

**Baugeologische Beschreibung des Dalaaser Tunnels
der Arlberg Schnellstraße S 16 in Vorarlberg**

von

Josef KAISER

2 Abb., Beil. 4, 5, 6, 7

Anschrift des Verfassers:

Dr. Josef Kaiser

Arlberg Straßentunnel A. G.

A-6580 St. Anton

privat:

A-6752 Wald am Arlberg 71/a

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.	26	S. 107–116	Wien, Feb. 1980
---------------------------------------	----	------------	-----------------

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	108
2. Einleitung	108
3. Geologischer Überblick	109
4. Baugeologie des Dalaaser Tunnels	110
4.1 Gesteine	110
4.1.1 Muschelkalk (Stkm. 40.800–40.815)	110
4.1.2 Permoskyth Sandstein (Stkm. 40.815–40.865)	110
4.1.3 Muschelkalk (Stkm. 40.865–40.900)	110
4.1.4 Störungszone (Stkm. 40.900–40.970)	110
4.1.5 Arlbergkalk (Stkm. 40.970–41.250)	112
4.1.6 Verkarsteter Arlbergkalk mit mylonitisierten Störungszonen (Stkm. 41.250–41.390)	112
4.1.7 Tonschiefer der Partnach Schichten (Stkm. 41.390–41.900)	112
4.1.8 Murschutt und glaziale Ablagerungen (Stkm. 41.900–42.430)	112
4.2 Lagerung der Gesteine und Kluffgefüge	113
4.3 Bergwasserführung	113
4.4 Grad der Gesteinszerlegung und Gebirgseigenschaften	114
4.5 Gebirgsklassifikation	115
4.6 Galerie Ostportal	116
4.7 Galerie Westportal	116
5. Literaturverzeichnis	116

1. Zusammenfassung

Der 1630 m lange Dalaaser Tunnel ist vorläufig der zweitlängste Tunnel der Gesellschaftsstrecke der Arlberg Straßentunnel A. G. 9 km westlich des 13,972 km langen Arlberg Straßentunnels bildet er das Kernstück der Westrampe der Arlberg Schnellstraße S 16.

Im vorliegenden Aufsatz werden die angetroffenen baueologischen Verhältnisse des Dalaaser Tunnels beschrieben.

Der Tunnel unterfährt am nördlichen Alfenzufer die Ortschaft Dalaas in Ost-West Richtung.

2. Einleitung

Projektierung und geologische Vorarbeiten wurden von der Ingenieurgesellschaft Lässer-Feizmayr, Innsbruck, durchgeführt. Für das geologische Gutachten zeichnet M. KÖHLER verantwortlich. Im Auftrag der ASTAG hat der Verfasser die Trasse im Maßstab 1:10 000 geologisch kartiert. Ein geologisches Gutachten wurde nicht ausgearbeitet.

Die baueologische Betreuung während der Vortriebsarbeiten erfolgte gemeinsam mit Koll. F. KUNZ.

Die während des Vortriebes laufend aufgenommene Geologie wurde in Stollenbändern im Maßstab 1:200 festgehalten und der Bauherrschaft sowie den ausführenden Baufirmen weitergeleitet (Beil. 6)

Im geologischen Längenschnitt (Beil. 7) wurden die geologischen Ergebnisse der Tunnel- und Obertagskartierung zusammengefaßt. An dieser Stelle sei dem Vorstand der Arlberg Straßentunnel A. G., den Direktoren Baurat h. c. Dipl.-Ing. H. POSCH und

Dr. K. RAINER für das stets entgegengebrachte Wohlwollen für unsere Tätigkeit und für die Erlaubnis, diese Arbeit zu veröffentlichen, gedankt.

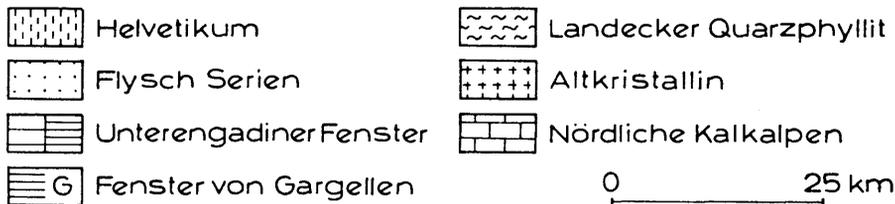
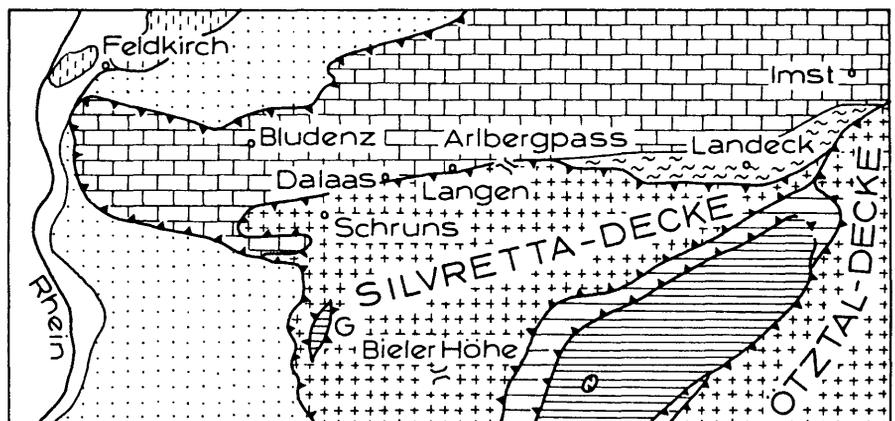
3. Geologischer Überblick

Der Dalaaser Tunnel befindet sich am Südrand der westlichen Nördlichen Kalkalpen, in den Klostertaler Alpen (Abb. 1).

Das Klostertal ist stellenweise die tektonische Grenze zwischen dem Silvretta-Kristallin im Süden und den Nördlichen Kalkalpen im Norden des Klostertales.

Südöstlich von Dalaas im Klemmtobel wurde allerdings zwischen den rötlich violetten und hellen bis weißlichen permoskythischen Sedimenten und dem Kristallin der Verwallgruppe in inverser Lagerung eine Wechselfolge von grauen bis schwarzen sandigen Tonschiefern, Sandsteinen und Konglomeraten beobachtet, die als Oberkarbon anzusprechen sein dürfte.

In den Sandsteinen finden sich auffällig viele grobschuppige Hellglimmer und in den Konglomeraten schlecht aufgearbeitete Feldspatknottengneise und dunkle Glimmerschiefer.



