

Zur Baugeologie des Kalcherkogeltunnels
(Pack, Steiermark/Kärnten)

von

Franz J. BROSCH

11 Abb. und Beil 4

Anschrift des Verfassers:
Dr. Franz Josef Brosch
Institut für Technische Geologie, Mineralogie und Petrographie
Rechbauerstraße 12
A-8010 Graz

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	28	S. 177–200	Wien, Mai 1982
---------------------------------------	----	------------	----------------

Inhalt

Zusammenfassung	178
1. Einleitung	178
1.1. Allgemeine Daten	178
1.2. Die geologische Dokumentation	179
1.3. Regionalgeologischer Rahmen	179
2. Geologische Verhältnisse unter Tage	179
2.1. Gesteinsbestand und Lagerung	179
2.2. Trennflächengefüge	180
2.3. Bergwässer	184
3. Ausbruchverhalten des Gebirges	184
3.1. Bewertung der Gebirgsverhältnisse	184
3.2. Gebirgsverhalten nach dem Ausbruch	193
4. Schluß	196

Zusammenfassung

Das ca. 2 km lange Tunnelbauwerk Kalcherkogel verbindet die Länder Steiermark und Kärnten im Zuge der Koralmquerung durch die Südautobahn. Im folgenden werden die durchörterten Gesteine (hauptsächlich verschiedene Glimmerschiefer, Pegmatoid- und Kalksilikatgesteine) kurz beschrieben und hinsichtlich ihres geotechnischen Verhaltens in vier technische Gebirgsfaziestypen gegliedert. Diese Typen sind aus Daten über die Gesteins-/Gebirgsbeschaffenheit, den Lösungs- und Bearbeitungsaufwand und dem Standverhalten zusammengestellt. Angaben über die Bergwasserführung und das Langzeitgebirgsverhalten nach dem Ausbruch vervollständigen den Bericht.

1. Einleitung

1.1. Allgemeine Daten

Der Kalcherkogeltunnel liegt in der Scheitelstrecke der Südautobahn (A-2) im Zuge der Koralmquerung zwischen Steiermark und Kärnten nahe der Ortschaft Pack. Er wird in zwei Röhren mit 1943 m bzw. 1921 m bergmännischer Ausbruchslänge mit einer durchgehenden Steigung von 1,5 % (Portalhöhe im E 1025 m ü. d. M., im W 1055 m ü. d. M.) geführt. Im Grundriß verlaufen beide Röhren etwa parallel mit zwei schlanken Klothoiden in W-E Richtung. (Vier begehbare und ein befahrbarer Querschlag verbinden die Röhren). Der Bereich größter Überlagerung wird etwa in Tunnelmitte mit 205 m erreicht. Die Verkehrsübergabe ist für 1982 geplant.

Der bergmännische Vortrieb wurde am 1. 12. 1978 am Ostportal der Nordröhre (steigende Richtungsfahrbahn) begonnen; am Ostportal der Südröhre erfolgte der Anschlag am 1. 1. 1979. Der Vortrieb von den Westportalen wurde am 1. 7. 1979 (Nord) und am 1. 12. 1979 aufgenommen, die Durchschläge gelangen am 29. 3. 1980 bei Stat. 1322,5 in der Nordröhre und am 31. 7. 1980 bei Station 1294 der Südröhre.

Der theoretische Ausbruchquerschnitt von ca. 70 m² (\pm je nach Gebirgsgüteklasse) wurde in eine Kalotte von ca. 45 m² (35 m² beim Vortrieb von Westen) und in eine abschnittsweise nachgezogene Strosse unterteilt. Beide Röhren wurden konventionell und möglichst gebirgschonend mit Anpassung des Einbruchs und der Vorgabe (Abschlagstiefe) an die Gebirgsverhältnisse ausgebrochen. In Strecken mit GGK1 (Gebirgsgüteklasse) V sorgten unverritzte Kerne oder Haufwerk für die Abstützung der Brust, der Vortrieb erfolgte im Schutze der Vorpädung durch Schrämen (z. T. in Ulm- und

Firstschlitzen) und, wo nötig, durch vorsichtiges Aufschießen.

1.2. Die geologische Dokumentation

Die kontinuierliche geologische Betreuung der Baustelle begann Anfang Jänner 1979 und endete – unterbrochen nur durch die Abgangstage – im Oktober 1980. Dabei wurden über 1000 Ortsbrustaufnahmen 1:50 mit Datenblättern und Skizzen und vierzig Stollenbänder 1:200 mit allen geologisch faßbaren Daten angefertigt. Diese Feldaufnahmen und ein Abschlußbericht mit Fotodokumentation und Längenschnitten 1:2500, bzw. 1:1000 liegen dem Auftraggeber (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion FA II c) vor.

Als Unterlagen standen ein baugeologisches Amtsvorgutachten mit Längenschnitt, zahlreichen Gesteins- und Gebirgskennwerten sowie Bohrprofilen zur Verfügung.

Während der laufenden Dokumentation und Auswertung rundeten eigene Obertagsbegehungen zum Zwecke einer besseren Vortriebsprognose die aus den kleinmaßstäblichen geologischen Karten nicht entnehmbaren baugeologischen Erkenntnisse ab.

Die hier gebrauchte Stationierung entspricht, dem Bauablauf folgend, den Baustationen ab den Ostportalen.

1.3. Regionalgeologischer Rahmen

Der morphologisch etwa N-S verlaufende, im Jungtertiär kräftig herausgehobene Koralmblock wird im Westen durch die Lavanttaler Störungszone begrenzt und taucht im E unter tertiäre Beckensedimente ab. Im N ist das Kristallin der Koralm auf die Serien der Stub-Gleinalm aufgeschoben, im S (Staatsgrenze) wird es teilweise von einem Kranz paläozoischer Deckschollen überlagert. Der lithologische Aufbau vom Liegenden ins Hangende ist grob durch eine Abfolge von:

Granitgneisen,
„Plattengneis“,
Disthenflaser-Augengneisen („Hirschegger-“, bzw.
„Schwanberggneis“),
Gneis-Glimmerschiefern (mit Pegmatoiden, Kalksilikatgesteinen, Marmoren etc.),
und schließlich Granatglimmerschiefern

gegeben.

In der Gegend um Pack lagern die Granatglimmerschiefer eingemuldet in weitspannige Verbiegungen der liegenden venoiden Gneis-Glimmerschiefer (P. BECK-MANAGETTA 1970 a, b, 1975; „Venitisch durchtränkte Granatglimmerschiefer“ bei O. HOMANN 1962). Dadurch sind die Granatglimmerschiefer in z. T. isolierten Vorkommen jeweils in den höheren Anteilen der Hügelrücken und Käme aufgeschlossen. Am Kalcherkogel (1244 m ü. d. M.) besteht der Gipfelbereich selbst und gegen Süden zunehmend auch die östliche und westliche Talflanke aus Granatglimmerschiefern, während sich nach Norden, Osten und Westen Gesteine der Gneis-Glimmerschiefergruppe ausbreiten.

2. Geologische Verhältnisse Unter Tage

2.1. Gesteinsbestand und Lagerung

Die im Tunnel durchörterten Gesteine gehören im Gros der Granatglimmerschiefergruppe an, deren steirischer Anteil von O. HOMANN (1962) bereits eingehend be-

schrieben wurde. Im Einzelnen handelt es sich dabei um dunkle, disthenführende Granat-Zweiglimmerschiefer (Glimmeverhältnis wechselnd, Granat in streifigen Anreicherungen) mit Quarzschnüren, leukokraten, sehr quarzreichen Bänken und selten auch Pegmatoidlinsen. Eingeschaltet finden sich Disthen-Granat-Biotitschiefer, Granat-Serizitschiefer, feinkörnige Granatamphibolitbänder, Zoisitamphibolitlinsen (grobkörnig) und Derbquarzstöcke. Diese Gesteinsgesellschaft hebt im westlichen Drittel des Tunnels gegen die Firste aus und darunter tauchen feinkörnige, dünnplattige, teilweise quarzitisches Glimmerschiefer mit Amphibolit- und Marmorbänken sowie spröden, tafelig spaltenden Glimmerquarziten (Gesamtmächtigkeit ca. 200 m) auf. Darunter folgen grob- bis riesenkörnige Pegmatoide (bei ausgeprägter Paralleltexur Pegmatoidgneise; Mächtigkeit ca. 80 m) mit Biotitschieferlinsen. Etwa ab Station 1800 bis zu den Westportalen verbleiben beide Röhren in äußerst zähen und harten Kalksilikatgneisen bis Silikatmarmoren (Calcit bis $> 50\%$, Klinozoisit – Epidot, ? Zoisit, Hornblende, grasgrüner Klinopyroxen; etwas Quarz, Plagioklas, Granat, Biotit; Mächtigkeit ca. 80 m).

