

# Zur Geologie des Triebwasserstollensystems für das Kraftwerk Uttendorf II

On the geology of the power conduits of the  
power development Uttendorf II

W. DEMMER, Ch. MILOTA & G. PESTAL

mit 8 Abbildungen und 1 Beilage

Schlüsselwörter:

*Salzburg*  
*Tauernfenster*  
*Baugeologie*  
*Kraftwerk Uttendorf II*  
*Raise-Boring (Schachtung)*  
*Stollenausbruch*  
*Glocknerdecke*  
*Venedigerdecke*  
*Bündnerschieferformation*  
*Habachformation*

Keywords:

*Salzburg*  
*Tauern Window*  
*Engineering geology*  
*Power Development Uttendorf II*  
*Raise Boring*  
*Tunneling*  
*Glockner Nappe*  
*Venediger Nappe*  
*Bündnerschiefer Formation*  
*Habach Formation*

Adresse der Autoren:  
Address of the authors:

Dr. Wolfgang Demmer  
Konsulent für Baugeologie  
Hovengasse 6  
A-2100 Korneuburg  
Dr. Christian Milota  
Büro Dr. Walter Nowy  
Buchberggasse 1/2/8  
A-3400 Klosterneuburg  
Dr. Gerhard Pestal  
Geologische Bundesanstalt  
Rasumofskygasse 23  
A-1031 Wien

## Inhalt

|                                                         | Seite |
|---------------------------------------------------------|-------|
| Zusammenfassung, Abstract .....                         | 129   |
| 1. Einleitung .....                                     | 129   |
| 2. Geologische Projektentwicklung .....                 | 130   |
| 3. Erläuterungen zum geologischen Rahmen .....          | 130   |
| 4. Zur Geologie des Triebwasserweges Uttendorf II ..... | 132   |
| 5. Bauerfahrungen .....                                 | 136   |
| 5.1. Oberer Druckstollen .....                          | 136   |
| 5.2. Lotschacht .....                                   | 137   |
| 5.3. Unterer Druckstollen – Flachstrecke .....          | 137   |
| 6. Schlußbetrachtung .....                              | 137   |
| 7. Literaturverzeichnis .....                           | 138   |

## Contents

|                                                            | page |
|------------------------------------------------------------|------|
| Zusammenfassung, Abstract .....                            | 129  |
| 1. Introduction .....                                      | 129  |
| 2. Geological project design .....                         | 130  |
| 3. Explanations on the geological frame .....              | 130  |
| 4. On the geology of the power conduits Uttendorf II ..... | 132  |
| 5. Engineering experience .....                            | 136  |
| 5.1. Upper power tunnel .....                              | 136  |
| 5.2. Pressure shaft .....                                  | 137  |
| 5.3. Lower power tunnel .....                              | 137  |
| 6. Conclusions .....                                       | 137  |
| 7. References .....                                        | 138  |

## Zusammenfassung

Der Längenschnitt durch den Triebwasserweg des Kraftwerkes Uttendorf II der Österreichischen Bundesbahnen und zwei weitere Profilschnitte dokumentieren einen Einblick in den lithologischen und strukturellen Aufbau der nördlichen mittleren Hohen Tauern.

Alpin deformierte Sedimente der Bündnerschieferformation sowie Metamagmatite der Habachformation mit alpinen und voralpinen Strukturen sind in einer mächtigen Schuppenzone zwischen Glocknerdecke und Venedigerdecke (Riffldecke) eingeschaltet. Genaue lithologische Aufnahmen zeigten, daß Gesteine, die früher als stark zerscherte Orthogneise im hangenden Teil der Riffldecke aufgefaßt wurden, Metasedimente sind, die teilweise der Bündnerschieferformation teilweise der Wustkogelformation zugeordnet werden müssen. Diese hier deutlich kontinental beeinflussten Gesteine der Bündnerschieferformation werden als **Stubachfazies** beschrieben.

Zusätzlich werden Erfahrungen aus baugeologischer Sicht aufgezeigt und erörtert, die bei der Projektentwicklung und beim maschinellen Ausbruch der fast 12 km langen Druckstollen sowie des 587 m tiefen Lotschachtes gewonnen wurden.