GEOLOGISCHE ÜBERSICHT ZW. DEN WESTL. NÖRDLICHEN KALKALPEN UND ALTKRISTALLIN

Abb: 1

Diese Beobachtungen sprechen dafür, daß hier ein kaum gestörter Transgressionskontakt zum Kristallin aufgeschlossen ist, und zumindest in diesem Raum eine großräumige Störungszone zwischen dem Altkristallin der Silvretta-Einheit und den Nördlichen Kalkalpen fehlen dürfte.

An den Störungszonen im Klostertal sind die Gesteine steilgestellt und fallen steil nach Süden ein. Sie sind größtenteils durch junge Talalluvionen verhüllt.

Die Gesteine der Nördlichen Kalkalpen, in denen der Dalaaser Tunnel aufgefahren wurde, sind durch weitläufige Faltenstrukturen mit Ost-West Achsen gekennzeichnet.

Diese Faltenstrukturen sind durch annähernd Ost-West verlaufende Störungsflächen und Störungszonen zerhackt.

Im Tunnel treten Permoskyth Sandstein, Muschelkalk, Partnach Tonschiefer und Arlbergkalk auf (Abb. 2 nach KÖHLER 1977).

Diese triadischen Gesteine sind von jungen glazialen Ablagerungen und Murschutt überdeckt.

An zwei Stellen wurden die einheitlich nach Süden fallenden Gesteine durch zwei mächtige ebenfalls südfallende Störungszonen zerlegt.

4. Baugeologie des Dalaaser Tunnels

4.1 Gesteine

Im folgenden werden die Gesteine vom Ostportal beginnend nach Westen beschrieben.

4.1.1 Muschelkalk (Stkm. 40.800–40.815)

Es sind dünnbankige, wellige, dunkle, sehr harte Kalke. Dünne bräunliche Mergelagen sind in den Schichtflächen immer vorhanden. Auf die Vortriebsarbeiten hat sich sehr unangenehm ausgewirkt, daß die wasserführende Grenze zwischen dem Bachgeschiebe und dem Muschelkalk z. T. im Tunnelniveau verlief.

4.1.2 Permoskyth Sandstein (Stkm. 40.815–40.865)

Die roten und weißen Sandsteine und Konglomerate sind in sehr stark gestörtem Zustand. Eine Schichtung konnte nicht mit Sicherheit erkannt werden. Sie sind bis in kleinste Klüftkörper zerlegt.

Die weißen Konglomerate fallen auch durch ihre Härte auf. Anstelle von Sandstein und Konglomerat kam oft Gesteinsgrus bzw. Sand in den Farben weiß, rot, braun und gelb zutage. Auch der Permoskyth Sandstein war von den Geschieben eines ehemaligen Baches überlagert.

4.1.3 Muschelkalk (Stkm. 40.865–40.900)

In diesem Bereich wurden dickbankige bis ungeschichtete, massige, dunkle, harte Kalke und Dolomite angetroffen. Sie sind stark zerklüftet.

4.1.4 Störungszone (Stkm. 40.900–40.970)

Diese Störungszone besteht aus mylonitischen Gesteinsbruchstücken des Arlbergkalkes und aus möglicherweise vollkommen aufgearbeiteten weichen Resten der Tonschiefer der Partnach Schichten.

Die durchwegs braune Farbe, die Verwitterungserscheinungen und die stellenweise

SCHICHTFOLGE IM RAUM DALAAS				
Mächtigkeit ~m	Symbol	Geol. Bezeichnung	Gesteine	
		Hauptdolomit	grobbankige Dolomite	
		Raibler-Schichten	2 c	Rauhwacken und Gips
90			2 c	Kalk, Dolomit
20			2 b	Tonschiefer, Mergel
20			2 a	Dolomite, Kalke
10			1 c	Tonschiefer und Sandsteine
30			1 b	Kalke, Dolomite, Rauhwacken
20			1 a	Tonschiefer und Sandsteine
max. 300		Arlberg-Schichten	Obere Arlberg-Schichten	Gebankte Dolomite, Kalke mit Rauhwackenlagen, im Hangenden Mergellagen
20-70			Mittlere Arlberg-Schichten	Kalk, wenig Dolomit, selten Tonlagen
			Unt. Arlberg-Sch.	Wechsellagerung Kalk/Schiefer
100-200		Partnach-Schichten	im Hangenden 3-4 Kalkhorizonte Tonschiefer, Mergel vereinzelt dünne Kalkbänkchen	
50-150		Alpiner Muschelkalk	Ob. Gesteinsserie	Kalke, Dol. m. Mergellagen; "Knollenkalk", "Hornsteink.", Pietra Verde
			M. Gesteinsserie	Kalke, Dolomite
			Unt. Gesteinsserie	Kalke, Dolomite mit dünnen Mergellagen, "Würstel"-Kalk
10-20		Punt la Drossa Sch.	Rauhwacken, Mergelkalk, Gips	
100-150		Buntsandstein + Verrucano	Quarzsandsteine, Konglomerate, Quarzite	
max. 200		Paläozoikum	Sandsteine, Tonschiefer, Konglomerate, Kalke, Mergel	
		Kristallin	Glimmerschiefer, Phyllitgneise, Muskovitgranitgneis	

Abb: 2

beobachtete Schichtung in den Kluffletten sind Anzeichen für Obertagsnähe. Die Mylonite sind durchwegs weich, plastisch ausgebildet.

4.1.5 Arlbergkalk (Stkm. 40.970–41.250)

Es handelt sich hier um ungeschichtete, wechselhafte, helle bis dunkle Kalke und Dolomite. Charakteristisch sind die immer wieder auftretenden dünnen Tonschieferlagen, die die Schichtung des Arlbergkalkes andeuten.

Obertags sind die Arlbergkalke durch gut wahrnehmbare Felsstufen und Rippen erkennbar.

Der Querschlag Ost bei Stkm. 41.213 befindet sich zur Gänze im Arlbergkalk.

Der Zufahrtsstollen bei Stkm. 41.594 befindet sich zu 75 % im Arlbergkalk, der Rest in den Tonschiefern der Partnach Schichten.

4.1.6 Verkarsteter Arlbergkalk mit mylonitisierten Störungszonen (Stkm. 41.250–41.390)

Die größte Überraschung brachte wohl dieser Bereich, der auch besondere Vortriebsmaßnahmen erforderte.

Die Störungszone besteht aus zerriebenen, weichen mylonitischen Arlbergkalken. Sie sind nicht so stark plastifiziert wie zwischen Stkm. 40.900–40.970.

Bei den einzelnen Spalten und Höhlen handelt es sich um ausgewaschene Klüfte und Zerrüttungstreifen. An Verengungsstellen der Spalten konnten Schuttansammlungen und eingeschwemmtes Material beobachtet werden.

Die Verkarstungen – die in ihrer räumlichen Ausdehnung und Stellung nicht genau zu erfassen waren – sind sicher auch auf den Wasserstau der liegenden Tonschiefer der Partnach Schichten zurückzuführen (Beil. 4).