Allen angefahrenen Gesteinen ist ein accessorischer Erzgehalt zu eigen, auf Trennflächen finden sich häufig bis mehrere mm starke Magnetkies- und Calcitkrusten. Gesteinsumwandlungen im Sinne chemisch-physikalischen Angriffs einzelner Mineralkomponenten äußern sich in „Verrostung“ der Kiese und Glimmer, kreibigem Umsatz der Feldspäte, sowie in Chloritisierung von Glimmer- und Granatmineralen. Aufblätterungen und Vergrusung bis zur „Gesteinsleiche“ sind in den oberflächennahen Bereichen der Portale häufig.

Dabei ist bemerkenswert, daß sich die intensivsten Verwitterungserscheinungen im Westteil des Tunnels nicht auf wenige Laufmeter an den Portalen beschränken, sondern nach Durchörterung der frischen Kalksilikatgesteine mit dem Erreichen der Pegmatoidlinsen und besonders der plattigen Glimmerschiefer verstärkt einsetzen.

Die beschriebene Gesteinsfolge weist eine flachwellige Verfaltung geringer Amplitude mit Scheitelabständen im 10 m- bis 100 m-Bereich auf, nur lokal konnten einzelne m-Falten beobachtet werden. Die Eintauchrichtung der Faltenachsen pendelt flach von S bis SW; untergeordnet kommen E-tauchende Achsen vor. Das Einfallen der Schieferung liegt bis etwa Station 1200 generell unter 30° gegen ESE bis WNW, von dort bis zum Westportal über 40° gegen SE, sodaß sich der Großbau des Kalcherkogels im E-W-Schnitt als flache Mulde (Synklinorium) mit steilem West- und sehr flachem Ostflügel darstellt.

2.2. Trennflächengefüge

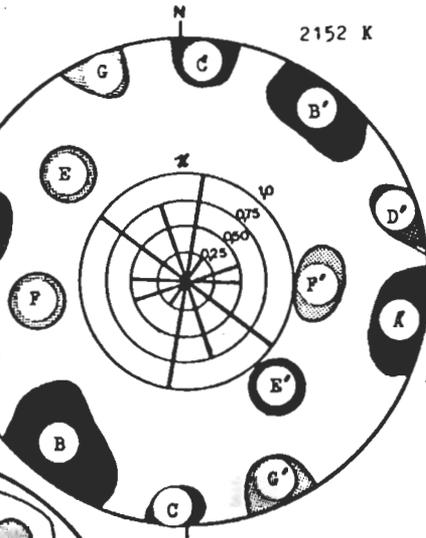
Bei den anfallenden Fragen hinsichtlich des Ausbruchsverhaltens und der Standsicherheit standen Orientierung und Ausbildung der Gesteinstrennflächen im Vordergrund.

Bei Betrachtung des Kluftinventars (Klüfte i. e. S. als Zugbrüche) zeigt sich über beide Röhren eine hochsymmetrische Orientierung der Kluftsysteme, wobei den Scharen mit den höchsten Kluftdichten (Saiger- bis Steilklüfte), auch die jeweils größeren linearen und flächigen Durchtrennungsgrade zukommen (Abb. 1). Die Stellungen der Hauptkluftscharen sind deutlich an die Symmetrie der Großfalten gebunden: Es dominieren a-c-Flächen (Familien B B', C C') und Flächen in b-c (Familien A', D D'). Die Familien G G' sowie die flacher einfallenden Scharen F F', E' E dürften Scherflächen (Schubbrüche) darstellen. Das relative Gewicht einzelner Kluftfamilien wechselt innerhalb des Gebirges, eine scharfe Grenzziehung zwischen solchen „Homogen-

Abb.: 1

Idealisiertes Pol-
diagramm der Kluffam-
ilien in Nord-
und Südröhre, Raster
nach relativer
Gewichtung,
X = Lin. Trennung.

