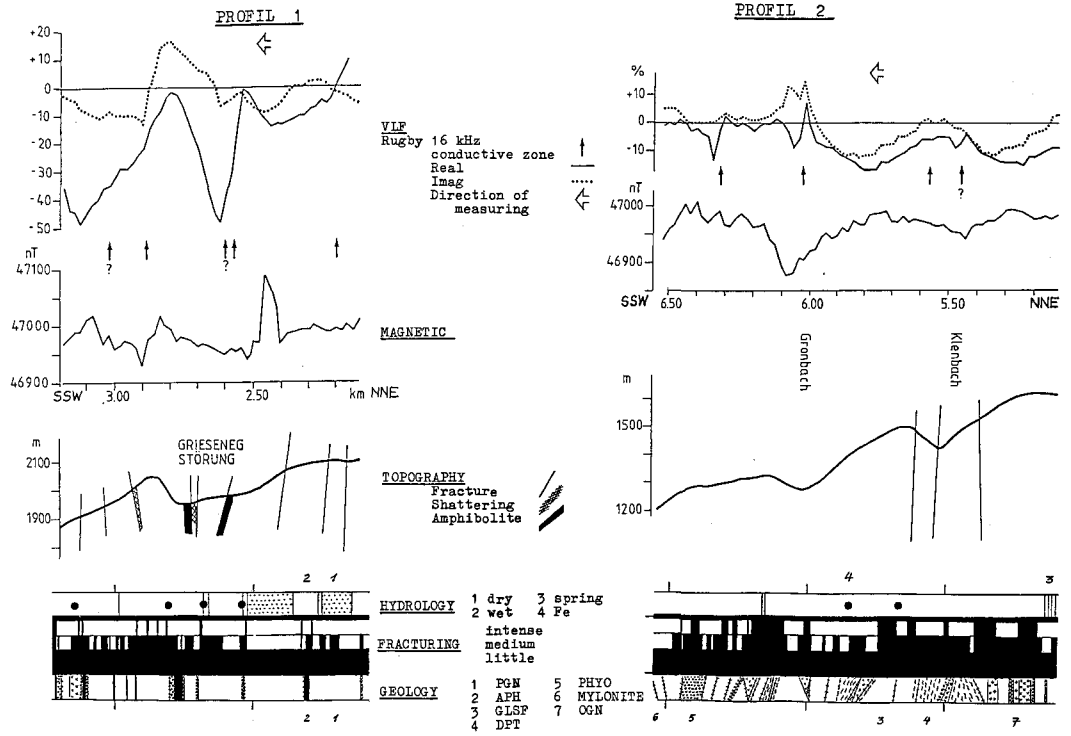


Abb. 2: Vergleichende Übersicht: Prognosen und Dokumentation (vereinfacht).  
 Geophysikalische Messungen (VLF, MAGNETIC), N. O. SUNDIN;  
 Geologische Kartierung (TOPOGRAPHY), G. RIEDMÜLLER;  
 Bergwasserverteilung (HYDROLOGY)  
 Gebirgszerlegungsgrad (FRACTURING) } F. W. MARSCH  
 Firstband (GEOLOGY)

Legende analog Tafel 1!  
 Erläuterung im Text!

2.3. *Geophysikalische Methoden* zur Unterstützung der geologischen Prognose versuchte N. O. SUNDIN (1981). Diese Arbeiten wurden im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojektes durchgeführt und stellen vorläufige Ergebnisse dar.

Durchgeführt wurden geophysikalische Oberflächenmessungen über zwei ausgewählten Abschnitten der Stollentrasse. Eine Kombination von Niederfrequenzmessungen (VLF) und magnetischen Messungen sollte die geologisch prognostizierten Störungen sowie unterschiedliche Gesteinstypen aufzeigen. Über der (vermeintlichen) Tunnelachse wurde alle 20 m eine Messung durchgeführt. Gemessen wurde ein induziertes Feld sowie das Gesamtmagnetfeld an jedem Meßpunkt mittels eines Protonenmagnetometers. Hingewiesen wird auf die Problematik der Aussagefähigkeit des oberflächlich gemessenen Wertes gegenüber dem Aufschluß an der Tunnelachse (Überlagerung bis 1.000 m). Ziel war die Lokalisierung von verdeckten Störungen, Zerrüttungszonen und sonstigen weichen  $\pm$  stark wasserführenden Gebirgsabschnitten.

Es zeigt sich eine mögliche Korrelation in Lagen unterschiedlicher Dichte, Plastizität, Wasserführung und elektrischer Leitfähigkeit. Im speziellen konnten Amphiboliteinschlüsse, tonige Mylonite und manche Zerrüttungszonen bei größerer Mächtigkeit erkannt werden (vgl. Kap. 3).