Die westliche Fortsetzung dieser Störungszone wurde auch im Zufahrtsstollen zwischen den Partnach Tonschiefern und dem Arlbergkalk in einer Breite von 5 m beobachtet.

4.1.7 Tonschiefer der Partnach Schichten (Stkm. 41.390–41.900)

Diese Schichtfolge besteht aus dunklen bis schwarzen, dünn-schichtigen Tonschiefern. Die Grenze zur Störungszone ist scharf und ohne jeden Übergang.

Vereinzelt kommen in den Tonschiefern dünne Kalklagen vor. Allgemein sind diese Gesteine als eine einheitliche, monotone, kalkarme Tonschieferfolge zu bezeichnen.

Bergwärts, gegenüber dem Zufahrtsstollen, wurde bei Stkm. 41.594 im Querschlag nach 20 m beim letzten Abschlag typischer, ungestörter Muschelkalk angetroffen.

Die Grenze zwischen Muschelkalk und Partnach Tonschiefern ist nicht gestört.

4.1.8 Murschutt und glaziale Ablagerungen (Stkm. 41.900–42.430)

Die Lockerüberlagerung im Westen des Dalaaser Tunnels wurde zusammengefaßt, da es auch in den Stollenbändern nicht möglich war, typische Ablagerungen auf längere Distanzen zu verfolgen. Das Lockermaterial besteht aus Murschutt, umgelagerter Moräne und Bachgeschiebe.

Stellenweise wurde auch sehr gut sortierter Einkornschotter beobachtet, der als Ablagerung eines Eisrandsees gedeutet werden kann.

Die Korngröße und Materialzusammensetzung wechselt sehr schnell zwischen Tongröße und Blockwerk. Typisch ist die rasch auskeilende Wechsellagerung in horizontaler und vertikaler Richtung.

Allgemein sind diese Gesteine dicht.

Der Querschlag West bei Stkm. 41.977 befindet sich zur Gänze in diesem Lockermaterial.

4.2 Lagerung der Gesteine und Kluffgefüge

Wie aus den Gefügediagrammen ersichtlich ist, war vor allem in den Partnach Tonschiefern die Bestimmung der Gesteinslagerung möglich. Sie streichen generell Ost-West und fallen mit ca. 70° nach Süden ein.

Sie sind hauptsächlich von zwei Kluffscharen durchsetzt. Beide streichen ENE-WSW und fallen entweder steil nach NNW oder nach SSE.

Sowohl die Schichtflächen als auch die meisten Klüfte streichen parallel zur Tunnelachse oder schneiden sie in einem spitzen Winkel.

Eindeutige Schichtflächenmessungen konnten auch im Muschelkalk am Ostportal sowie am Südenende des 20 m langen, bergseitigen Querschlages gegenüber vom Zufahrtsstollen bei Stkm. 41.594 durchgeführt werden.

Der Muschelkalk streicht generell ENE-WSW und fällt steil nach SSE ein.

Die wenigen Messungen im Arlbergkalk zeigen, daß sie die gleiche Lagerung haben wie die Partnach Tonschiefer.

Gute Orientierungsmöglichkeit bezüglich der Lagerung des Arlbergkalkes boten die Tonschieferlagen im Arlbergkalk. Bestimmte, in Maxima zusammenfaßbare Kluffsysteme wurden weder im Arlbergkalk noch im Muschelkalk festgestellt. Die beiden den Arlbergkalk begrenzenden Störungszonen, streichen ENE-WSW und fallen steil nach SSE ein.

Obwohl diese Störungszonen den Tunnel in einem sehr ungünstigen spitzen Winkel schneiden, blieben die befürchteten Folgen für den Hohlraum, wie sie etwa im Arlberg Straßentunnel auftraten, aus.

4.3 Bergwasserführung

Nach der Art des Auftretens und der Menge des Bergwassers kann man im Dalaaser Tunnel vier Bereiche unterscheiden.

Beim Ostportal verläuft die Grenze zwischen anstehendem Fels und Lockerüberlagerungen teilweise im Tunnelniveau.

Diese Grenze wirkte sich auf die Vortriebsarbeiten sehr unangenehm aus, da beim fallenden Vortrieb das reichlich anfallende Bergwasser an der Oberfläche des Muschelkalkes und des lehmigen Permoskyth Sandsteines abfloß und an der Ortsbrust gestaut wurde. Hier traten stellenweise auch Einzelaustritte mit größeren Schüttungen auf.

Nach der Unterfahrung dieses Wasserniveaus trat in der Felsstrecke nur mehr schwaches Tropfwasser auf.

Vereinzelt wurden auch Kluffwasseraustritte beobachtet, die Schüttungen waren gering.

Durch die geringe Überlagerungshöhe wirkten sich länger dauernde Niederschläge auf die Menge der Tunnelwässer aus.

Bei der Einmündung des Zufahrtsstollens in den Tunnel war dies besonders gut zu beobachten.

Der Übergang von den Partnach Tonschiefern in die Lockerüberlagerung nach Westen brachte das meiste Wasser.

Ursache des bis Obertag reichenden Verbrauches bei Stkm. 41.913 war in erster Linie, weil die an den Tonschiefern abfließenden Grundwässer das Feinmaterial ober-

halb des Tunnels ausgewaschen haben. Eine wichtige Rolle spielten sicher einzelne, sehr wassergängige zwischengelagerte Schichten.

Auch beim Querschlag West trat bei Stkm. 41.977 ein sehr großer Wasseranfall auf.

Das Lockermaterial im Westen brachte schwaches bis mäßiges Tropfwasser. Mitte März 1979 wurde am Westportal eine Gesamtschüttung von 80 l/sec. gemessen.

Für Sulfatbestimmungen wurden an einigen Stellen Wasserproben entnommen und analysiert. Kritische Sulfatwerte wurden nicht festgestellt. Auch die Bodensulfatbestimmungen vom Lockermaterial des westlichen Bereiches des Tunnels brachten ein negatives Ergebnis.

4.4 Grad der Gesteinszerlegung und Gebirgseigenschaften

Die besten technischen Eigenschaften zeigten ziemlich gleichrangig die Arlbergkalk- und die Tonschiefer der Partnach Schichten. Beide Gesteinsfolgen waren durch eine eng bis mittelständige Klüftung ausgezeichnet. Obwohl in den Tonschiefern die Schichtung die Gesteinszerlegung zusätzlich betonte, waren diese allgemein standfest bis leicht gebräch. Die meisten Klüfte waren mit Kalzit verheilt. Die wenigen mylonitischen Klüfte spielten bautechnisch keine wichtige Rolle.