Tunnelachse



786 Stü

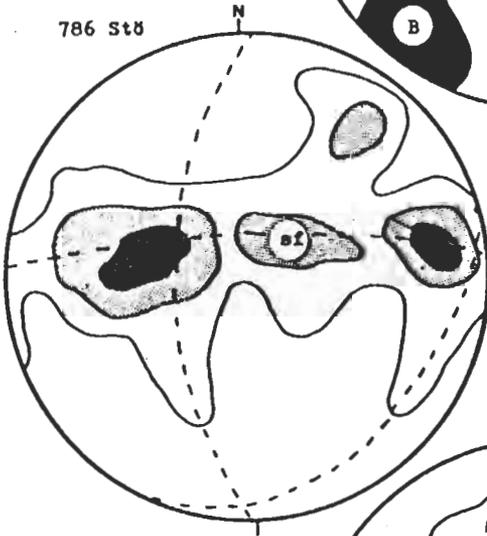


Abb.: 2

Polpunkte der Ver-
schiebungsbrüche

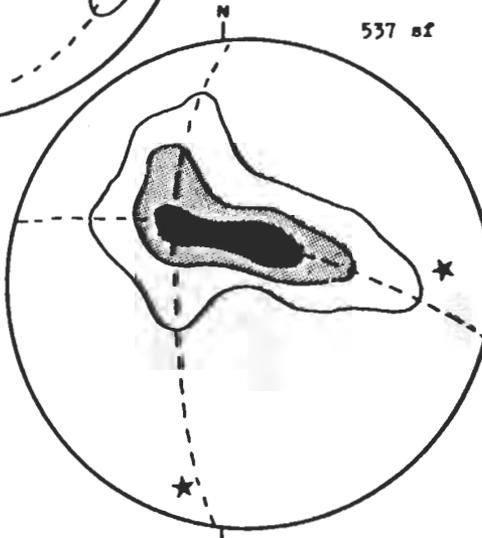
Konturen: 1-3- >5%

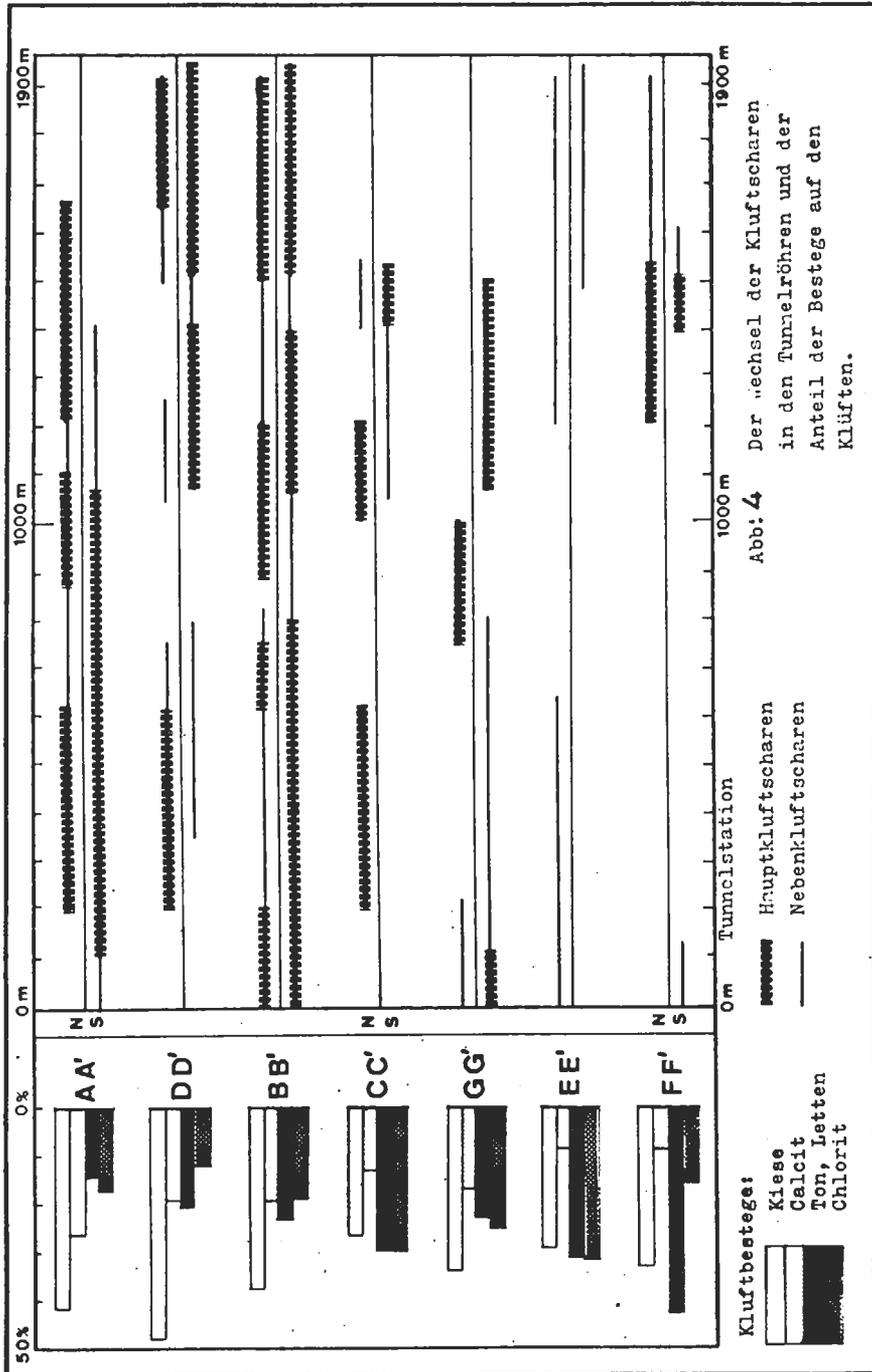
Abb.: 3

Polpunkte der
Schieferungs-
flächen

★ = B-Achsen-
maxima

Konturen: 1-3- >5%





bereichen“ war nicht möglich. Auffallend dabei ist, daß sich die Wechselhaftigkeit und die Bedeutung der Scharen über den Abstand der Röhren (40–70 m) kaum parallelisieren lassen (Abb. 4).

Aus den Klufftellungen ergab sich als Ideal- und auch Realkluftkörper stets ein spitz- bis stumpfwinkeliges Parallelepiped mit plattigem, quadrig-rhomboedrischem oder säuligem Habitus, je nach individueller Klüftigkeitsziffer und Wirksamkeit der Schieferung. Für die Profilgestaltung war ferner von Bedeutung, daß stets eine der i. a. weitständigen Hauptkluffscharen die Trassenachse in spitzem Winkel schneidet und somit unsaubere Profile (Trapez, Spitzbogen) mit Nischen, Erkern und keilförmigen Mehrausbrüchen hervorrief.

Neben der Orientierung sind die Klufffamilien auch über ihre Bestege teilweise charakterisierbar. Wasserempfindliche, tonig-letttige und chloritische Beläge dominieren in den Familien EE' FF' und CC' über Kiese und sehr wenig Calcit, ferner sind die Kluffgruppen GG' und BB', sowie AA' und DD' hinsichtlich ihrer Bestege etwa vergleichbar. Insgesamt zeigen besonders die perzentuellen Anteile von Chlorit und Calcit deutlich gegenläufiges Verhalten (Abb. 4).

Störungen (Verschiebungsbrüche) können zu drei Gruppen zusammengefaßt werden (vgl. Abb. 2).

- Mylonitarme oder polierte Verschiebungsflächen, die nach Orientierung und Lage in den Faltenscheiteln unschwer als hOl- und hKO-Scherflächen erkennbar sind. Ihr Verhalten und Einfluß beim Ausbruch ist dem der Klüfte gleichzusetzen, lediglich ungünstige Verschnitte mit der Laibung führten in seltenen Fällen zum Ausgleiten kleinerer Kluffkörpergruppen.
- Die zweite Gruppe von Verschiebungsbrüchen ist parallel der Schieferung angelegt und führte in sonst unbedenklichen Gebirgsverhältnissen bei der vorherrschend flachen Lagerung zu unangenehmen Ablösungen und Lockerungen in der Firste und in den Kämpfern, sowie zu trapezförmigen Ausbruchprofilen mit ebener, gerader Firste großer Spannweite.
- Die wichtigste Gruppe von Störungen ist stets durch Mylonitbildungen von mehreren cm bis m gekennzeichnet und ist in drei definierten Scharen ausgebildet: eine Schar streicht etwa NNE und fällt mit 30° bis 60° nach ESE, eine weitere streicht NNW bis N und fällt steil (stets $> 60^\circ$) gegen W bis WSW. Beide Scharen bilden ein konjugiertes System von Abschiebungen und brachten, wo sie lokal massiert mit mehreren Metern Mylonit auftraten, dem Vortrieb große Schwierigkeiten. Eine dritte wichtige Störungsschar mit vorwiegend Blattverschiebungscharakter entspricht in der Orientierung der Kluffschar B': NW-Streichen und sehr steiles SW-Einfallen. Neben den Mylonitbahnen sind obige Störungsscharen auch stets von breiten Zonen der Gebirgsauflockerung und Zerrüttung begleitet, sodaß zu der leichten Aktivierbarkeit als Gleit- und Ablösungsflächen auch eine größere Kubaturen umfassende Entfestigung des Gebirges, besonders in der Hohlraumumgebung, trat.

Dank der strengen Regelung in den Orientierungen und des nur schwach bogigen Verlaufs konnten beim Vortrieb der Nordröhre erfaßte, konjugierte Störungsbündel für ihr Auftreten in der Südröhre mit großer Genauigkeit vorausgesagt werden (vgl. Abb. 5).

Die Schieferungsflächen an sich hatten nur beim Durchörteren der plattig-tafelig aufspaltenden Quarzite und Glimmerschiefer im W-Teil des Tunnels Auswirkungen auf die Profilgestaltung und Standsicherheit. (Schieferungsflächen siehe Abb. 3).

2.3. Bergwässer

Bei den zusitzenden Wässern handelte es sich um tropfende, rieselnde und nur selten stärker rinnende Kluftaustritte, die schon beim Ausbruch oder noch während der Sicherungsmaßnahmen ansprangen und schwächer werdend den Vortrieb begleiteten. Die Verteilung und Schüttung der Zutritte ließ keine Regelmäßigkeit erkennen; nach langdauernden Niederschlagsperioden wurde subjektiv ein etwas stärkerer Zudrang empfunden, die beobachtete Verzögerung betrug immer mehr als 12 Stunden. Der pH-Wert aller Austritte lag unter 7, die Temperatur um 10° C; der Anteil an aggressivem CO₂, sowie die Sulfid- und Sulfationengehalte erreichten nirgends bedenkliche Werte.

Die größeren Zutrittsstellen beim Vortrieb:

Stat.	Nordröhre	Südröhre	
	ca. 1/sec	Stat.	ca. 1/sec.
308 – 350	0,5	174 – 202	0,5
406 – 435	1,0	676 – 800	1,0
654 – 682	0,25	1080 – 1090	0,5
870	0,5	1455	0,25
930 – 950	0,5		
972 – 982	1,0		
1040 – 1080	1,0		
1280 – 1217	1,0		
1666	0,5		
1695 – 1706	5,5		
1780 – 1790	0,25		

Die in Anzahl und Schüttung wesentlich weniger bedeutenden Bergwasserzutritte in der Südröhre lassen sich offenbar mit der Vordränierung durch die im Ausbruch um ca. 200 m voreilende Nordröhre erklären. Alle genannten Zutritte bluteten bald weitgehend aus, sodaß die Schüttung aus beiden Röhren auf Dauer nur insgesamt ca. 5,0 l/sec. beträgt.

3. Ausbruchverhalten des Gebirges

3.1. Bewertung der Gebirgsverhältnisse

Neben und unabhängig von der Gebirgsgüteklassifikation wurde ein Schema zur Kennzeichnung des Gebirgszustandes erarbeitet und während des Vortriebes verfeinert. Es soll im folgenden kurz charakterisiert werden (Technische Gebirgsfaziestypen).