Weltbestleistungen von über 100 m Fräsvortrieb pro Tag beim Ausbruch des Druckstollens standen zwei völlige Frässtillstände wegen Verbrüche in Serpentinformationen gegenüber. Für den Ausbruch des Schachtes, der nach umfangreichen geologischen Aufnahmen im Scheitel einer großräumigen Antiklinalstruktur des Falkenbachlappens angesetzt wurde, konnte durch den erstmaligen Einsatz eines selbststeuernden Zielbohrgerätes für so große Tiefen die vorausseilende, fast 600 m tiefe Pilotbohrung mit der bemerkenswerten Genauigkeit von nur 1 m Lotabweichung am Fußpunkt ausgeführt werden. Der Vollausbruch mittels der Raise-Boring-Methode erreichte durchschnittliche Ausbruchsleistungen von fast 20 m pro Tag.

## Abstract

The longitudinal section through the power conduits of the power development Uttendorf II owned by the Austrian railways as well as two further cross sections convey an idea of the lithological and structural features in the northern part of the central Hohe Tauern.

Sediments of the Bündnerschiefer Formation deformed during the Alpine orogenesis, and metamagmatites of the Habach Formation showing Alpine and pre-Alpine structures form a thick wedge shaped system as a tectonic intercalation between Glockner Nappe and Venediger Nappe (Riffl Nappe). Detailed lithological documentation has proved that some

rocks traditionally assumed to be strongly deformed orthogneisses on top of the Riffl Nappe are in fact metasediments that should be attributed partly to the Bündnerschiefer Formation and partly to the Wustkogel Formation. These rocks of the Bündnerschiefer Formation are continental in character and are described here as **Stubach Facies**.

In addition, engineering geological experience gathered during project design and during the mechanical excavation of the 12 km long power tunnel and the 587 m deep pressure shaft is presented and discussed.

This included world records of more than 100 m bored per day for the excavation of the power tunnel just as well as two times of complete standstill due to caving in the serpentinite formations. For the excavation of the shaft, which extensive geological studies had located at the apex of a large anticlinal structure of the Falkenbach block, an almost 600 m deep pilot boring was sunk. With the help of an automatic-control target drill used for the first time for a depth of this magnitude, the accuracy achieved was remarkable, corresponding to as a little as 1 m of deviation from the vertical at the foot. Full-face work using the raise-boring method reached an average rate of advance of almost 20 m per day.

## 1. Einleitung

Die Österreichischen Bundesbahnen beziehen gegenwärtig ihren Traktionsstrom aus acht eigenen und sieben bahnfremden Wasserkraftwerken. Vier Umformerwerke ermöglichen darüber hinaus die Stromeinspeisung aus dem Netz der Verbundgesellschaft. Der ständig steigende Strombedarf, nicht zuletzt auch verursacht durch die Bemühungen, mehr Anteile des Gütertransportes von der Straße auf die Schiene zu verlegen, zwingt die Österreichischen Bundesbahnen, auch weitere Bahnkraftwerke zu bauen oder bestehende in ihrem Wirkungsgrad zu verbessern. Eine solche betriebswirtschaftliche Überlegung führte auch zum Bau der Kraftwerkstufe Uttendorf II im Stubachtal. Die Zusammenfassung der Gefällsstufen der beiden bestehenden Kraftwerke Schneiderau und Uttendorf I, die weiterhin in Betrieb bleiben, ermöglicht bei einer Nutzfallohne von 664 m den zusätzlichen Gewinn einer Ausbauleistung von 66 MW.

Für die Realisierung des Kraftwerkes Uttendorf II war es notwendig, vom Ausgleichsbecken Enzingerboden einen 10,3 km langen, praktisch horizontalen Druckstollen in der östlichen Talflanke des Stubachtals gegen Norden zu einem schon nahe an der Einmündung zum Salzachtal gelegenen Wasserschloß beziehungsweise zur Apparatekammer unter dem „Atzbichl“ zu bauen.

Ein 587 m tiefer Lotschacht führt von hier zu ei-

nem weiteren, ca. 1,5 km langen, unteren Druckstollen, auch Flachstrecke genannt.

Schließlich stellt eine 100 m lange Druckrohrleitung die Verbindung zur Kraftstation im Talboden und ihren zwei Maschinensätzen mit je 33 MW Leistung her.

Die Stollen und Schächte des Kraftwerkes Uttendorf II ermöglichten einen so detaillierten Einblick in die geologische Schichtenabfolge und in die Strukturen, wie man ihn aus Obertagekartierungen nie erhalten kann. Da darüber hinaus auch ein äußerst interessantes Profil zur Vervollständigung unserer Kenntnisse über die nördliche Randzone des Tauernfensters erschlossen wurde, haben sich die Bearbeiter zur Veröffentlichung der wichtigsten Ergebnisse entschlossen.