### 3. Übereinstimmung der Vorhersagen an ausgewählten Beispielen

Die verschiedenen Methoden zeigen in manchen Bereichen gute Übereinstimmung: Im Bereich des Klenbaches und in Bereichen N bzw. S der Griesenegscharte. Die markante Störung, die dieser selbst folgt, konnte jedoch mit geophysikalischen Methoden nicht identifiziert werden. Richtig erkannt wurden weiters die zerrütteten Bereiche um km 6,02 und 6,32 (Vgl. Abb. 2).

Profil 1: Die *VLF-Werte* zeigen nach Ansicht des Autors drei klar erkennbare Zonen erhöhter Konduktivität: km 2,9 bis 2,88, km 2,57 bis 2,56 und km 2,21 bis 2,19. Zwei weitere Zonen sind nicht eindeutig interpretierbar: Km 3,03 bis 3,01 und km 2,61 bis 2,59.

Die Schwankungsbreite des *magnetischen Feldes* ist im Altkristallin im allgemeinen sehr gering. Eine schwach ausgeprägte Depression um km 2,9 kann mit einer der oben beschriebenen Zonen korreliert werden. Der erhöhte Magnetismus im Bereich 2,47 bis 2,41 wird auf eine nicht näher beschriebene, 50 m mächtige, steil eintauchende Lage im Gestein zurückgeführt (N. O. SUNDIN, 1981).

Die *geologische Kartierung* hat obertags eine Amphibolit-Grünschieferserie mit steilem Einfallen als Einlagerung in der Paragneisserie im Bereich der Griesenegscharte gezeigt. In einer Detailskizze des zentralen Störungsbereiches (Maßstab 1 : 200, nicht abgebildet) wurde die intensive Verfaltung und Mylonitisierung dargestellt (G. RIEDMÜLLER, 1977–80). Im *Untertage-Aufschluß* lassen sich die Störungsflächen mit der Topographie eindeutig korrelieren. Der zentrale Bereich dieser markanten Störung konnte im Bereich der Griesenegscharte mit geophysikalischen Methoden allein jedoch nicht identifiziert werden. N. O. SUNDIN (1981) macht gleiche Mineralogie und Konduktivität der Gesteine in diesem Abschnitt dafür verantwortlich.

Profil 2: Mit *VLF* können hier drei Bereiche mit eigener Konduktivität erkannt werden: Km 6,33 bis 6,32, km 6,04 bis 6,02 und km 5,62 bis 5,52. Ein weiterer fraglicher Bereich findet sich um km 5,46.

Hier kann *nach Aufschluß* gefolgert werden: Die beiden letztgenannten Zonen bilden eine Einheit. Dieser Abschnitt, aufgeschlossen im Bereiche des Klenbaches und an beiden Flanken, besteht aus mächtigen diaphthoritischen und verquarzten Glimmerschiefern, die mehrere Klüfte, gefüllt mit tonigem Mylonit, enthalten. Besonders ausgeprägt ist die Störung BStat. 5480–5500.

Südlich dieser Zone wurden aufgrund der *geologischen Kartierung* keine größeren Störungen mehr vorausgesagt, doch wurde auf die oberflächlichen Verwitterungseinflüsse infolge Überlagerung hingewiesen. *VLF*-Messungen zeigen hier zwei Zonen erhöhter Konduktivität (s. o.). *Magnetometermessungen* zeigen bei km 6,07 eine Depression, die vom Autor auf zerrüttete bzw. gestörte Gebirgsbereiche zurückgeführt wird.

*Nach Aufschluß* zeigt sich mäßige Übereinstimmung in letztgenannter, sehr gute Übereinstimmung in der eingangs genannten Zone bei km 6,33. Darüber hinaus ist das Gebirge in weiten Teilen des im Profil 2 besprochenen Bereiches phyllonitisiert und zerrüttet. Tonige Mylonite sind oft anzutreffen.

#### 4. Dokumentation und Darstellung

Die geologische *Dokumentation nach Aufschließung* erfolgte durch F. W. MARSCH 1981/82. Neben einer geologischen Kartierung (Maßstab 1 : 100, Darstellung 1 : 200) wurden synchron beurteilt:

- Petrographie, Gefüge und Tektonik sowie Probeentnahmepunkte;
- Die Lage der Schieferung bzw. Klüftung in bezug auf die Stollenachse und die Ausbildung der Trennflächen;
- Grad der Gebirgszerlegung und Gebirgsentspannung;
- Bergwasserverteilung;
- Gebirgsgüteklassen und Sicherungsmaßnahmen;
- Überprofil.

Die *Darstellung* erfolgte in Form von *Stollenbändern*, geologisch wichtige Schlüsselzonen auch in Detailskizzen bzw. Brustbildern. Die Aufnahme erfolgte zunächst täglich, später sporadisch, unter teilweise lebensbedrohenden Bedingungen.