Gebirgsfaziestyp A:

Gestein mit gneisartigem Habitus, zäh und hart, grob geklüftet (KZ 1–3, \mathcal{H} 0,5–1) dickbankig bis massig, Kluftkörper stumpf rhomboedrisch-prismatisch; Gebirge gut verspannt, gering teilbeweglich. Keine oder unbedeutende gleit- und quellfreundige Bestege bzw. Zwischenmittel; Bohrzeiten bis 4 min/m, Kronenstandzeit bis weniger als 12 Laufmeter, hohe Gewinnungsfestigkeit (bis 4 kg Sprengstoff/m³, bis >80 Loch in der Kalotte, Vorgabe bis 4 m, erreichte Tiefe häufig darunter, Koromant-Einbruch). Haufwerk grob und scharfkantig, Profil oft asymmetrisch und gestuft, einzelne Kluftkörper gelockert; nach längerer Standzeit Neigung zu laibungsparalleler Abschalung, stellenweise Tropfwasser.

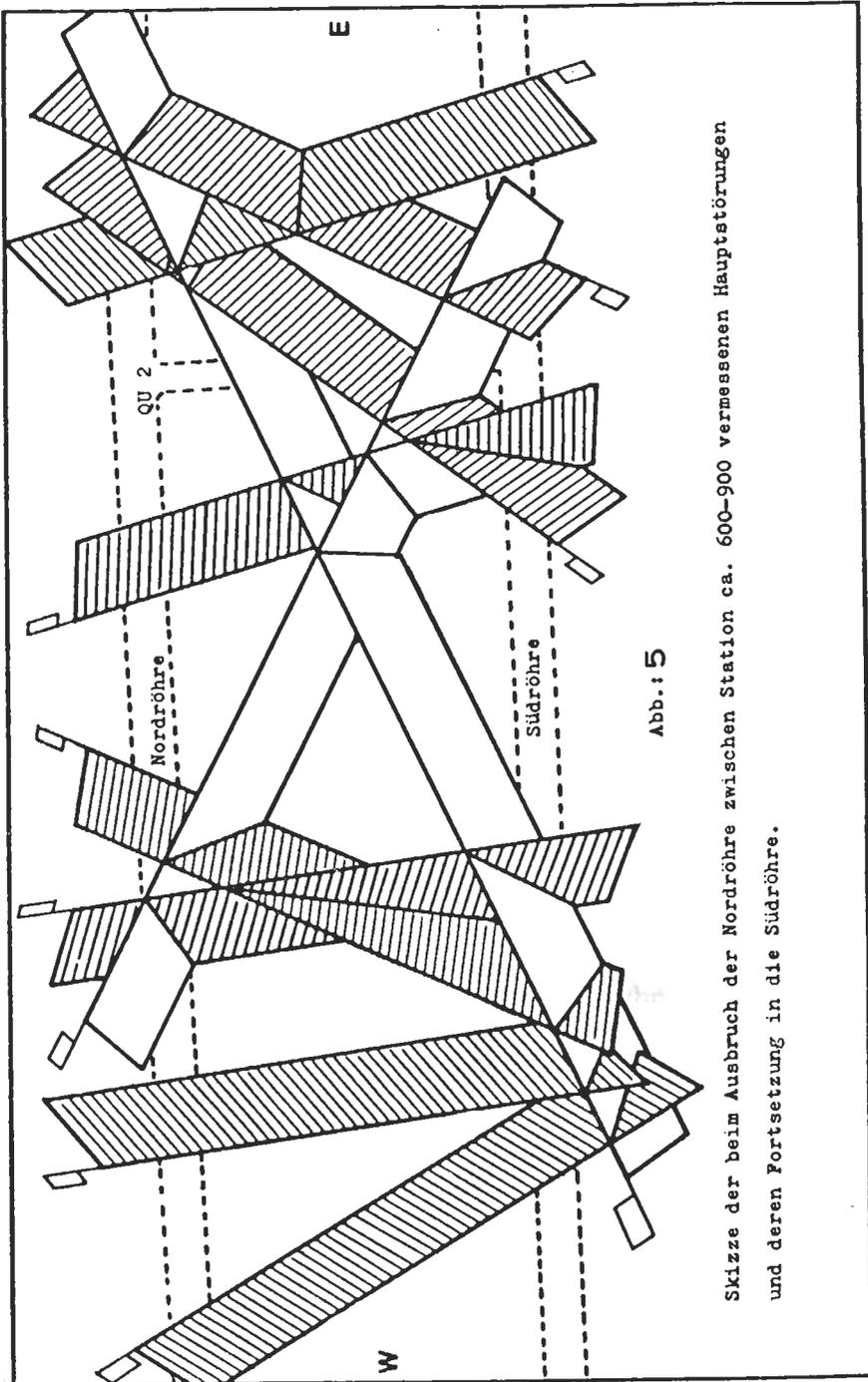


Abb. 15

Skizze der beim Ausbruch der Nordröhre zwischen Station ca. 600-900 vermessenen Hauptstörungen und deren Fortsetzung in die Südröhre.

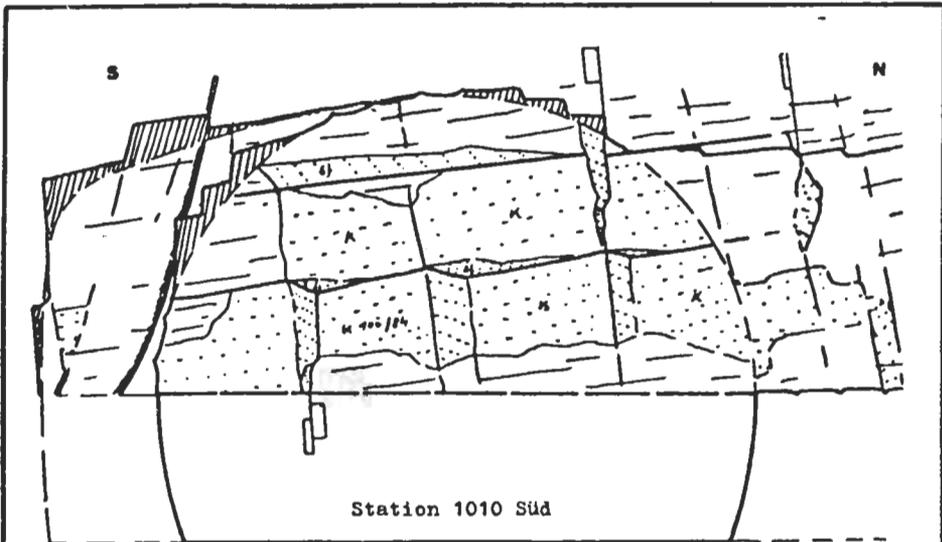
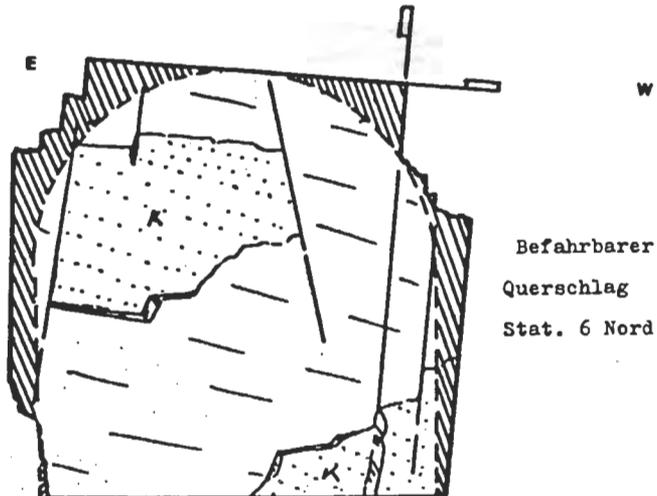


Abb: 6 Beispiele für Gebirgsfaziestyp A

Dickbankiges, grob geklüftetes Gebirge mit stufigem Ausbruchrand.



Die Tunnelstrecken des Gebirgsfaziestyps A sind in der

Nordröhre Station:	Südröhre Station:
80 – 140	120 – 190
720 – 750	220 – 260
880 – 1020	350 – 410
1050 – 1080	1010 – 1080
1220 – 1250	1430 – 1480
1750 – 1780	1490 – 1540
1810 – 1890	1820 – 1930

Beispiele für Brustbilder im Gebirge des Typs A gibt die Abb. 6 wieder.