## 2. Geologische Projektentwicklung

Im Jahr 1984 erfolgte die Auftragserteilung der Österreichischen Bundesbahnen zur geologischen Bearbeitung des Projektes KW Uttendorf II an das Büro für Baugeologie Dr. W. Demmer. Die Ergebnisse sind in dem geologischen Vorbericht mit fünf Anlagen vom 9. November 1984 zusammengefaßt.

Es wurden weder Geländekartierungen noch künstliche Aufschlußarbeiten getätigt. Im Zuge einer Geländebegehung konnten jedoch schon die grundsätzlichen geologischen Schwierigkeiten im Kraftabstiegsbereich und im Raume der Grindschachenalm erkannt werden. Im ersten Fall lagen äußerst komplizierte Lagerungsverhältnisse mit mächtigen Störungszonen vor und im zweiten Fall wurde eine ausgedehnte Bergsackungsmasse erkannt. Beides führte zu der Empfehlung, noch detailliertere Geländekartierungen durchzuführen und auch die Stollentrasse unter Inkaufnahme eines geringfügig längeren Triebwasserweges so zu verschwenken, daß man mit Sicherheit der Sackungsmasse ausweicht.

1985 sind ausgedehnte Geländekartierungen entlang der gesamten Stollentrasse im Maßstab 1:10.000 und beim Kraftabstieg im Maßstab 1:2.000 durch W. MÖRTH und W. DEMMER erfolgt und durch seismische Untersuchungen im Bereich der Kraftstation ergänzt worden. Umplanungen in der Trassenführung mit dem Ziel einer optimalen Anpassung an die geologischen Verhältnisse waren die technische Reaktion. Die Ergebnisse sind in dem Geologischen Bericht vom August 1985 zusammengefaßt.

Die Bergsackungsmasse konnte in ihrem gesamten Ausmaß bestätigt werden. Der Druckstollen wurde daher gegen Osten verschoben, um mit Sicherheit im festen Gebirgsverband die Sackung umgehen zu können. Beim Kraftabstieg ist der zunächst ins Auge gefaßt Schrägschacht auf einen Vertikalschacht umgeplant worden. Erkundungsbohrungen sollten jedoch noch offene Details klären helfen.

Noch in der zweiten Sommerhälfte sind im Bereich des damals geplanten Wasserschlosses und bei der Kraftstation Kernbohrungen ausgeführt worden. Dieser Geländeabschnitt ist wegen seiner extremen geologischen Komplikation auf Wunsch W. DEMMERs auch nochmals von G. PESTAL völlig unabhängig kartiert worden.

Das Ergebnis war zwar geologisch sehr interessant, aus der Sicht des Projektanten jedoch zermürend: Man gewann den Eindruck, daß gerade der Kalkmarmorkopf am rechten Ausgang des Stubachtalles, der zunächst von den Projektanten für den Druckschacht ausgesucht wurde, von Störungszonen förmlich eingehüllt war. Die technische Konsequenz war das völlige Verlassen des Kalkkopfes und die Verlegung des Wasserschlosses auf einen weiter talwärts liegenden Felskopf, auch „Prasinitkopf“ genannt. Dort ergaben die Geländekartierungen eine Antiklinalstruktur aus festen phyllitischen Quarzserizitschiefern mit zwischengelagerten Prasiniten der Habachserie.

Sämtliche neuen Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Geländekartierungen, Bohrungen, seismischen Untersuchungen und gesteinsmechanischen Labortests im Jahre 1985 sind in dem „Geologischen Bericht – 1. Ergänzung“ von W. DEMMER (Jänner 1986) festgehalten. Dieser Bericht war auch die baugeologische Grundlage für das wasserrechtliche Bewilligungsverfahren, das mit einem positiven Bescheid vom 9. 6. 1986 abgeschlossen wurde.

1987 erfolgte der Baubeginn. Während der gesamten Stollen- und Schachtausbruchsarbeiten war Ch. MILOTA auf der Baustelle anwesend und für die genaue geologische Dokumentation verantwortlich.

1990 konnte noch unmittelbar vor Jahresende der Probetrieb und im Frühjahr 1991 der Vollbetrieb aufgenommen werden.