Die wichtigsten Ergebnisse wurden in einem Längenschnitt (vgl. Taf. 1) vereinfacht und zusammengefaßt, wobei eine Einteilung in Gebirgshomogenbereiche vorgenommen wurde.

Die wesentlichen Parameter wurden ausführlich behandelt und der geologischen Prognose gegenübergestellt. Dabei hat sich weitgehende Übereinstimmung gezeigt. Wesentliche Erkenntnisse werden im folgenden Kapitel mitverwendet.

#### 5. Ergebnisse betreffend den maschinellen Vortrieb

5.1. Von Seiten der *Petrographie und Lithologie* wurde keine wesentliche negative Beeinflussung registriert. Im Ostalpinen Altkristallin überwiegen vorzüglich durchgeschieferte Paragneise und Glimmerschiefer mit wellig ausgebildeter Schieferungsfläche und gut verzahntem oder körnigem Quarzgefüge. Harte  $\pm$  massig entwickelte



Amphibolite, weichere Marmore und tonige Mylonite sind bereichsweise aufgeföhren worden.

Probleme mit Gröngesteinen (kapillarer Wasserentzug und daraus resultierende herabgesetzte Festigkeit); wie sie z. B. im Plabutschtunnel (F. J. BROSCHE et al., 1983) beschrieben wurden, konnten hier zum Zeitpunkt der Aufnahme nicht beobachtet werden. Unlösbare Fragen, wie z. B. Durchörderung stark verkarsteter wasserführender Gipse (H. LOACKER, 1983), traten im untersuchten Bereich des Ostalpinen Altkristallins ebenfalls nicht auf. Weiters ist hydrothermale Tonmineralbildung (vgl. Kap. 5.5.) bevorzugt auf diskrete Bereiche beschränkt gewesen.

5.2. Die *Gebirgszerlegung* ist im Altkristallin allgemein wesentlich stärker als in den Tauerngesteinen. Hauptsächlich steil einfallende Mikroscherflächen durchsetzen weite Bereiche der Paragneise und Glimmerschiefer in Form eines engmaschigen Netzes. Orthogneise sind häufig intensiv verschiefert und zerschert. Pegmatitgneise sind bis in den Mikrobereich kataklastisch überformt.

5.3. In letzteren – sie erreichen Mächtigkeiten bis über 100 m – sowie im Bereiche mancher Störungen wurden erhöhte *Bergwasserzutritte* (max. ca. 10 Sekundenliter ein Monat nach Hohlraumaufföhahrung) registriert. Sie haben sich auf den maschinellen Vortrieb nicht wesentlich ausgewöhrt.

5.4. Die mittelsteil bis steil einfallenden Hauptschieferungsflächen haben – bedingt vor allem durch das Durchörtern auf kürzestem Wege (Stollentrasse subnormal s) – nirgends zu Schwierigkeiten geföhrt. Die intensive Zerlegung begünstigt jedoch *Entspannungserscheinungen* entlang wohldefinierter Flächen: Die Durchörderung erfolgt rasch. Trennflächensysteme, welche die Stollenachse in schleifendem Winkel queren, müssen aber sofort nach Hohlraumöföhnung entsprechend abgesichert werden. Wo dies verabsäumt wurde, sind nachfolgend weit hinter der Ortsbrust Stützmittel einzubringen. Solche Arbeiten sind zeitraubend und behindern bzw. verzögern den Vortrieb. Es ist eine Eigenschaft des Fräsvortriebes – insbesondere bei Minimalprofil –, daß Entspannungserscheinungen sich oft erst mit zeitlicher Verzögerung bemerkbar machen (Km. 0,9 bis 2,8; vgl. Kap. 2.3). Entsprechende Sicherung muß nun nachträglich – häufig teurer, zeitraubend und weiteren Vortrieb behindernd – erfolgen. Beobachtet wurde weiters, daß solche Gebirgsabschnitte vor weiterem Nachbruch teilweise austrocknen. Solche Bereiche verlagern sich, vergrößern sich teilweise und zeigen die Tendenz, mit zunehmender Standzeit zusammenzuwachsen. Der Verfasser deutet dies als Folge bereits gelockerten und akut nachbruchgefährdeten Gebirges.





5.5. Von wesentlicher Bedeutung ist auch die Art und Mächtigkeit des Zwischenmittels, welches Klüfte erfüllt bzw. verheilt: Quarz und Kalzit wirken sich auf den maschinellen Vortrieb fast überhaupt nicht aus, Phyllosilikate, Graphit, etc., dagegen deutlich. Das Extrem stellt der wassergesättigte tonige Mylonit dar.