In den Tonschiefern wurden keine Verwitterungsmerkmale beobachtet. Nur stellenweise traten als Folge des ungünstigen Verschnittes der Schichtflächen und der z.T. mit Harnisch ausgebildeten Kluftsysteme an der Firste spitzwinkelige Keilausbrüche und stumpfwinkelige Nachbrüche an den Ulmen auf.

Auch der Arlbergkalk war durchwegs standfest bis leicht gebräch. Kleinere Nachbrüche behinderten die Vortriebsarbeiten nicht. In den angeführten Gesteinen konnte mit normalem Sprengvortrieb gearbeitet werden. Zieht man die Verteilung der Gebirgsgüteklassen heran, so kann die stärkere Stützung des Arlbergkalkes z. T. darin liegen, daß sich die Entspannung des Gebirges in den Hohlraum an wenigen Klüften abspielt und daher gefährlicher sein kann, und zweitens birgt das nicht eindeutig erkennbare Kluftgefüge im Arlbergkalk eine größere Unsicherheit in sich, als das straff geregelte Schicht- und Kluftflächengefüge der Partnach Tonschiefer.

Die felsmechanischen Messungen brachten in diesen Gesteinsserien keine ins Gewicht fallende Konvergenzen.

Umfangreiche Stütz- und Sicherungsmaßnahmen waren in den Störungszonen zwischen Stkm. 41.250–41.390 notwendig. Die angetroffenen Hohlräume und die totale Gesteinszerrüttung wirkten sich jedoch auf Ausbruch und Sicherung nicht so behindernd aus wie anfangs vermutet wurde.

Mit verkürzten Abschlägen und Stahldielenvortrieb wurde dieser Bereich zwar langsam aber ohne besondere Schwierigkeiten gemeistert. Das Gebirge war hier stark gebräch aber nicht druckhaft. Die Konvergenzmessungen zeigten keine beunruhigenden Bewegungen an.

Die von den Tangentialdruckdosen angezeigten, noch immer leicht steigenden Betonspannungen werden von der bauausführenden ARGE nicht auf den Gebirgsdruck zurückgeführt.

In diesem Bereich wurde mit gutem Erfolg eine AM 50 Teilschnittmaschine in Einsatz gebracht.

In der Störungszone zwischen Stkm. 40.900–40.970 mußte z. T. mit Stahldielen händisch vorgearbeitet werden.

Die vollkommene Gesteinszerrüttung wurde noch dadurch verstärkt, daß oft statt Gestein eine gelbe breiige Paste vorlag.

Die Übergangsbereiche der beiden Störungszonen zum festen Gestein wurden von den Kornvergenzmessungen klar erfaßt. Anfängliche Bewegungen klangen ab. Nachträgliche Deformationen wurden nicht festgestellt.

In der Überlagerungsstrecke des Ostportales bestand die Gefahr, daß das sehr stark durchnäßte Geschiebe von der Firste nachbrechen bzw. breiartig in die Kalotte fließen könnte.

In der Überlagerungsstrecke zwischen den Tonschiefern der Partnach Schichten und dem Westportal traten an zwei Stellen Schwierigkeiten auf.

Am Übergang von den Tonschiefern in das Lockermaterial entstand ein Verbruch, wodurch ca. 300 m³ Material breiartig in die Kalotte flossen. Obertags entstand ein trichterförmiger Nachbruch mit einem Durchmesser von 8 m und einer Tiefe von 4 m.

Der Tunnel wurde hier mit umfangreichen Injizierungen und durch die Ableitungen des Bergwassers gesichert.

Aufgrund der felsmechanischen Meßergebnisse mußte an dieser Stelle der Innenbeton z. T. in B 500 ausgeführt werden. Eine ähnliche Erscheinung trat auch im Querschlag West auf, nur waren dort die Ausmaße viel geringer. Der Durchmesser des Trichters obertags betrug 4 m und die Tiefe 5 m. Dieser Tagbruch zeigte keine besonderen Auswirkungen auf die Sicherheit des Querschlages.

Am Westportal traten anfangs scherbruchartige Verformungen an der Auskleidung und auch größere Konvergenzen auf. Diese Bewegungen standen mit den muschelförmigen Anbrüchen (Rotationsgleitungen) im Portaleinschnitt in Zusammenhang.

Das Schergewicht der Kontrollmessungen war in der Überlagerungsstrecke. Aufgrund dieser Meßergebnisse wurde der Zeitpunkt des Strossenabbaues und das Einbringen der Sohle bzw. der Ringschluß festgelegt.

4.5 Gebirgsklassifikation

Vom Projektanten wurden in Anlehnung an die Vornorm B 2203, 7 Gebirgsgüteklassen ausgeschrieben, wobei folgende Verteilung angenommen wurde:

Gebirgsgüteklasse: I	standfest	0 %
II	nachbrüchig	8 %
III	leicht gebräch	15 %
IV	gebräch oder leicht druckhaft	25 %
V	stark gebräch oder druckhaft	15 %
VI	stark druckhaft	5 %
VII	fließend	0 %
Ü	Überlagerung	32 %

Bei der Festlegung der Stützmaßnahmen für die einzelnen Gebirgsgüteklassen wurden vom Projektanten die Erfahrungen des Arlberg Straßentunnels einbezogen (Beil. 6, Beil. 7). Es wurde empfohlen, die ausgeschriebenene Regelstützmaßnahmen als Richtlinie aufzufassen. Dementsprechend konnten die ausführenden Baufirmen die Stützmaßnahmen nach örtlichen Gegebenheiten anpassen.

Bedingt durch die mächtige Hangschuttüberdeckung gelang es in der geologischen Prognose nicht ganz, die Gesteinsgrenzen und die Störungszonen richtig abzugrenzen. Die tatsächliche Geologie weicht daher von der prognostizierten etwas ab.

Trotzdem stimmt die vom Projektanten geschätzte Gebirgsklassenverteilung in Summe mit der angetroffenen sehr gut überein.

4.6 Galerie Ostportal

Die Galerie vor dem Ostportal wurde auf anstehendem Muschelkalk gegründet. Auf dem Muschelkalk liegt eine Felssturzhalde, die aus ziemlich lose gelagerten Kalk-Dolomit Blöcken besteht. Der Bau dieser Galerie erforderte umfangreiche Aushub- bzw. Abtragarbeiten in dieser Felssturzhalde.

Der nordseitige, steil abgeböschte Hang, auf dem sich ein Hochspannungsmast befindet, mußte mit einer Anker-Nagel Wand gesichert werden.

Anfänglich gab es Schwierigkeiten, weil das von unvermutet vielen Hohlräumen durchzogene Felssturzmaterial unerwartet viel Injektionsgut aufnahm.

Letztlich wurde die Galerie bis zur Oberkante der Anker-Nagel Wand zugeschüttet und dadurch die Sicherheit des Hochspannungsmastes zusätzlich erhöht.