## 3. Erläuterungen zum geologischen Rahmen

Die tektonische Übersicht (Beil. 1) zeigt den **nördlichen Teil des mittleren Tauernfensters**, des größten penninischen Fensters der Ostalpen. Die Lage der Profile vermittelt einen Querschnitt vom Granatspitzkern, dem tektonisch tiefsten Stockwerk der mittleren Hohen Tauern, bis zur Nordrahmenzone. Der Triebwasserweg des KW Uttendorf II (Prof. 2) erschloß aufgrund seiner S–N Ausrichtung alle wichtigen Schichtglieder der den Granatspitzkern im Norden umhüllenden Gesteinsserien. Diese Schieferhülle repräsentiert eine Schichtenabfolge, die möglicherweise sogar oberproterozoische, sicher aber paläozoische und mesozoische Anteile einschließt.

Die Klammkalkzone und die Sandstein-Brekzien-Zone werden im Sinne von EXNER 1979 als **Nordrahmenzone** zusammengefaßt. Sie weist viele Anzeichen einer Melangezone auf und kann als Äquivalent der Matreier Zone im Norden der Hohen Tauern betrachtet werden. Die Sandstein-Brekzien-Zone, die noch vom Profil 3 erfaßt wird, beinhaltet auch die vermutlich jüngsten Gesteinsschichten der mittleren Hohen Tauern, nämlich klastische Gesteine des Tauernflysch nach PREY 1977, die kurz vor oder während des Tauernzuschubs in der höheren Unterkreide zur Ablagerung kamen.

Ein bedeutendes Ereignis für die Gliederung im Bereich des heutigen Tauernfensters erfolgte im mittleren Jura mit der Produktion ozeanischer Kruste in der Folge des Aufreißens des „südpenninischen Trog“. Dieser lag südlich einer stabilen, im Zuge der variszischen Orogenese konsolidierten „mittelpenninischen“ Schwelle, die durch kontinentale Kruste charakterisiert ist. Metamorphe Reste dieser Dehnungsphase können in den **ophiolithischen Grüngesteinen der Bündnerschieferformation**<sup>1</sup> wiedergefunden werden.

Besonders gut haben sich diese ursprünglichen Zusammenhänge in den Grüngesteinslagen zwischen Stubachtal und Rattensbachtal an der Basis des Königstuhls erhalten, wo man nach HÖCK 1980 tatsächlich noch die ursprüngliche Ophiolith-Folge: Ultrabazit-Metagabbro-Metabasalt findet (vgl. dazu auch Prof. 2).

Abgesehen von der ebenfalls jurassischen Hochsteinfohformation, die als reine Schwellenfazies in den westlichen Hohen Tauern und in den Zillertaler Alpen auftritt, können innerhalb der **Bündnerschieferformation** nach FRASL und FRANK 1966 drei verschiedene Faziesbereiche abgegrenzt werden. Von N nach S, entsprechend ihrer paläogeographischen Anordnung, sind dies die **Brennkogel-, die Glockner- und die Fuscherfazies**. Die an ihrer Basis stratigraphisch mit der Karbonatgesteinsformation (Seidlwinkel-Trias nach FRASL 1958) verbundene Brennkogelfazies repräsentiert dabei etwa den Übergangsbereich zwischen kontinentaler und ozeanischer Entwicklung.

Im Bereich unserer Profilschnitte tritt eine weitere Bündnerschieferentwicklung mit deutlich kontinentaler Beeinflussung auf. Charakteristisch ist das Auftreten von hellen quarzitischen Glimmerschiefern bzw. Arkosegneisen mit fein- und grobklastischen Einschaltungen von karbonatischen (Dolomit-, Bändermarmorgerölle etc.) sowie evaporitischen Komponenten. Grünliche Phyllite leiten ohne scharfe Grenzen in dunkle, teilweise kalkfreie, teilweise kalkige Phyllite über. Eingelagert treten dünne Kalkmar-

morbanke auf. Aus Klüften mit Fuchsitbelägen waren im Stollen wiederholt sulfatangereicherte Wasserzutritte zu beobachten. Da sich diese Gesteinsabfolge in wesentlichen Punkten deutlich von der Brennkogelfazies unterscheidet, wird sie in der Folge als **Stubachfazies** bezeichnet. Im Liegenden der Bündnerschiefer der Stubachfazies tritt im Stollenprofil nur die **Wustkogelformation** (FRASL 1958) mit Phengitquarziten, Serizitquarziten und Arkosegneisen auf. Die triadische Karbonatgesteinsformation fehlt.