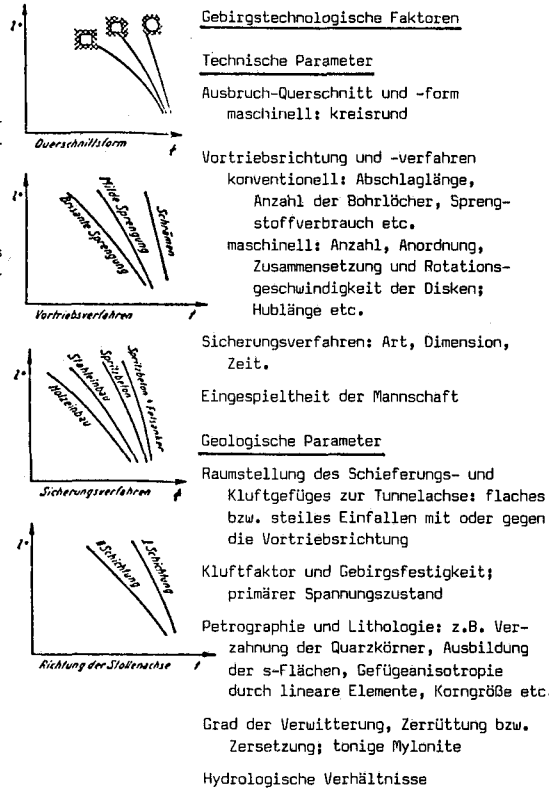
*Tonige Mylonite* größerer Mächtigkeit sind selten und auf diskrete Bereiche beschränkt gewesen (BStat. 190; 4578, 4586). Die Auswirkungen solchen plastischen Gebirges sind im Bauwesen seit jeher besonders geföhrtet. Auf den maschinellen Vortrieb mit einer Tunnelfräse sind negative bautechnische Auswirkungen nur verzeichnet worden bei größerer Mächtigkeit (mehrere Meter) bzw. Aufgeschlossenheit über einen größeren Bereich infolge schleifenden Verschnittes der Stollenachse mit der mylonitischen Kluft. Hier ist eine richtige Einschätzung der Lage sowie gute

Beeinflussung der Gebirgsstandfestigkeit beim Stollenvortrieb (Darstellung vereinfacht nach H. LAUFFER)

$l^*$  = freie Stützweite (m)  
 $t$  = Stehzeit (Stunden) eines ungesicherten Stollenabschnittes

Fräsen ähnlich schrämen

-  positiv
-  negativ
-  weitgehend indifferent
-  nicht beurteilt












- Beispiele qualitativer Auswirkungen auf den maschinellen Vortrieb im Wöllastollen (vereinfachte Darstellung)**
-  Geringer Ausbruch-Querschnitt bei kreisrundem Profil
  -  Maschinentyp; spezifische Maschindaten
  -  Entspr. dimensionierte Sicherung b. schleif. Verschnitt v. Trennfl. miteinander bzw. m. d. Stollenachse nicht unmittelbar nach Hohlraumöffnung.
  -  Regelmäßiges statist. machine service und cutter service
  -  Querung der s-Flächen und der meisten Trennflächen subnormal
  -  Die intensive Geb.zerlegung des oa. Altkristallins durch geschlossene Klüfte und insbes. die oft genügende Einspannung in der Polinikantiklinale
  -  Paragneise, Glimmerschiefer; Orthogneise Amphibolite und Marmore geringer Mächtigkeit
  -  Geringmächtige Überlagerung (Portalbereiche). Tonige Mylonite, aufgeschlossen über mehrere Meter.
  -  Einzelne Quellen bis ca. 10 l/sek.

Abb. 3: Beeinflussung des Baufortschrittes im Stollenvortrieb durch geologische und technische Faktoren (Zusammenfassung).

Eingespieltheit der Mannschaft Voraussetzung für die Bewältigung dieser Probleme. Die Durchörterung der Rabentalstörung (vgl. Kap. 2.1.1.) war ein Lernprozeß und hat bei größerer Bauverzögerung die Möglichkeit der Bewältigung gezeigt:

- a) Querung auf kürzestem Wege bei kleinem Ausbruchquerschnitt;
- b) Rechtzeitiges Zurückziehen des Fräskopfes;
- c) Konventionelle Durchörterung, dem mylonitischen Gebirge angepaßt;
- d) Gleichzeitig und nachträglich entsprechende Absicherung.

5.6. Der mechanische Vortrieb mit einer *Tunnelfräse* ist also unter den gegebenen Parametern als sehr positiv zu bezeichnen. Er hat rasche Durchörterung (Tageshöchstleistung 63 m/24 h; Monatsschnitte häufig jenseits 40 bis 50 m pro Tag) gewährleistet, doch wird sofortige Absicherung in nachbruchgefährdeten Bereichen empfohlen (vgl. Kap. 5.4). Wesentlich tragen der kleine Ausbruchquerschnitt sowie die Eingespieltheit der Mannschaft zum Gelingen dieses neuen Vortriebsverfahrens bei.