4.7 Galerie Westportal

Sie befindet sich auf sehr gut verdichtetem Lockermaterial, das aus schluffig sandigem Kies bis Blockwerken besteht. Wasser wurde nicht angetroffen.

Auch diese Galerie wurde bis zur Oberkante der künstlichen Böschung, nach Ost und nach Nord eingeschüttet.

5. Literaturverzeichnis

- DOERT, U., HELMCKE, D., 1976: Geologie des Flexen-Passes (Vorarlberg-Österreich). Erläuterungen der geologischen Karte des Flexenpasses 1:25 000. – *Geologica et Palaeontologica* 10, 181–200, 1 geol. Karte 1:25.000, Marburg.
- HELMCKE, D., 1974: Geologie der Südlichen Klostertaler Alpen (Vorarlberg-Österreich). Erläuterungen zur geologischen Karte 1:25 000, Marburg.
- ILF-Ingenieurgesellschaft Lässer-Feizlmayr, 1977: Geologie und Gebirgsmechanik, Generelles Tunnelprojekt. – Unveröff. Gutachten, Innsbruck.
- KAISER, J. & KUNZ, F., 1979: Geologische Stollenbänder des Dalaaser Tunnels, Arlberg Straßentunnel A. G. (ASTAG), Innsbruck.
- KÖHLER, M., 1977: Baugeologische Untersuchungen im Raume Dalaas (Klostertal, Vorarlberg), 1. Teil: Regionalgeologische Ergebnisse. – *Geol. Paläont. Mitt.* Innsbruck, 6/9, 1–26, Innsbruck.
- REITHOFER, O., 1960: Über die geologischen Erfahrungen beim Bau des Alfenzkraftwerkes Braz der Österreichischen Bundesbahnen. – *Verh. geol. B.-A.*, 1960, 266–270, Wien.

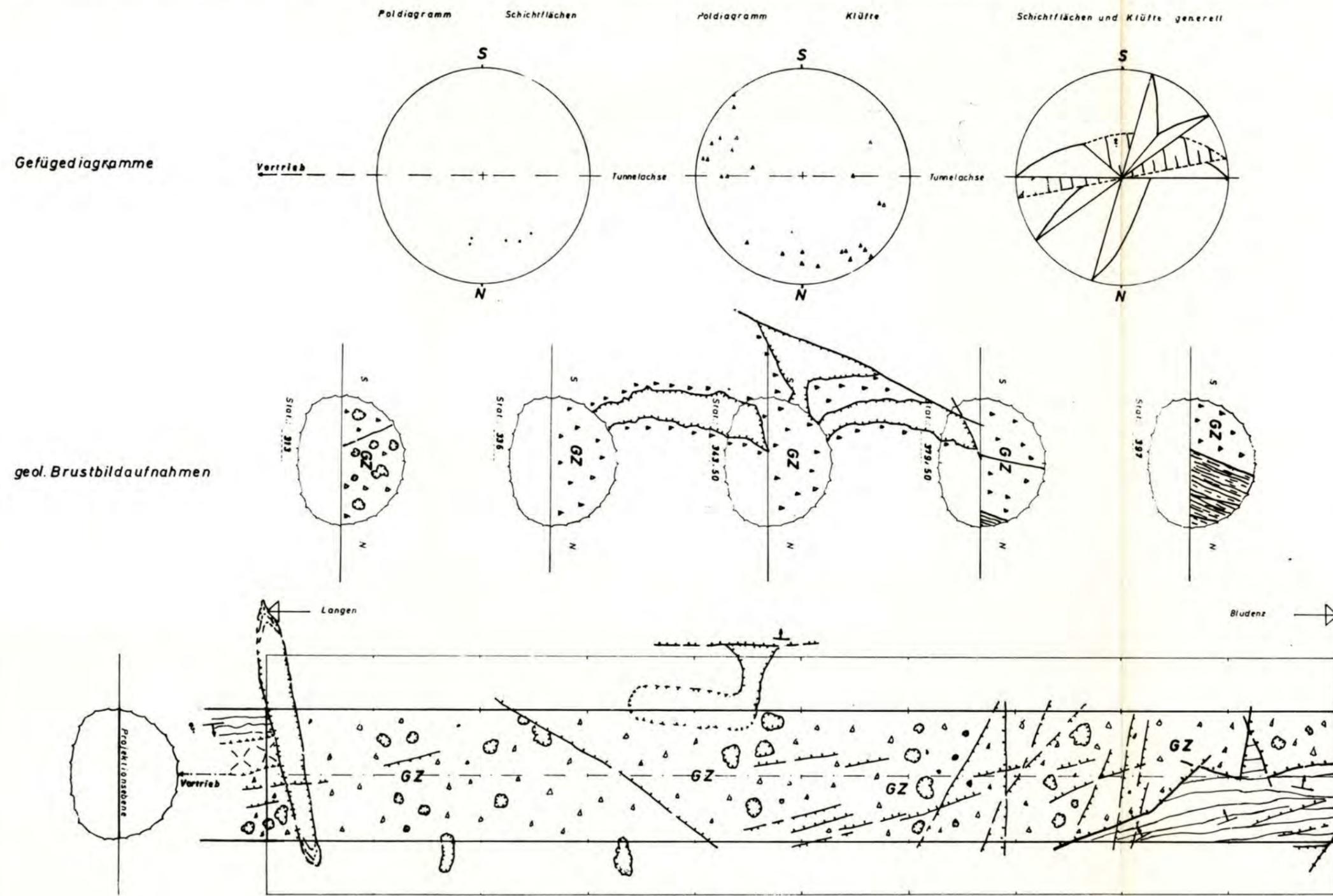
Zeichenerklärung Beilage 4

- ### Gesteine
- Lockermaterial (Murschutt, Moräne, Gähngeschutt, usw.)
 - Raibler Schichten
 - Arlberg Schichten (Kalk, Dolomit)
 - Partnach Schichten (Tonschiefer)
 - Muschelkalk (Kalk - dünn-schichtig)

- ### Gefüge
- Schichtfläche
 - Kluft
 - Kluft mit Harnisch
 - Bew. lin.
 - Bew. lin mit erkennb.
 - Bew. d. Hang. Sch.
 - Mylonit
 - B Achse
 - B Lineation
 - offene Kluft
 - Kluft m. Lehm-Tonl.
 - Kluft m. sandigem Grus.
 - Kluft mit lehmig-tönig.
 - Kluft mit a-Katakl.
- 360/10 Einfallswinkel (360) mit Einfallswinkel (10)
 KK Kleinkluft 0,1-1 m
 GK Großkluft 1-10 m
 RK Riesenkluft 10-100 m
 ST Störung > 100 m
- EK Einzelkluft
 KS Kluftschär
 GZ Gesteinszerrüttung < 10 cm
 eK engständige Klüftung 10cm-1 m
 mK mittelständige Klüftung 1m - 5m
 wK weitständige Klüftung > 5m
- Kluftabstand
 < 10 cm
 10cm-1 m
 1m - 5m
 > 5m
- e eben, w wellig, g glatt, r rau, b buckelig

- ### Bergwasser
- flächenhaft
 f Feuchstellen
 sT schwaches Tropfwasser
 stI starkes Tropfwasser
 ssT sehr starkes Tropfwasser
- Einzelaustritte
 0 < 0,1 l/sec
 φ 0,1 - 1 l/sec
 ● > 1 l/sec
 ▼ Wassereintrich mit Druck
- ### felsmechanische Messungen
- K Konvergenz
 - E Extensometer
 - Ma Maßanker
 - Mi Meßteller
 - Di Druckdose tang.
 - Dr Druckdose rad.