In der „**Glocknerdecke**“ (STAUB 1924, FRANK 1965) liegen heute Bündnerschiefer in Glockner- und Fuscherfazies über der „mittelpenninischen“ Zone, die als „**Venedigerdecke**“ (FRISCH 1976) bezeichnet wird (vgl. dazu auch die tektonische Übersicht Beil. 1). Die Venedigerdecke unterscheidet sich demnach im Untersuchungsgebiet nicht nur durch ihre kontinentale Basis, inklusive Wustkogel- und Karbonatgesteinsformation, sondern auch durch die Fazies ihrer jurassischen Bündnerschieferformation (Stubachfazies) von der Glocknerdecke. Der größte Anteil der Venedigerdecke wird jedoch von vorpermischen Gesteinsformationen der Schieferhülle (Habachformation und Formation der Alten Gneise) und den im Oberkarbon (CLIFF 1981, PESTAL 1983) in diese intrudierenden sauren Magmatiten, die uns heute als Zentralgneise bekannt sind, aufgebaut.

Die **Venedigerdecke** weist im Untersuchungsgebiet einen zweischichtigen Internbau auf, der vielleicht zum Teil schon variszisch angelegt, aber hauptsächlich durch alpine Tektonik gestaltet wurde. Im Gebiet der mittleren Hohen Tauern wird die Venedigerdecke einerseits durch den Granatspitzkern und die Granatspitzhülle (Basisamphibolit, Biotitporphyroblastenschiefer und Zwölferzug) als tiefere Einheit in autochthoner bis paraautochthoner Position repräsentiert. Andererseits sind der Venedigerlappen und die Habachzunge, ebenfalls in paraautochthoner Stellung, samt deren Hüllen (Ophiolithfolge und Inselbogenfolge der Habachformation sowie Formation der Alten Gneise), die teilweise über der Granatspitzzone lagern und in dieser allochthonen Position als **Riffdecke** bezeichnet werden, am Aufbau der Venedigerdecke beteiligt.

Die **Habachformation** wurde erstmals von FRASL 1958 definiert und im wesentlichen als altpaläozoische, vulkanisch-sedimentäre Geosynklinalfüllung gedeutet. Aber erst HÖCK 1991 gelang es, aufbauend auf einer Vielzahl geochemischer Untersuchungen gleichartige Formationen auch außerhalb der mittleren Hohen Tauern, die in der Tauernliteratur meist unter lokalen Arbeitsbegriffen beschrieben wurden, ebenfalls in die Habachformation einzu beziehen. Weiters können nach HÖCK nun drei unterscheidbare Folgen innerhalb der Habachformation im gesamten Tauernfenster charakterisiert werden.

<sup>1</sup>Nach der Definition von HEDBERG 1976 ist die Bezeichnung „Formation“ für lithostratigraphische Einheiten zu verwenden.

Dies sind eine **ophiolithische Folge**, eine **Inselbogen Sequenz** und die **Eiser Einheit**. Alterseinstufungen aufgrund von geochronologischen Untersuchungen (v. QUADT 1985, VÁVRA 1989) und vereinzelte Acretarchenfunde (REITZ und HÖLL 1988) reichen vom Oberproterozoikum bis ins Karbon. Als genetisches Modell für die Habachformation wird nun ein langfristig aktiver Kontinentalrand betrachtet, an dem während des gesamten Paläozoikums verschiedene Terranes angelagert wurden. Erst nach der Intrusion der Zentralgneise im Oberkarbon ist dieser Krustenstreifen als konsolidiert zu betrachten (HÖCK 1991).

Eine Zuordnung der in den Profilschnitten angeordneten Gesteine der Habachformation in die von HÖCK 1991 charakterisierten Folgen, erscheint mangels geochemischer Untersuchungsergebnisse etwas risikoreich. Trotzdem wird man wohl die Hauptmasse der aufgefundenen sauren und intermediären Gneise und Schiefer der Habachformation zur Inselbogenfolge rechnen können. Die Habachphyllite sind allgemein durch primäre Übergänge mit der Inselbogenfolge verknüpft. Hinweise auf die Ophiolithfolge konnten einerseits durch „Pillow-Strukturen“ in den Amphiboliten gefunden werden, andererseits wird der gesamte Basisamphibolitkomplex, der Stubacher Ultrabasis eingeschlossen, von HÖCK 1991 zu dieser gezählt. Die Biotitporphyroblastenschiefer wiederum entsprechen exakt der Eiser Folge. Auch der nachweislich von einer voralpinen amphibolitfazialen Metamorphose geprägte, altkristalline Gesteinsinhalt des Zwölferzuges kann der Habachformation zugeordnet werden.