In der stark zerrütteten, oberflächennahen Verwitterungsschwarte (Portalbereiche) ist vielfach *konventioneller Vortrieb* günstiger.

Ein wesentlicher Faktor, der nicht unterschätzt werden soll, ist auch die Anlaufzeit und das Einstellen der Stollenbaummannschaft auf Gebirgsverhältnisse und Maschinentyp. Die Gleichzeitigkeit verschiedener Arbeitsvorgänge ist bei einem Stollen mit Minimalprofil ohne gegenseitige Behinderung schwierig.

Eine zusammenfassende Auflistung der gebirgstehnologischen Faktoren, die den Fräsvortrieb bei den gegebenen Parametern in diesem Bauwerk positiv, indifferent bzw. negativ beeinflußt haben, zeigt Abb. 3.

5.7. Ein Problem für sich stellt das Anlegen von *Deponien im Hochgebirge* dar. Die Lösung dieses Problems ist schwierig, sind derartige Maßnahmen doch auch von Bedeutung für den Naturschutz (vgl. Kap. 6.6.).

5.8. Die Ergebnisse bei der Projektierung und während des Vortriebes des Wöllastollens wurden – nach Gegenüberstellung der Literaturerfahrungen zur Auf-fahrung des Stollensystems Teuchl-Gnoppitz (G. HORNINGER, 1956–1958; W. STEINBÖCK, 1960) – *praktisch verwertet*: Basierend auf einer geologischen Obertagekartierung wurde eine generelle geologische Stollenprognose für ein weiteres Stollenprojekt (Beileitung KW Obervellach-Penk) erstellt. Ein Vortrieb im Ostalpinen Altkristallin und mit Hilfe einer Tunnelfräse wird empfohlen.

## 6. Fragen in Zusammenhang mit dem Umweltschutz

Einen wesentlichen Stellenwert im Interesse des Umweltschutzes nimmt gegenwärtig der Kraftwerksbau ein. Mehr als je zuvor wird heute Aspekten des naturnahen Wasserbaues Platz eingeräumt. Das vorliegende Kapitel soll kurz beleuchten:

- Wie der Umweltschutzgedanke verstanden wird;
- Wieviel auch bisher – teilweise unter anderem Titel – in diesem Sinne geschehen ist;
- Wie diskussionswürdig manche Beiträge zum Umweltschutz sind;
- Daß es trotz alledem noch ungelöste Probleme gibt.

Im Zusammenhang mit den oben beschriebenen Projekten wird im folgenden eine kurze Charakteristik kleinerer und größerer Maßnahmen gegeben, die von ökologischer Bedeutung sein können:

6.1. Ausgedehnte und großmaßstäbliche *Kartierung* der Geologie ( $\pm$  Pflanzensoziologie) in den vom projektierten KW-Bau in Mitleidenschaft gezogenen Tälern: Besondere Bedeutung kommt dabei den hydrographischen und hydrologischen Faktoren zu. Die Errichtung eines Netzes von *Bohrbrunnen* ermöglicht ein Festhalten des Status quo. Karte und regelmäßig gemessene Grundwasserstände gestatten dann eine langfristige Überprüfung der prognostizierten Faktoren (ökologische Beweissicherung). Derartige Projekte wurden im mittleren (F. MARSCH, 1981) und unteren Mölltal (H. LITSCHER, 1979) in Zusammenhang mit den beschriebenen Bauvorhaben durchgeführt.

6.2. Überlegungen bzgl. eines möglichen *Kavernenkraftwerkes* im Bereiche Obervellach-Penk (vgl. Kap. 5.8.): Die Abarbeitung der Energie der vom Kraftwerk Außerfragant beigeleiteten Wässer kann also ohne Beanspruchung von Wiesen bzw. wertvollem Ackerland erfolgen. Die Beileitung erfolgte nicht mehr mit obertägigen Doppelsträngen (vgl. Kap. 6.4.), sondern in einem durch das Gebirge verlaufenden Tunnel.

6.3. Nichteinbeziehung des Raggabaches und damit ein *Verzicht auf die Nutzung* eines beträchtlichen Wasserkraftpotentials: Die landschaftlich wertvollen Wasserfälle bleiben der Bevölkerung und dem Tourismus erhalten.

6.4. Eine neue Variante stellt die *unterirdische Verrohrung* (Eingraben) von Druckrohrleitungen dar: Wurden die Kraftabstiege der Werke Innerfragant bzw. Gößnitz noch als weithin sichtbare freie Rohrleitungen von Teilen der Bevölkerung verurteilt, so wird der Kraftabstieg des Systems Wölla bereits fast zur Gänze unterirdisch erfolgen. Der einfache Strang wurde einbetoniert, verankert, überschüttet und begrünt.