- ### Grad der Zerlegung
- schwach
 - mäßig
 - stark
 - sehr stark
- ### Verwitterung
- wk Verwitterungseinflüsse an Klüften
 - wws Verwitterungseinflüsse an Schichtflächen
 - wks Verwitterungseinflüsse an Klüften und Schichtflächen
- Kerkerzeichnungen (Schluche, Öffnungen, Spalten etc.)



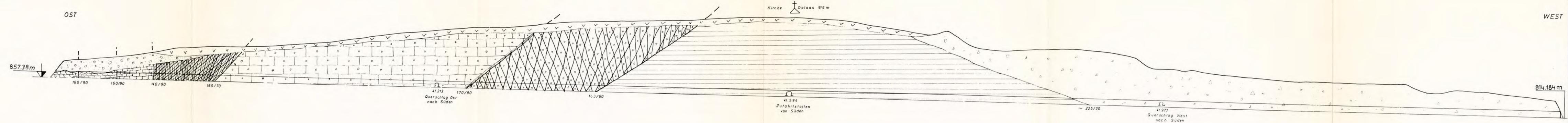
geologische Ortsbrustaufnahme Nr.	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	
Datum des Vortriebsstandes	19. 6. 78																												
Strassenkilometer (Stkm)	41.3		wa	320		330		340		350		360		370		380		390		400		41.4							
Baustation (m)	294.18																											194.18	
geologische Verhältnisse	tektonische Einheit	Nördliche Kalkalpen																											
	Gestein	bei Stkm 41,3 treten sehr harter Dolomit und Tonschiefer auf														z.T. vollkommen verkarstete und mylonitische Arlbergkalke - und Dolomite													
	Gefüge	Schichtflächen: Lagerungsverhältnisse nur in den Tonschiefern erkennbar														in den Tonschiefern eK-mK, sonst wird der gesamte Bereich von einer verkarsteten Störungszone eingenommen, die aus total zerriebenen, weichen, mylonitischen Gesteinen besteht													
	Bergwasser	die Regenlage machten sich bisher nicht bemerkbar																											
Baugeologie	Verwitterung	wks														wk													
	Gesteinsproben																												
Grad der Zerlegung	da die weichen mylonitischen Lagen und die ausgewaschenen Zerrüttungszonen in ihrer räumlichen Ausdehnung nicht überblickbar sind, ist sowohl beim Vortrieb wie auch beim Abbau der Strasse wegen der Gefahr größerer Nachbrüche größte Vorsicht geboten																												
Gebirgsverhalten	In dem Beobachtungszeitraum zeigen die Konvergenzbolzen keine Bewegungen, kein druckhaftes Gebirge, die Stollenauskleidung ist stabil																												
felsmechanische Messungen																													
Überlagerung	~68m																												
Vortriebsart	sprengen u. fräsen														fräsen (AM 50)														
Gebirgsartklasse	V																												
Besonderheiten	ab Stkm 41,394,50 wurde Ringabbau mit örtlicher Verwendung von schweren Verzugsblechen notwendig um Firat- und Ulmenbrüche zu vermeiden																												

ARLBERG STRASSENTUNNEL AG
 ARLBERG SCHNELLSTRASSE S16
 DALAASER TUNNEL

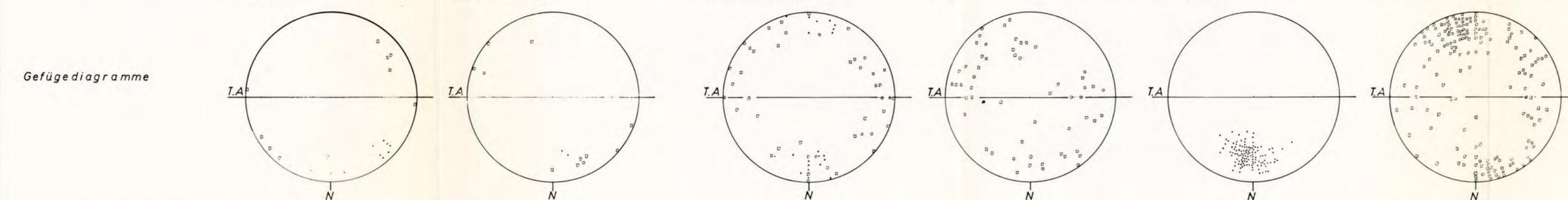
Titel
Geologisches Stollenband (Kalotte)
 von Stkm.: 41,3 bis Stkm.: 41,4

Maßstab	Datum	Name	Zeichnungsnummer
1:200	Aufnahme	Kaiser Kunz	DT-GSTB-6
	bearb.	Kaiser	
	gez.	Kaiser	

DALAASER TUNNEL:
GEOLOG. LÄNGENSCHNITT VON J. KAISER UND F. KUNZ



Tunnelkilometer	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.63
Straßenkilometer	40.800	40.900	41.000	41.100	41.200	41.300	41.400	41.500	41.600	41.700	41.800	41.900	42.000	42.100	42.200	42.300	42.400	42.430
Gestein	MUSCHEL KALK PERMOSKYTH SANDSTEIN MUSCHEL KALK	STÖRUNGSZONE		MASSIGER ARLBERGKALK MIT EINZELNEN TONSCHIEFERLAGEN			TON SCHIEFER	VERKARSTETER ARLBERGKALK MIT MYLONITISIERTEN STÖRUNGSZONEN		PARTNACH TONSCHIEFER, STELLENWEISE KALKLAGEN			MURSCHUTT UND GLAZIALE ABLAGERUNGEN					
Grad der Zerlegung	[Diagram showing varying degrees of rock fragmentation from weak to very strong]																	
Bergwasser	[Diagram showing groundwater distribution and flow patterns]																	
Berggüteklassen	[Diagram showing rock quality classes from Ü to V]																	



Zeichenerklärung:

Gesteine

- HANGSCHUTT
- BACHGESCHIEBE
- MURSCHUTT UND GLAZIALE ABLAGERUNGEN
- ARLBERG KALK UND DOLOMIT
- PARTNACH TONSCHIEFER
- ALPINE MUSCHELKALK
- PERMOSKYTH SANDSTEIN
- STÖRUNGSZONE
- VERKARSTETER ARLBERGKALK MIT MYLONITISIERTEN STÖRUNGSZONEN
- STÖRUNGSFLÄCHE

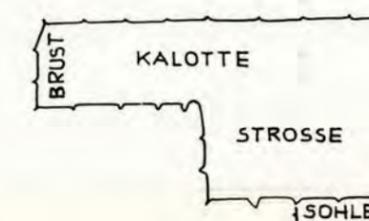
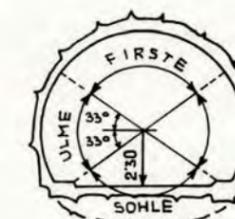
Grad der Zerlegung

- MÄßIG
- STARK
- SEHR STARK

Bergwasser

- SCHWACHES TROPFWASSER DIE EINZELAUSTRITTE HABEN GERINGE SCHÜTTUNG
- STARKES TROPFWASSER DIE EINZELAUSTRITTE HABEN GROSSE SCHÜTTUNG

BESCHREIBUNG DES GEBIRGES			AUSBRUCH			BAUABLAUF ¹⁾	BEMERKUNGEN DEFINITIONEN	
GGKL.	GEBIRGS- VERHALTEN	GEBIRGSMECHANISCHE KENNZEICHEN	QUERSCHNITT	ABSCHLAGS- LÄNGE	METHODE	STANDZEIT ²⁾	VORTRIEBSARBEITEN	
1	2	3	4	5	6	7	8	
9								
I	standfest	Die um den Hohlraum auftretenden Spannungen sind geringer als die Gebirgsfestigkeit; das Gebirge ist daher standfest; durch die Sprengauflockerung sind Ablösungen insbesondere entlang von Trennflächen möglich; bei hoher Überlagerung besteht Bergschlaggefahr.	Vollquerschnitt möglich	entsprechend örtlichen Verhältnissen	schonendes Sprengen	Wochen in der Firste unbegrenzt in den Ulmen	Die Firste ist sofort abzulauten, bei Bergschlaggefahr ist die Sicherung unmittelbar nach jedem Abschlag einzubauen.	<p>1) Der Bauablauf ist grundsätzlich auf die Meßergebnisse abzustimmen. Dies trifft insbesondere auf den Einbau des Sohlgewölbes zu. Weiters ist bei hohen Verformungsgeschwindigkeiten die Abschlagslänge zu reduzieren.</p> <p>2) Die Standzeit bezieht sich auf die freie Stützweite. Sie stellt eine Richtlinie dar und ist für die Klassifizierung nicht maßgebend.</p>
II	nachbrüchig	Zugspannungen in der Firste oder ungünstig einfallende Trennflächen verursachen zusammen mit der Sprengauflockerung starke Abplatzungen; die Auflockerung kann aufgrund der geologischen Verhältnisse bis in die Ulmen reichen und dort Ablösungen hervorrufen.	Vollquerschnitt möglich	3-5 m	schonendes Sprengen	Tage in der Firste Wochen in den Ulmen	Die Firste ist nach jedem Abschlag gegen Ablösungen zu sichern, beim Vollausbuch ist der Spritzbeton unmittelbar, beim Kalottenausbuch spätestens nach jedem zweiten Abschlag, aufzubringen.	
III	leicht gebräch	Zugspannungen in der Firste verursachen Nachbrüche, welche durch ungünstig einfallende Trennflächen begünstigt werden. Die Spannungen in den Ulmen überschreiten nicht die Gebirgsdruckfestigkeit, es ist aber mit Nachbrüchen entlang von Trennflächen zu rechnen, insbesondere aufgrund der Sprengauflockerung.	Vollquerschnitt bei kurzen Abschlagslängen möglich;	bei Vollquerschnitt 2-4 m	schonendes Sprengen	einige Stunden in der Firste Tage in den Ulmen	Der Spritzbeton ist in der Firste nach jedem Abschlag aufzubringen, die weiteren Stützmittel können in Stufen aufgebracht werden.	
IV	gebräch oder leicht druckhaft	Es treten aufgrund von Trennflächen, die die Gebirgsfestigkeit stark vermindern, umfangreiche Nachbrüche in Firste und Ulmen auf oder die Gebirgsfestigkeit wird überschritten, wodurch Druckerscheinungen in Firste, Ulmen und in der Sohle ausgelöst werden.	vorzugsweise Teilquerschnitt: Kalotte max. 45 m ²	bei Vollquerschnitt 2-3 m bei Teilquerschnitt 2-4 m	schonendes Sprengen, örtlich Schrämarbeit	wenige Stunden in der Firste und in den Ulmen	Der Spritzbeton ist nach jedem Abschlag aufzubringen. Die Ankerung in der Kalotte muß nach jedem zweiten Abschlag durchgeführt werden.	
V	stark gebräch oder druckhaft	Aufgrund geringer Gebirgsfestigkeit treten Druckerscheinungen am Hohlraumrand auf, deren Ausmaß durch die Schichtung beeinflusst wird und in der Sohle wesentlich von den Gesteinsverhältnissen abhängt.	Teilquerschnitt: Kalotte max. 40 m ²	In der Kalotte 1-3 m In der Strosse 2-4 m	schonendes Sprengen, Schrämen oder Baggereinsatz	sehr kurze freie Standzeit in der Firste und in den Ulmen	Alle geöffneten Flächen müssen sofort gestützt werden. Sämtliche Stützmittel müssen im allgemeinen nach jedem Abschlag eingebaut werden.	
VI	stark druckhaft	Bei der Hohlraumbildung treten an allen freigelegten Flächen starke Druckerscheinungen auf (allseitiger Druck!), die Schichtung hat eine untergeordnete Bedeutung.	Aufteilung in mehrere Teilquerschnitte, Kalotte: max. 25 m ²	In der Kalotte 0,5-1,5 m In der Strosse 1-3 m	Schrämen oder Baggereinsatz örtlich Lockerungsschüsse	minimale freie Standzeit	Alle geöffneten Flächen müssen sofort gestützt werden. Sämtliche Stützmittel müssen nach jedem Abschlag eingebaut werden.	
VII	fließend	Diese Klasse umfaßt Gebirgs- oder Bodenarten, die wegen der raschen Bewegungsäußerungen mit konventionellen Methoden nicht beherrscht werden können.	Der Ausbruch ist auf die Sondermaßnahmen abzustimmen					
Ü	ÜBERLAGERUNGSSTRECKE	Bei der Hohlraumbildung treten rasche Bewegungen an allen freigelegten Flächen auf, welche durch die schnelle Herstellung eines geschlossenen Ringes beherrscht werden können.	Aufteilung in Teilquerschnitte, vorzugsweise kurze Kalotte mit rasch nachfolgenden Strossenbau	In der Kalotte und Strosse 0,5-1,0 m	Schrämen oder Baggereinsatz bei Blöcken vorsichtiges Sprengen	minimale freie Standzeit	Alle geöffneten Flächen müssen sofort abgestützt werden. Die Ausbruchvorgänge müssen rasch nacheinander erfolgen, der Außenring ist spätestens 20 m hinter der Ortsbrüst zu schließen.	