Die **Formation der Alten Gneise** (KARL 1957, FRASL und FRANK 1966) wird nur im Profilschnitt 3 im Scharrkogelgneis und einigen Zügen migmatischer Paragneise und Amphibolite angetroffen. In besserer Ausbildung innerhalb der Riffeldecke ist die vorerwähnte Formation SSE des Scharrkogels im hinteren Kaprunertal im Bereich des Hochweißfeldes zu finden.

Die allseitig unter die Schieferhülle abtauchende Granitgneiskuppel des **Granatspitzkerns** ist die tektonisch tiefste Einheit der mittleren Hohen Tauern. Der primäre Intrusionsverband mit dem Basisamphibolit der Granatspitzhülle ist in der Bocksperrklamm beim Enzingerboden (CORNELIUS und CLAR 1939) noch lokal zu beobachten (vgl. Prof. 2). Geochemischen Untersuchungen zufolge zeigt der Granitgneis des Granatspitzkerns deutliche S-Typ Affinität, während bei der Mehrzahl der übrigen großen Zentralgneiskerne im Tauernfenster die I-Typ Granitoide vorherrschen (FINGER und STEYRER 1988). Von CLIFF 1981 vorgenommene absolute Altersbestimmungen erbrachten ein karbonates Intrusionsalter für den Granatspitzkern.

#### 4. Zur Geologie des Triebwasserweges Uttendorf II

(Die angegebenen Stationierungen beziehen sich auf die Firste und in Vortriebsrichtung, das ist von Norden nach Süden)

Der am nördlichsten gelegene Triebwasserabschnitt ist der 1559,98 m lange **untere Druckstollen** (Flachstrecke), welcher mit Ausnahme einer etwa 60 Meter langen Hangschuttstrecke am Beginn des Stollens zur Gänze in *Gesteinen des Falkenbachlappens* der Venedigerdecke liegt. Größtenteils wurden Quarz-Serizitschiefer bzw. auch „milde“, prasinitische Gesteine, im tieferen Abschnitt des Stollens, gegen den Fußpunkt des Lotschachtes zu, zumeist Quarz-Serizit-Chloritschiefer angetroffen. Charakteristisch ist das Auftreten von cm- bis dm- dünnen, schieferungsparallel eingelagerten Quarzbändern und -lagen bzw. von Quarzknaurn im Bereich von Faltenkernen. Auch undeutlich abgegrenzte Übergänge zu prasinitischen Bereichen wurden beobachtet. Letztere zeichnen sich vor allem durch eine deutlich grünliche Färbung, bedingt durch Epidot und Chlorit, und einen durchwegs hohen, auch makroskopisch gut erkennbaren Magnetitgehalt aus. Weiters gibt es Einschaltungen von hellen, teilweise quarzitischeschiefern mit allen Übergängen zu dunkelgrünen, prasinitischen Gesteinen. Diese Gesteinsfolge zeigt durch ihre schieferungsparallele Wechselagerung im dm- bis m-Bereich ein gebändertes Aussehen. An zwei Stellen waren im Stollen mächtigere Pakete von dunklen Phylliten diskordant eingeschaltet, die vor allem in ihren Randzonen intensiv tektonisch überprägt sind (starke Verfaltung der Gesteine bis in den cm-Bereich, durchwegs verharnischte Schieferungsflächen, Auftreten von mm-dünnen mylonitischen Belägen auf den Schieferungsflächen etc.).

Die dunklen Phyllite zeigen sowohl parallel zur Schieferung als auch lateral alle Übergänge zu hellen Typen (Muskovitphyllite, Muskovit-Chloritphyllite), die meist als dm- bis m-mächtige Einschaltungen auftreten. Im letzten Drittel des unteren Druckstollens kommen vermehrt Einschaltungen von unscharf abgegrenzten, prasinitischen Partien vor.

Der **Lotschacht** wurde mit Ausnahme der obersten ca. 155 m, die in dunklen Phylliten liegen, in derselben Einheit und petrographischen Abfolge wie der innerste Abschnitt des unteren Druckstollens ausgebrochen. Es handelt sich vorwiegend um helle, grünliche Quarz-Serizitschiefer mit zum Teil deutlichem Albitgehalt. Unscharfe Übergänge zu hellen Phylliten, aber auch zu massigeren Lagen und „Ballen“ von Albitgneisen mit charakteristischen Chloritflecken wurden wiederholt beobachtet.