6.5. Errichtung von *Talsperren* an der Pforte zahlreicher Seitentäler sowie der kontrollierte Ab- und Zufluß der Wassermassen zur Hintanhaltung katastrophentiger Hochwässer und Vermurungen sowie der damit verbundenen weitgehenden Bewahrung von Menschenleben und Eigentum vor Naturgewalten: Solche Massenbewegungen sind das letzte Mal im Zuge der Unwetter 1965/66 im untersuchten Bereich aufgetreten und haben zur Überschüttung zahlreicher Bachfächer sowie zum Verlegen des Bettes der Möll geführt (E. H. WEISS, 1969).

6.6. Ein Problem für sich stellt das Anlegen von *Deponien im Hochgebirge* dar: Beim Bau des Wöllastollens mußten rund 210.000 t Ausbruchmaterial untergebracht werden. Das Schuttermaterial ist kantig, der längste Durchmesser beträgt gewöhnlich 7 cm. Neben einer Deponierung gelang es, durch Anschüttungen auf bestehenden Forstwegen einen Teil des Ausbruchmaterials unterzubringen. Eine vorher erfolgte Schüttung über die geeignete Deponiefläche ermöglichte eine teilweise Sortierung. Das geeignete Material konnte so wiederverwertet werden. Die humuslose Begrünung der Flächen stellt den Bauabschluß dar. Der Auftraggeber konnte jedoch eine negative Beeinflussung des Rutschhanges, in welchen die Bauzufahrtsstraße zum Anschlagpunkt „Wöllabachbeileitung“ gelegt wurde, nicht ausschließen.

## 7. Literatur

- BROSCH, F. J., KLIMA, K. & PÖLSLER, P.: Der Plabutschtunnel (Pyhrn-Autobahn Umfahrung Graz): Baugeologische Erfahrungen aus dem Sondierstollen. – Manuskript zum Vortrag BOKU-Seminar am 9. 3., Wien 1983.
- HORNINGER, G.: Geologische Ergebnisse bei einigen Kraftwerksbauten. – Verh. geol. B.-A., 1956–1958, Wien 1956–1958.
- LITSCHER, H.: Ein Beitrag zur Geologie der Kreuzeckgruppe. – Carnithia II, 89, 59–63, Klagenfurt 1979.
- LOACKER, H.: Der Walgaustollen. – Vortrag BOKU-Seminar am 8. 6., Wien 1983.
- MARSCH, F. W.: Geologisch-tektonische Karte des mittleren Mölltales zwischen Außerfragant und Penk. – Archiv KELAG, Abt. TBA, Klagenfurt 1981.
- Geologische und geotechnische Bearbeitung der nördlichen Kreuzeckgruppe (Frässtollen Wöllabachbeileitung) mit besonderer Berücksichtigung der Störungszonen. – Diss. Formal- und Naturwiss. Fak. Univ., Wien 1985.
- RIEDMÜLLER, G.: KW-Gruppe Fragant: Beileitungssystem Wölla-Raggabach; Generelle geologische Stollenprognose (Variante A). – Archiv KELAG, Abt. TBA, Klagenfurt 1977.
- Ergänzender geologischer Lageplan zur Beileitung des Wöllabaches (Varianten: A, B, C). – Archiv KELAG, Abt. TBA, Klagenfurt 1980.
- STEINBÖCK, W.: Der Bau von Kraftwerksstollen beim Winterspeicherwerk Reißeck-Kreuzeck in Kärnten. – Montan-Rdsch., 8, Sdh. Tunnel- u. Stollenbau, 121–128, Wien 1960.
- SUNDIN, N. O.: A preliminary geophysical investigation of the Wöllabach-Tunnel in Austria. – Div. of Mining & Rock Excavation. Univ. Lulea, 1981.
- & LINDQVIST, P. A.: Prediction of Tunnel Boring Machine Performance by indentation tests of the Wöllabach Tunnel in Austria. – Dpt. of Mining & Underground Construction, Univ. Lulea, 1982.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, Band 1: Die Zentralalpen, 766 S., F. Deuticke, Wien 1977.
- WEISS, E. H.: Die Kraftwerksgruppe Fragant: Geologische Übersicht. – Österr. Zeitschr. f. Elektrizitätswirtschaft 22/10, 464–472, Wien 1969.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 17. März 1987.