Typ B:

Gestein engständig geklüftet (KZ 3– > 5, \mathcal{H} bis 1), schieferig-plattig aufspaltend; Klufkörper tafelig bis dickplattig; Trennflächen meist ohne nennenswerte wasserempfindliche Bestege, einzelne Verschiebungsbrüche mit Mylonit, Klüfte (auch Haarrisese) rostig, Schieferungsflächen teilweise mit serizitisch-chloritischen Filmen; im allgemeinen gut und genau profilierbar, gut lösbar, oft schwer besetzbar, Vorgabe < 3 m; geringe Auflockerungszonen am Ausbruchsrund, stellenweise unbedeutender Nachfall; häufig Firsttropf.

Gebirge des Typus B trat in folgenden Strecken auf:

Nordröhre		Südröhre
18 – 80	1250 – 1270	20 – 120
140 – 205	1310 – 1370	190 – 220
212 – 250	1430 – 1460	260 – 350
270 – 425	1480 – 1510	430 – 640
440 – 490	1540 – 1560	700 – 780
520 – 585	1570 – 1600	860 – 980
620 – 640	1730 – 1750	995 – 1010
670 – 720	1790 – 1810	1080 – 1180
760 – 780	1890 – 1918	1270 – 1430
820 – 880		1480 – 1490
1020 – 1050		1570 – 1610
1080 – 1190		1730 – 1810
		1930 – 1940

Ausgewählte Brustbilder dieses Gebirgsfaziestypus gibt die Abb. 7 wieder.

Typ C:

Kleinstückig brechendes, z. T. mürbes Gestein mit oft wirrer Kleinklüftung (KZ 5 – > 10, Bankungsfugen mit < 0,2 m Abstand), von Trennflächen ausgehende, qualitätsmindernde Gesteinsumsetzungen. Gebirge von Störungen mit Mylonit- und Zerrüttungsstreifen durchzogen, hoch teilbeweglich, schlecht verspannt, stärker wasserführend. Profil häufig unregelmäßig, Gewinnbarkeit z. T. schlecht (leicht zufallende Bohrlöcher mit Klemmneigung im Gestänge), schwierig besetzbar, Lösungsaufwand gering (Abschlagtiefen ca. 1,5 m, bis weniger als 1 min/m Bohrzeit, weniger als 70 Loch in der Kalotte, Keileinbruch). Haufwerk stückig bis grusig und rostbraun, Neigung zum Nachfall von Klufkörpergruppen und tiefgreifender Nachlockerung, z. T. nachbrüchig.

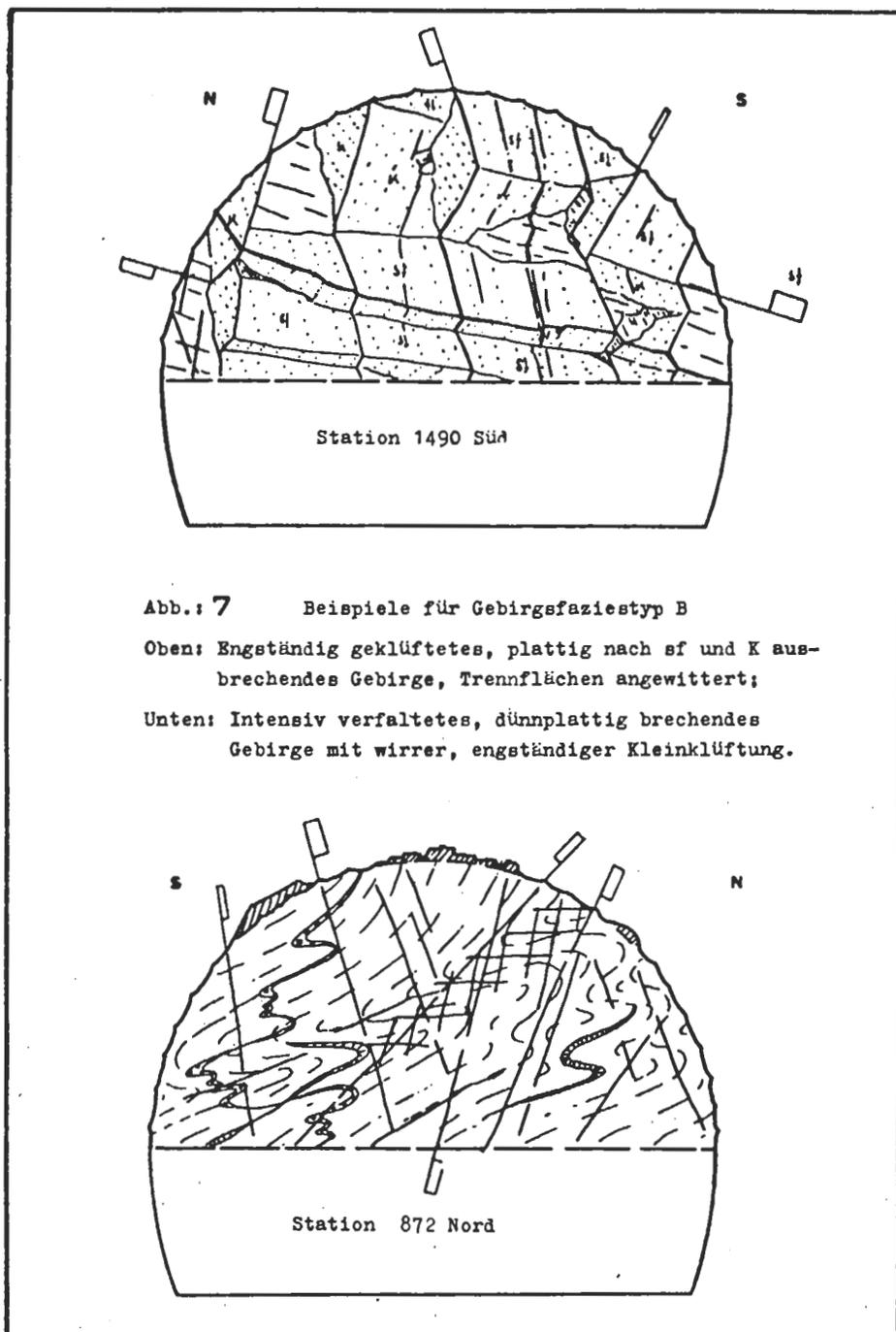


Abb.: 7

Beispiele für Gebirgsfaziestyp B

Oben: Engständig geklüftetes, plattig nach sf und K ausbrechendes Gebirge, Trennflächen angewittert;

Unten: Intensiv verfaltetes, dünnplattig brechendes Gebirge mit wirrer, engständiger Kleinklüftung.

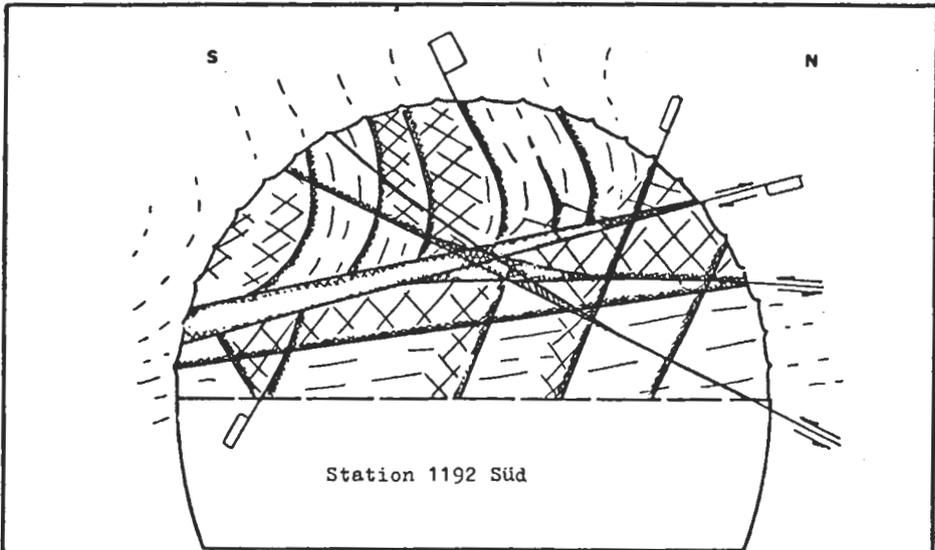
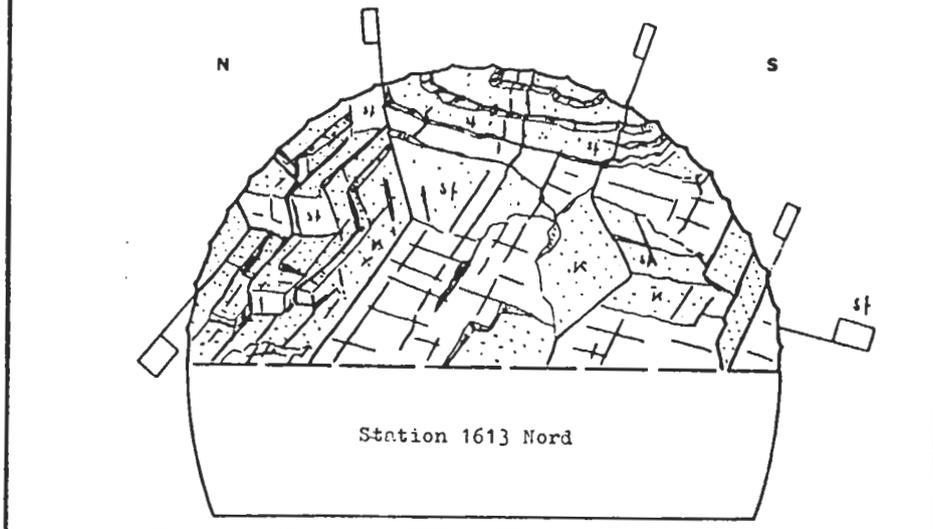