Der gesamte, konventionell hergestellte **Zugangsstollen zur Apparatekammer** (am Kopf des Lot-

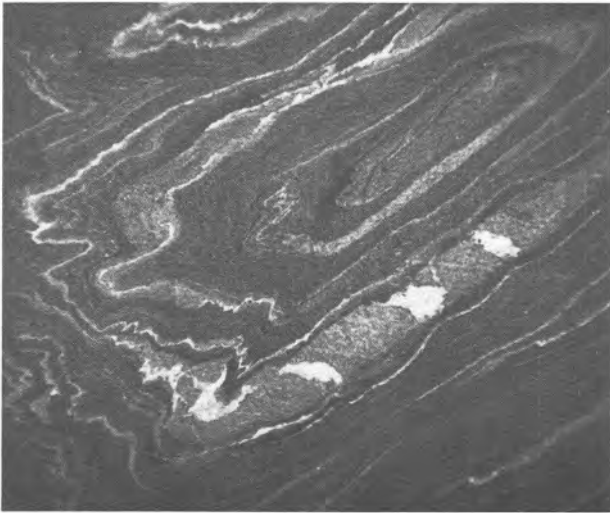


Abb. 1: Oberer Druckstollen, Station 4562 m : Intensiv verfaltete Prasinite, von zahlreichen Kalksilikatgesteinslagen durchzogen.

Fig. 1: Upper pressure tunnel, station 4562 m: Intensely folded prasinites are intercalated by various calc-silicate rock layers.

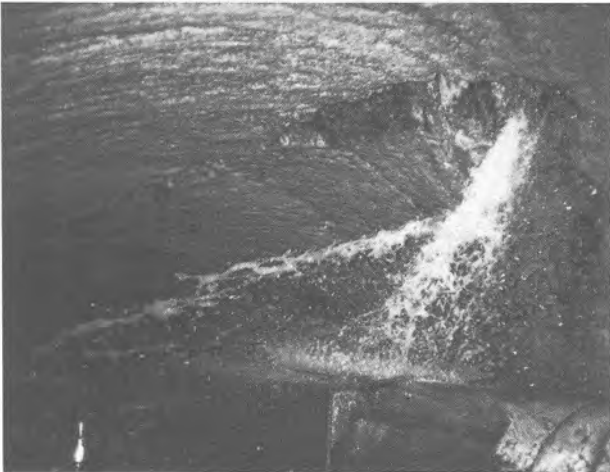


Abb. 2: Oberer Druckstollen, Station 4177 m: Massive Wasserzutritte im Bereich der Kalkglimmerschiefer aus Kluftkarstspalten im Firstbereich.

Fig. 2: Upper pressure tunnel, station 4177 m: Heavy inflow of water through a karstified feeder in calc-mica-schists at the hanging wall.

schachtes gelegen) und das anschließende **Wasserschloß**, sowie die ersten ca. 2,7 km des oberen Druckstollens wurden in *dunklen Phylliten der Habachformation* (Falkenbachlappen) ausgebrochen. Charakteristisch für diese Gesteine sind die häufig und in unterschiedlichster Mächtigkeit auftretenden Einschaltungen von hellgrünen, quarzreichen Phylliten und Quarz-Serizitschiefern. Steilstehende ac-

Klüfte mit geringer Erstreckung sind oft mit einem Rasen aus feinsten Pyritkristallen besetzt. Flachliegende, ENE-WSW streichende Verformungsachsen im ersten Abschnitt des oberen Druckstollens führten zu „walzen- bis stengelförmiger“ Deformation der Phyllite. Als Einschaltungen in diesen dunklen Phylliten konnten örtlich unterschiedlich mächtige Bänder von zumeist dunklen, feinkörnigen Graphitquarziten (Lyditen) und an zwei Stellen im Druckstollen (um Station 2000 m) auch helle Quarzite beobachtet werden. Weiters treten im Bereich um Station 1450 m und 1840 m Geröllhorizonte mit Einschaltungen von oft faustgroßen Fremdgesteinskomponenten (Gneise, Quarzite etc.) auf.