Legende zu Taf. 1 und zu Abb. 2:

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Regionale Störung mit tonigem Mylonit       |
| 2 | } Eklogitamphibolitführende Paragneisserie: |
| 3 |   |
| 4 | Granatglimmerschiefer, staurolithführend    |
| 5 | Ortho- und Pegmatitgneise                   |
| 6 | Amphiboliteinschaltungen                    |
| 6 | Kalkmarmor                                  |

### Gefügediagramme

- |   |  |
|---|--|
| 7 | Lineare Elemente (Dreiecke); Kluffflächen (Punkte) $n$ = Anzahl der Messungen (Kluffflächen) |
| 8 | s-Flächenmaximum (schattiert, gestreift, dunkel)   |
| 9 | Verlauf der Stollenachse   |

### Bautechnische Daten

- |    |   |
|----|---|
| WP | Wendepunkt  |
| GP | Gabelpunkt → Klenbachbeileitung                     |
| SS | Kreuzungspunkt → Gronbachbeileitung (Schrägschacht) |
| V  | Vermessungsfehler                                   |

DP 1	Durchschlagpunkt Klenbachbeileitung
DP 2	Durchschlagpunkt Wöllabachbeileitung
EP	Endpunkt

### Petrographie

PGN	Zweiglimmerplagioklasgneis (Paragneis)
pGN	Perlgneis
kGN	massig-kleinkörniger Gneis (Paragneis)
IGN	Gneis mit leukokraten Lagen
BGN	Biotitreicher Gneis
OGN	Mikroklinaugengneis
PHYO	Dunkle quarzreiche Gneisphyllonite
DPT	Diaphthoritischer Glimmerschiefer; Bleichungszone
APH	Amphibolit, massig-kleinkörnig
bAPH	Amphibolit, feingebändert
MA	Kalkmarmor
GLSF	Granatführender Glimmerschiefer

### Probeentnahme

10	Zahlreiche Proben
11	Einzelne Proben

### Lagerungsgefüge

	$\wedge$ 85–90°, $\wedge$ 61–84°, $\wedge$ 31–60°, $\wedge$ 5–30°
12	Großräumig beobachtetes Südfallen

### Gebirgszerlegung

st = stark; m = mittel; g = gering

### Gebirgsentspannung

13	{ Starke sekundäre Entspannungserscheinungen zur Zeit der geologischen Aufnahme sichtbar (vereinfacht und zusammengefaßt).
14	
15	Nicht detailliert beurteilt

### Bergwasserverteilung

16	Trockener Bereich
17	Bergfeuchte Abschnitte (vereinfacht und zusammengefaßt)
18	Stark bergfeuchter Bereich mit zahlreichen Quellaustritten
19	Eisenausfällung beobachtet

### Sicherungsmaßnahmen

<u>A</u>	= Sicherung durch Anker
20	einzelne Anker sofort notwendig
21	zahlreiche Anker sofort notwendig
22	Sicherung des rechten Kämpfers über größere Bereiche sofort notwendig
23	Systematisch versetzte Anker i. A. sofort versetzt
24	zahlreiche Anker im Bereich von Kreuzungspunkten (GP, SS)
<u>Ri/B</u>	= Ringe, Baustahlgitter/Bögen sofort notwendig
25	zahlreiche Ringe $\pm$ Baustahlgitter; Sohle betoniert, am Nordportal mit Wassergraben
26	Bögen
<u>Ro/NE</u>	= Großräumige Nachsicherung empfohlen

- 27 Gepanzerte Druckrohrleitung  
28 Nachsicherung an Kreuzungspunkten  
29 Nachsicherung am rechten Kämpfer sowie im Bereich linker Ulm-Sohle  
30 nicht beurteilt  
TK/N<sub>M</sub> = Spritzbeton  
31 Sofort eingebracht  
32 Nachträglich i. A. eingebracht } bereichsweise  
33 Mindestmaß der empfohlenen Nachsicherung } zusammengefaßt

### Überprofil

- 34 Normalprofil (10 m<sup>2</sup>)  
35 Profil etwa 15 m<sup>2</sup>  
36 Profil etwa 25 m<sup>2</sup>

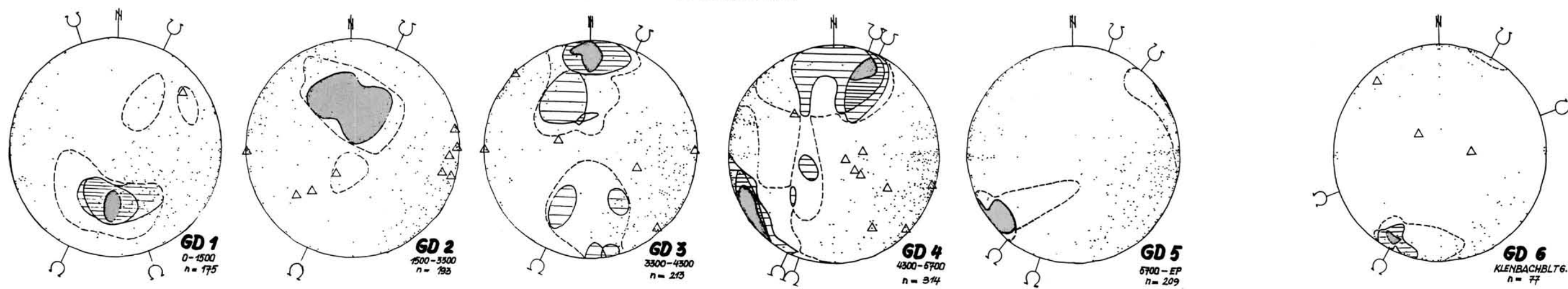
### Vortrieb

- 37 Konventioneller Vortrieb mit Richtungsangabe  
38 Maschineller Vortrieb nach Süden  
39 Bereich des Rückzuges der Maschine  
40 Schrägschacht 25°