Abb.: 8 Beispiele für Gebirgsfaziestyp C

Oben: Von Störungen durchschlagenes, mürbes Gebirge im Bereich einer durchgescherten Großfalte;

Unten: Plattig bis blättrig brechendes, mürbes Gebirge mit starker "Verrostung", Laibung aufgelockert-nachbrüchig.



Gebirgsfaziestyp C trat in folgenden Tunnelabschnitten auf (vgl. Abb. 8):

Nordröhre		Südröhre
0 – 18	1270 – 1310	0 – 20
205 – 212	1370 – 1430	410 – 430
250 – 270	1460 – 1480	640 – 650
425 – 440	1510 – 1540	680 – 700
490 – 520	1560 – 1570	780 – 805
585 – 620	1600 – 1730	815 – 830
640 – 660	1780 – 1790	840 – 860
750 – 760	1918 – 1921	980 – 995
780 – 820		1180 – 1270
1190 – 1220		1540 – 1570
		1610 – 1730
		1810 – 1820
		1940 – 1943

Typ D:

Verknetetes, gegenüber dem Ausgangszustand kräftig chemisch-physikalisch umgewandeltes Gestein, mit Ausnahme weniger Bänke oder Quetschlinge mylonitisches Gebirge, z. T. drückend, i. a. geringes Tropfwasser; Vortrieb und Profilierung durch Schrämen, Brust durch Stützkern zu sichern, hoher Stützmittelaufwand, Haufwerk grusig bis lettig-bindig, einzelne größere Stücke mylonitisch überkleistert; Schutterarbeiten sehr erschwert.

Zum Typ D gehören folgende Tunnelstrecken (Abb. 9):

Nordröhre	Südröhre
620 – 640	650 – 680
760 – 780	805 – 815
820 – 830	830 – 840

Das Trennflächengefüge zeigt deutliche Beziehungen zu den Gebirgsfaziestypen. Zum einen sind die Typen durch den zunehmenden Einfluß von Störungen definiert, zum anderen lassen auch die gemeinen Klüfte eine schwache Regel hinsichtlich ihres Gewichtes in den Gebirgstypen erkennen. Zwar dominieren stets die Klüfte der Familien AA' und BB' doch steigt die Bedeutung der Familien DD', EE' und FF' (mit dem hohen Anteil gleitfreudiger Bestege) von Gebirgsfaziestyp A bis C um mehr als 10 %. Die Abb. 10 stellt diese Beziehung, getrennt nach Haupt- und Nebenkluftscharen, graphisch dar. Selbstverständlich drückten sich die Gebirgsfaziestypen nach den genannten Kriterien auch in den Vortriebsleistungen aus: diese schwankten von ca. 12 m bis weniger als 2 m pro Tag, wobei aber der Typus A wegen seiner Verspannung und geringen Zerlegung nicht immer die größten Vortriebsleistungen ermöglichte. In allen Gebirgsfaziestypen (mit Ausnahme von D) erwies sich die Zerlegungsbereitschaft und Lösungsfähigkeit des Gebirges für Halbsekundenzündung (Stufen 0–10) als ausreichend.

Der in der Projektausschreibung verwendeten Gebirgsklassifikation lagen die geologischen Kriterien der sechsstufigen Klassifizierung nach PACHER-RABCEWICZ bzw. SNV 56 1198 zugrunde, welche durch Anweisungen über Vortriebs- und Stützmaßnahmen ergänzt wurden. In der Baudurchführung wurden darüber hinaus Arbeitser-