J. KAISER 79

GEBIRGSGÜTEKLASSEN		SICHERUNG UND STÜTZUNG ^{1) 4)}					BEMERKUNGEN
GGKL	GEBIRGSVERHALTEN	ALLGEMEINES PRINZIP	FIRSTE	ULMEN	SOHLE	BRUST ³⁾	
1	2	10	11	12	13	14	15
I	standfest	Sicherung der Firste gegen aufbrechende Gesteinsbrocken	0–5 cm Spritzbeton, örtlich Anker (15 t Bruchlast) l = 2–4 m;	Anker l = 2–4 m wo erforderlich	a) keine Stützmaßnahmen erforderlich	a) kein Brustverzug erforderlich	<p>1) Die für die einzelnen Güteklassen angegebenen Stützmaßnahmen stellen Richtlinien dar. Sie sind kein Kriterium für die Festlegung der Güteklasse. Die Stützmaßnahmen sind den geologischen Verhältnissen unter Berücksichtigung der Ergebnisse der geotechnischen Messungen anzupassen. Innerhalb des Querschnittes ist insbesondere die Ankerung auf die Schichtung abzustimmen.</p> <p>Witterungsempfindliche Gesteine sind prinzipiell unmittelbar zu versiegeln.</p> <p>2) Die Stützung der Brust und der Einbau des Sohlgewölbes sind auf die örtlichen Verhältnisse abzustimmen.</p> <p>3) Auftretende Hohlräume, z. B. zwischen Dielen und Gebirge sind durch Injektionen zu verfüllen.</p> <p>4) Für die Definition von Firste, Ulm und Sohle gilt Plan DT-B-131.</p> <p>5) Bei entsprechend starken Bewegungen des Gebirges sind Schlitzte im Außen- gewölbe vorzusehen.</p>
II	nachbrüchig	Spritzbetonstützgewölbe in Firste und Ulmen, Ankertraggewölbe in der Firste	5–10 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 38); Freispiel- oder Dübelanker (15 t Bruchlast) 1 Stk. je 4–6 m ² , l = 2–4 m	0–5 cm Spritzbeton Anker l = 2–4 m wo erforderlich	b) Sohlankerung mit Ankern l = 3–5 m, wo erforderlich	b) Brustverzug mit Spritzbeton 5 cm, wo erforderlich und bei langen Arbeitspausen	
III	leicht gebräch	Spritzbetonstützgewölbe und Ankertraggewölbe in Firste und Ulmen	5–15 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Freispiel- oder Dübelanker (15/25 t Bruchlast) 1 Stk. je 3–5 m ² , l = 3–5 m	5–10 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Anker (15/25 t Bruchlast) 1 Stk. je 3–5 m ² , l = 3–5 m	c) Sohlankerung mit Ankern (25 t Bruchlast), l = 4–6 m, 1 Stk. je 3–5 m ²	c) Brustverzug mit Spritzbeton 5 cm in der Kalotte und Strosse, wo erforderlich	
IV	gebräch oder leicht druckhaft	Spritzbetongewölbe durch Sohlgewölbe ergänzt wo erforderlich und Ankertraggewölbe in Firste und Ulmen	10–15 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (25 t Bruchlast) 1 Stk. je 2–4 m ² , l = 4–6 m	10–15 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (25 t Bruchlast) 1 Stk. je 2–4 m ² , l = 4–6 m	d) Sohlplatte 20–30 cm stark	d) Brustverzug mit Spritzbeton 10 cm in der Kalotte und 3–7 cm in der Strosse wo erforderlich	
V	stark gebräch oder druckhaft	Stützring aus Spritzbeton und Sohlgewölbe und Ankertraggewölbe verstärkt durch Tunnelbogen in Firste und Ulmen 3) 5)	15–20 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (25 t Bruchlast) 1 Stk. je 1–3 m ² , l = 5–7 m Tunnelbogen THÖ 21; alle 0,8 bis 2,0 m; örtlich Stollendielen	15–20 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (25 t Bruchlast) 1 Stk. je 1–3 m ² ; l = 5–7 m, Tunnelbogen THÖ 21 alle 0,8 bis 3,0 m	e) Sohlgewölbe mind. 40 oder 45 cm stark, Dübelanker l = 5–7 m, wo erforderlich	e) Brustverzug mit Spritzbeton 10 cm und zusätzliche Stützung durch Verdichtung a. ä.	
VI	stark druckhaft	Stützring aus Spritzbeton und Sohlgewölbe und starkes Ankertraggewölbe verstärkt durch Tunnelbogen in Firste und Ulmen 3) 5)	20–25 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (25 t Bruchlast) 1 Stk. je 0,5–2,5 m ² , l = 6–9 m Tunnelbogen THÖ 21/27; alle 0,5–1,5 m; Stollendielen satt aneinander wo erforderlich	20–25 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (25 t Bruchlast) 1 Stk. je 0,5–2 m ² , l = 6–9 m; Tunnelbogen THÖ 21/27 alle 0,5–1,5 m, Stollendielen wo erforderlich	f) Sohlgewölbe mind. 50 cm stark Dübelanker l = 6–9 m, wo erforderlich		
VII	fließend	Sondermaßnahmen wie chemische Verfestigung, Gefrierverfahren, Elektrosmose, etc.					
Ü	ÜBERLAGERUNGSTRECKE	Starker Stützring aus Spritzbeton und Sohlgewölbe und Ankertraggewölbe verstärkt durch Tunnelbogen in Firste und Ulmen	25–30 cm Spritzbeton + Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (15 t Bruchlast) 1 Stk. je 1–4 m ² , l = 3–6 m, Tunnelbogen THÖ 27, alle 0,5–1,0 m; Stollendielen 3/4 mm satt aneinander wo erforderlich	25–30 cm Spritzbeton + 2 Lagen Baustahlgitter (AQ 50); Dübelanker (15 t Bruchlast) 1 Stk. je 1–4 m ² , l = 3–6 m, Tunnelbogen THÖ 27, alle 0,5–1,0 m. Stollendielen 3/4 mm wo erforderlich	Sohlgewölbe mind. 50 cm stark, eventuell Bodenaustausch erforderlich	Brustverzug aus 10 cm Spritzbeton nach Aufmaß	