# FRÄSSTOLLEN WÖLLABACHBEILEITUNG

STOLLENBAND

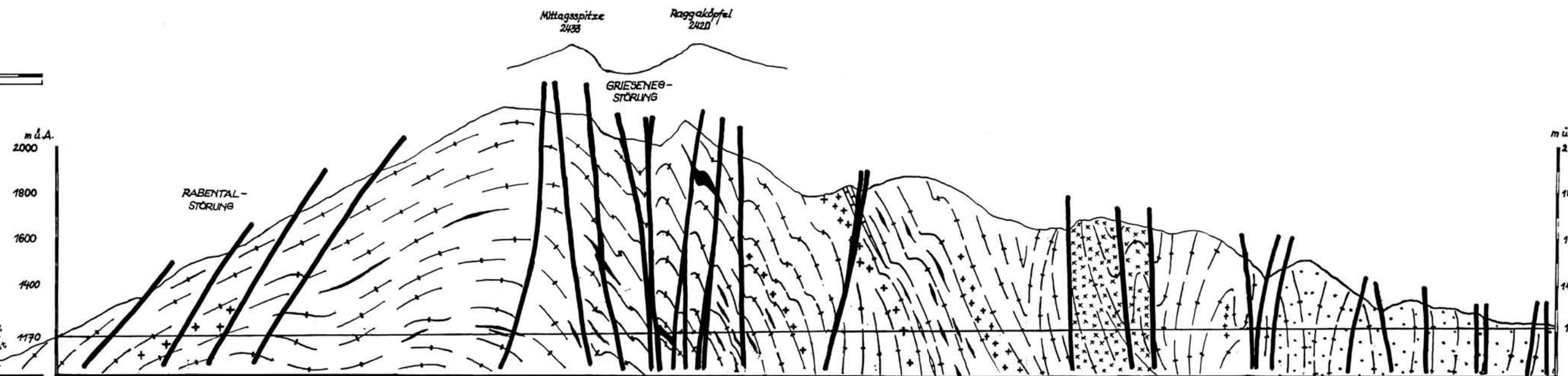
Abtrennung von Gefügebereichen



LEGENDE:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- GEFÜGEDIAGRAMME
- 7
- 8
- 9
- PROBENAHME
- 10
- 11
- LAGERUNGSEPFÜGE
- 12
- 13
- 14
- 15
- BERGWASSERVERTEILUNG
- 16
- 17
- 18
- 19
- SICHERUNGSMASSNAHMEN
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- ÜBERPROFIL
- 34
- 35
- 36
- VORTRIEB
- 37
- 38
- 39
- 40

NORDEN  
500 m



KLENBACHBEILEITUNG

ÜBERLAGERUNG (m)	0	350	600	800	1000	850	900	680	680	460	460	220	70	60	0	
BAUSTATIONIERUNG			1000		2000		3000		4000		5000		6000		6770	
BAUTECHNISCHE DATEN	NNW	SSE WP1 NNE		Y						SSW GP WP2 N			SS	S WP3 ENE DP2 WSW EP	GP NNE WSW DP1	
PETROGRAPHIE	PGN, pGN, kGN, lGN, BGN, OGN, PHYO					PGS, lGN, OGN, BGN, PHYO, DPT; APH, bAPH, MA					GLSP, DPT					
PROBENAHME	[Detailed sampling locations and depths]															
LAGERUNGSEPFÜGE	[Detailed bedding and joint patterns]															
GEWÄSSERLEITUNG	[Detailed water flow patterns]															
GEWÄSSERSTÄUUNG	[Detailed water storage patterns]															
BERGWASSERVERTEILUNG	[Detailed groundwater distribution patterns]															
GEWÄSSERHOMOGENBEREICHE	A	245	B		2750	C	3750	D		4750	E	5620	F	6600	G	
GEWÄSSERKLASSIFIZIERUNG	[Detailed groundwater classification patterns]															
SICHERUNGSMASSNAHMEN	[Detailed safety measures patterns]															
ÜBERPROFIL	[Detailed over-profile patterns]															
VORTRIEB	[Detailed driving patterns]															

400	0
K 5254	~ K 5850
GP NNE WSW DP1	
GLSP, DPT, lGN, kGN, pGN	
[Detailed geological profile patterns]	

Tafel 1

Erläuterung im Text I