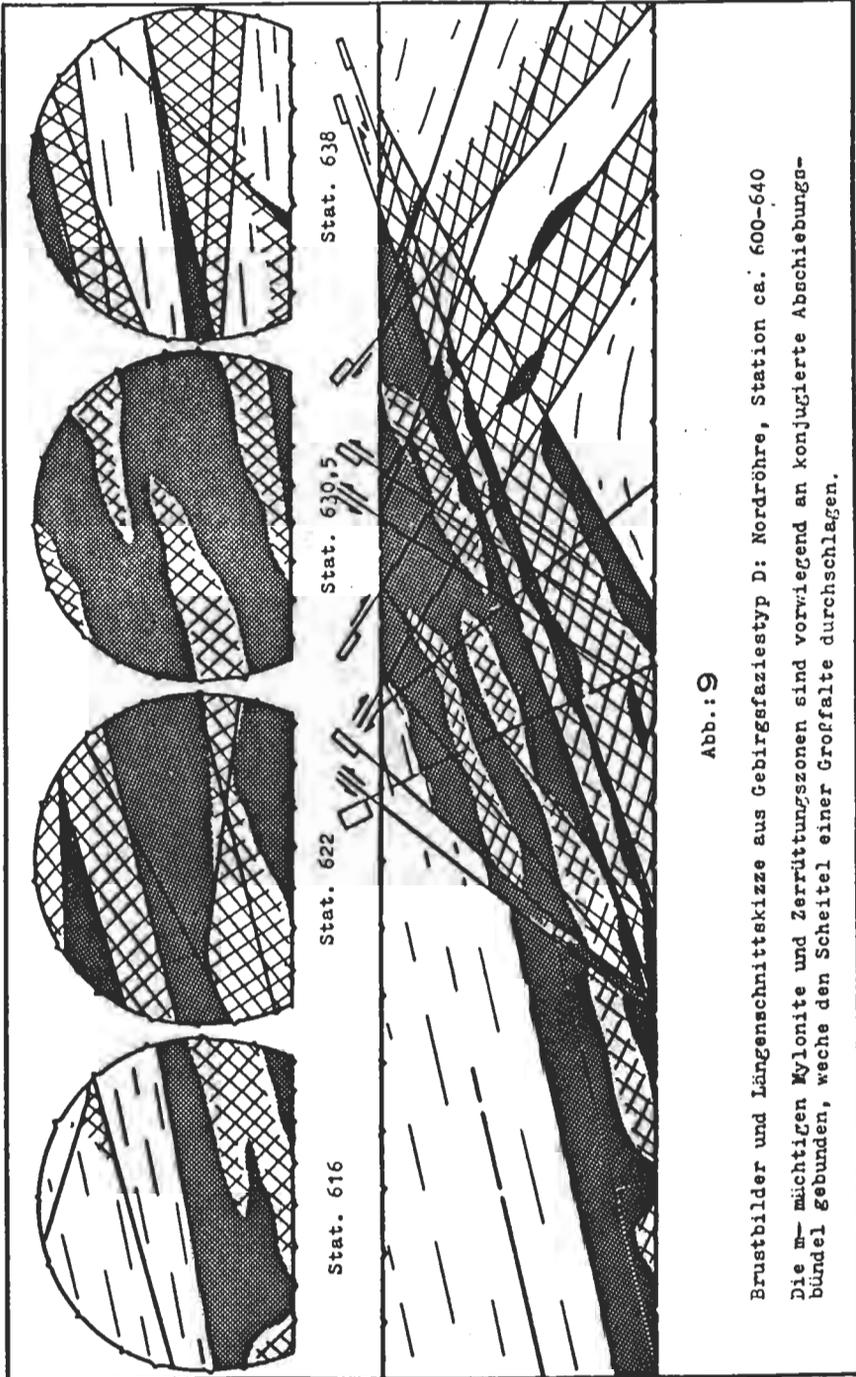
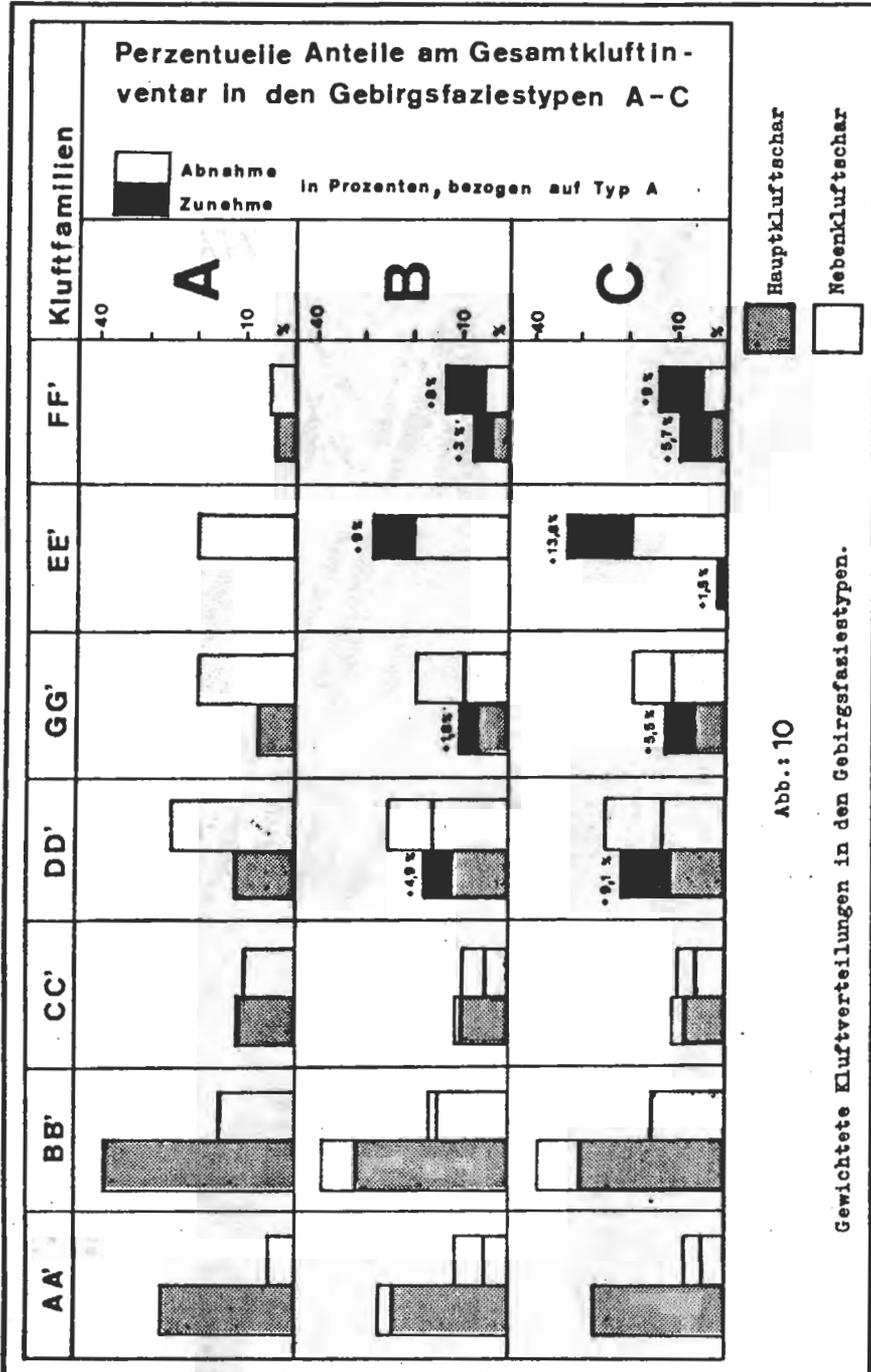


Abb.: 9

Brustbilder und Längenschnittskizze aus Gebirgsfaziestyp D: Nordröhre, Station ca. 600-640
Die mächtigen Mylonite und Zerrüttungszonen sind vorwiegend an konjugierte Abschiebungsbündel gebunden, welche den Scheitel einer Großfalte durchschlagen.



schwernis, Verzögerung, Profilgestaltung und der Aufwand an Stützmitteln verstärkt für die Klassifizierung herangezogen.

Die Festlegung der GGKl erfolgte einvernehmlich und gemeinsam von AG und AN im Beisein des Geologen meist vor Ort. Bei der Beurteilung des Gebirges wurden die Verhältnisse im Kämpfer- und Firstbereich genau überprüft und waren für die Ermittlung der GGKl und des Gebirgsfaziestyps ausschlaggebend, wobei die „guten“ Klassen (I, II, Typ A) besonderes Augenmerk des Geologen erfordern, da diese Gebirgsstrecken über lange Zeit ohne Versiegelung und Stützung bestehen bleiben und gerade hier ein späteres Ausbrechen oder Ausgleiten großer Klufftkörperverbände (wie z. B. am benachbarten Mitterbergtunnel) möglich ist. Deshalb wurden in den Tunnelstrecken der Gebirgsfaziestypen A, B die Trennflächen hohen Durchtrennungsgrades (Großklüfte, Verschiebungsbrüche) stets graphisch mit Hilfe der Reibungskegelmethode auf ihre Aktivierbarkeit durch das (angenommene) idealisierte Spannungsfeld in der Umgebung des Hohlraumes untersucht.

Der Anteil der GGKl bzw. der technischen Gebirgsfazies geht aus folgender Gegenüberstellung hervor:

Nordröhre:				Südröhre:			
GGKl	%	Geb. Fazies	%	GGKl	%	Geb. Fazies	%
I	19,1	A	20,3	I	16,7	A	19,5
II	41,2	B	55,2	II	39,5	B	54,6
III	6,0	C	21,9	III	15,4	C	23,1
IV	29,8	D	2,6	IV	25,0	D	2,8
V	3,8			V	3,4		

3.2. Verhalten des Gebirges nach dem Ausbruch

Hier soll nur auf sichtbare, manifeste Veränderungen in der Hohlraumlaibung eingegangen werden.

Nordröhre

Lokale Nachlockerungen von Klufftkörpergruppen und Abplatzung der Torkretschale

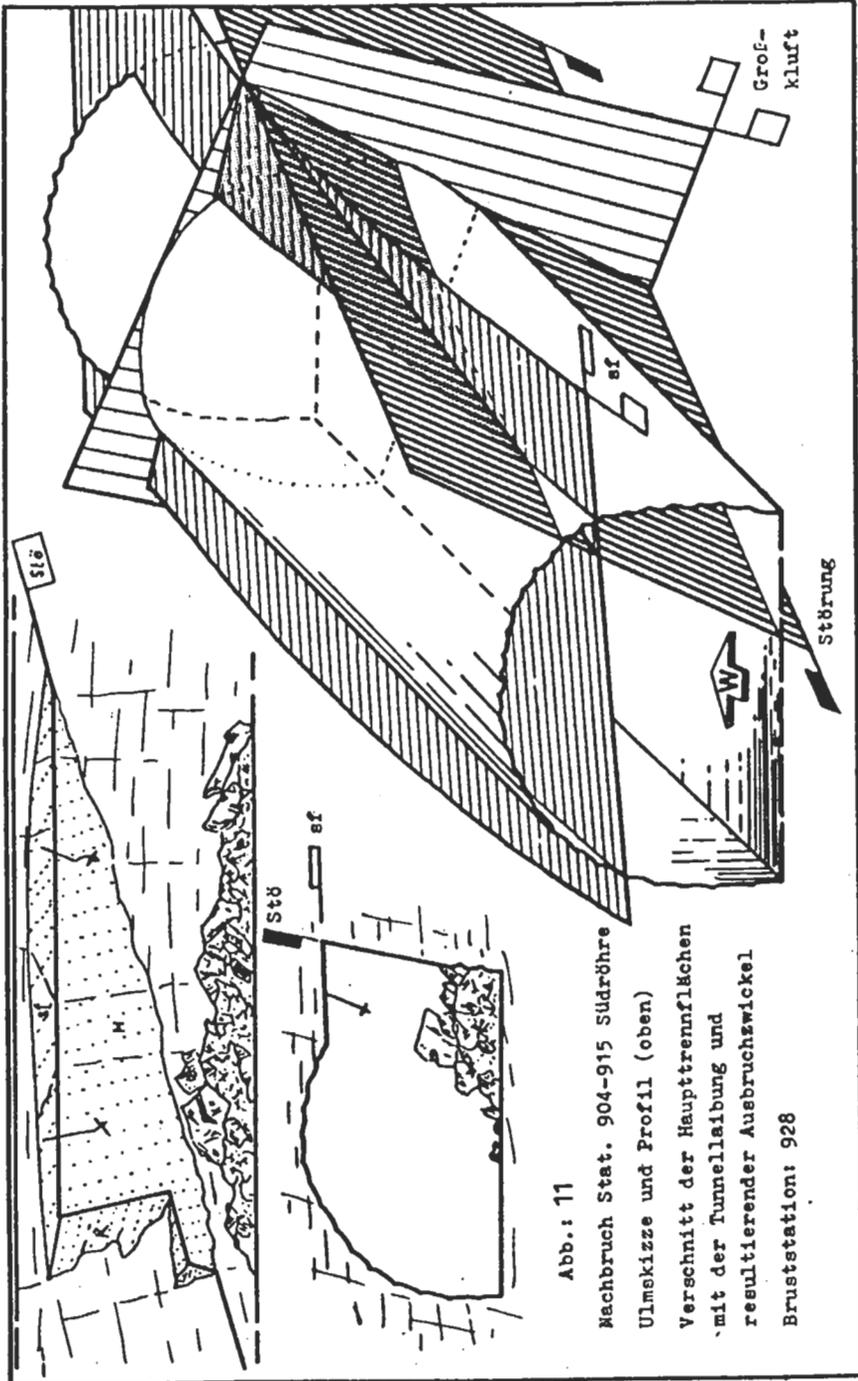
Station:

140	790 – 800
167	843
279 – 290	870 – 880
335 – 360	900 – 938
376	940
382	970 – 980
398	1080
464	1100 – 1120
480 – 490	1280 – 1290
520 – 530	1330
600 – 610	1360
630 – 650	1440
670	1500
690	1760
710 – 720	1840 – 1860

Deformation der Stützmittel und Scherrisse in der Torkretschale

Station:

460
610 – 630
760 – 770
820



Ablösungen von Gesteinspartien aus der Laibung nach Sicherung und Stützung:

- Station 90: 4 m³ aus der Firste, 4 m hinter der Brust,
 Station 206: 5 m³ aus der Firste nach der Ankerung,
 Station 1100: ca. 1 m³ aus Störungszwickel am Nordulm, 5 Monate nach Ausbruch,
 Station 1255: 1,5 m³ aus Störungszwickel in der Firste, 4 Monate nach Ausbruch.

Die auffälligsten Deformationen traten bei Stat. 608–640 und 760–810 auf. In den genannten Bereichen konnten schon während des Vortriebes Scherrisse und Ablösungen beobachtet werden.

Nach ein bis zwei Tagen bogen sich die Ankerplatten auf, manche wurden durchgestanzt und die Torkretschale löste sich großflächig ab. Scherrisse auf halber Ulmenhöhe und am Übergang Ulme-Sohle zeigten cm-große Überschiebungen der Bruchränder (Taf. 1, Fig. 1). Da die laufenden Deformationsmessungen keine Beruhigung anzeigten und der Zustand auch für den späteren Strossennachriß bedenklich erschien, entschloß man sich zum Einbau zusätzlicher Stützmittel, und zwar SN-Anker von 6 und 8 m Länge. Obwohl die vorgeschlagene Systemankerung nur teilweise ausgeführt werden konnte, wurde ein dauernder Gleichgewichtszustand erreicht.

Südröhre

Lokale Nachlockerungen und Abplatzungen der Torkretschale		Deformation der Stützmittel/Scherrisse
Station:		Station:
60	850	569
104	890	655
117	900 – 910	675 – 680
130	970 – 995	790 – 840
150 – 155	1010 – 1015	870
320	1110	995 – 1010
410	1160	1080
422	1230 – 1260	
472	1288	
555	1458 – 1470	
640		

In der Südröhre lagen die Strecken stärkster Deformation bei Station 648 – 690 und 805 – 835. Im erstgenannten Bereich traten Einfaltungen der Tunnelbogen (IPB, dreiteilig) in der Firste, Ausknickungen der Firstdielen, Absprengen oder Durchstanzen der Ankerplatten, sowie ausgedehnte Torkretablösungen auf. Folgende zusätzliche Stützmittel brachten die Deformationen zum Abklingen: Station 648 – 656 SN-Anker (6 m) und Station 660 – 667, 5 SN-Anker (6 und 8 m), THÖ-Bogen.

Zu Ausbrüchen aus der Laibung kam es bei

- Station 71,5: ca. 7 m³ aus der Firste, drei m vor der Ortsbrust
 Station 904 – 915: mindestens 10 m³ aus dem Nordulm zwei Tage nach Öffnung des Hohlraumes.

Der Bereich 900 – 922 wurde schon bei der geologischen Aufnahme als gefährdet erkannt, der Nachbruch des durch eine Steilstörung begrenzten Zwickels ereignete sich jedoch noch bevor die geforderte nachträgliche Stützung eingebracht werden konnte (Abb. 11).

Querschläge

Am Querschlag 2 kam es gleichzeitig mit den Verformungen in der Südröhre zu großflächigen Torkretabschälungen und Stauchungen des Baustahlgitters, besonders an der Einmündung in die Südröhre. Auch die Querschläge 3 und 4 zeigten Torkretabplatzungen, die von der Sohle beginnend sich mit der Zeit über die Ulmen nach oben fortsetzten und im Kämpferbereich durch längslaufende Zugrisse begrenzt wurden. Im Querschlag 1 und im befahrbaren Querschlag traten nur lokal laibungsparallele Gesteinsabschalungen auf (Taf. 1, Fig. 2).

4. Schluß

Die Berechtigung einer kontinuierlichen baugelologischen Betreuung konnte durch kurzfristige Vortriebsprognosen und bautechnische Beratung mehrfach unterstrichen werden. Darüber hinaus ist die geologische Dokumentation eine wertvolle Hilfe für Projekte in ähnlichen Gebirgsverhältnissen, für eventuell notwendige spätere Sanierungen und kann zur Klärung strittiger finanzieller oder technischer Fragen beitragen.

Die umfangreichen Aufnahme- und Auswertungsarbeiten wurden durch das freundschaftliche Klima in der Zusammenarbeit mit den Organen der örtlichen Bauaufsicht und das Verständnis der Firmenbauleitung ganz wesentlich gefördert, wofür den betreffenden Herren gedankt sei. Besonders hervorzuheben ist die stete Unterstützung und das Interesse an den Belangen der baugelologischen Arbeit durch die Herren OBR Dipl.-Ing. Dr. W. Gobiet und Hofrat Dr. O. Homann.

Literatur

- BECK-MANAGETTA, P., 1970 a: Über den geologischen Aufbau der Koralpe. — Verh. geol. B.-A., 1970, H. 3, 491–496, Wien.
- 1970 b: Bericht 1969 über die Aufnahmen auf dem Blatt 188 (Wolfsberg) und 189 (Deutschlandsberg). — Verh. geol. B.-A., 1970, A 20–A 22, Wien.
- 1975: Der geologische Aufbau des steirischen Anteils der Koralpe. — Ber. Wasserwirtschaftl. Rahmenplanung 31, 8–41, Graz.
- HOMANN, O., 1962: Das kristalline Gebirge im Raume Pack-Ligist. — Mitt. Mus. Joann., Abt. Min. 21–62, Graz.

TAFEL 1

Fig. 1: Großer Scherriß am Übergang Sohle-Ulme bei Station 630 der Nordröhre.

Fig. 2: Hohraumparallele Gesteinsabschalungen in massigen, wenig geklüfteten Glimmerschiefern im befahrbaren Querschlag.

Tafel 1