Im **oberen Druckstollen** wurde in Annäherung an die Glocknerdecke zwischen Station 2750 m und 3250 m eine *Schuppenzone zwischen Venediger- und Glocknerdecke* durchörtert. Den Beginn dieser Zone markiert ohne scharfe Begrenzung ein etwa 30 m mächtiger, stark tektonisch überprägter Abschnitt in den dunklen Phylliten der Habachformation. Die Kernzone kann als lithologisch heterogener, strukturell aber einheitlich steil gelagerter und nur an den Grenzen der einzelnen Gesteinspakete deutlich tektonisierter Bereich charakterisiert werden. Am Beginn treten zumeist helle Muskovit-Chloritphyllite, wechsellagernd mit dunklen Phylliten sowie örtlich auch kalkigen Schwarzphylliten auf. Gegen die Glocknerdecke zu waren auch Einschaltungen von prasinitischen Bänken, gneisigen Abfolgen (Albit-Epidotgneise), dunklen, tw. kalkigen Phylliten, Chloritfleckenschiefern und dünnen Marmorbändern bzw. Dolomit- und Marmorlinsen zu beobachten.

Mit dem Beginn der ersten eindeutig abgrenzbaren Abfolge aus Prasinitten und Glimmermarmoren drang der Stollen in die *Glocknerdecke* ein.

Der im oberen Druckstollen zwischen Station 3250 m und 4995 m aufgefahrene hangende Anteil der Glocknerdecke wird von Prasinitten und zwei mächtigen Glimmermarmorpaketen (Kalkglimmerschiefer) aufgebaut (Abb. 1). Im Grenzbereich der Glimmermarmore treten häufig dünne Lagen von Granat-führenden Muskovitschiefern auf. Im Gegensatz zu den sehr kompakten, nur mäßig geklüfteten Prasinitten sind die Glimmermarmore über große Bereiche intensiv geklüftet, wobei in diesen Zonen auch massive Wasserzutritte zu verzeichnen waren. Aus Kluftkarstspalten (Abb. 2) gab es konzentrierte Wassereinbrüche in den Stollen bis zu 30 l/sec. mit bis zu 12 bar Druck.

Zwischen Station 4720 m und 4990 m wurden im oberen Druckstollen gut geschieferte, deutlich Chlorit-führende Prasinite bis Chloritschiefer angetroffen, die sich vor allem durch eine verminderte Kalksilikatführung von den bis dahin angetroffenen Prasinitten unterscheiden. Anschließend daran gelangte der Stollenvortrieb in die sogenannte „Serpentin-

strecke“. Durch die größtenteils subparallele bis fallweise auch parallele Streichrichtung der Gesteine dieser Zone zur Stollenvortriebsrichtung begleitete diese Gesteinsserie den Vortrieb bis zur Station 5447 m. Sie war stollenbautechnisch äußerst schwierig zu beherrschen, so daß man versuchte, mit einer Achsver-schwenkung schneller tragfähiges Gebirge zu erreichen.

Zumeist wurden stark durchbewegte, intensiv linsig zerscherte Serpentinite angetroffen, die von unterschiedlich mächtigen Talkschiefereinschaltungen durchsetzt sind. Klüfte und Schieferungsfugen zeigen oft Asbest- oder Talkbeläge. Zonenweise treten auch von oktaedrischen Magnetitkristallen durchsetzte Chlorit- und Aktinolithschiefer bis Aktinolithfelse auf. Um Station 5102 m und in der Folge bis etwa Station 5130 m kommen immer wieder dm- bis m-dicke Linsen von sehr kompakten und „zähen“ Metagabbros vor. Sie sind an ihren Rändern von stark verharnischten Talkschieferpartien eingehüllt. Ebenso markant und fast „schlagartig“, wie sie begonnen hat, endet die „Serpentinitzone“ auch bei Station 5447 m mit dem Auftreten von harten Granat-führenden Prasiniten. Dieser liegende Abschnitt der Glocknerdecke war durch oftmalige, unterschiedlich mächtige Abfolgen von Prasiniten und Glimmermarmoren lithologisch intensiv gegliedert. Zwischen Station 5725 m und 5730 m wurde ein zweiter, 5 m mächtiger Abschnitt der „Serpentinitzone“ mit Chlorit- und Talkschiefern durchörtert. Auch in diesem liegenden Anteil der Glocknerdecke kam es in den karbonatischen Gesteinen zu Wasserzutritten, die allerdings mengenmäßig weit unter jenen aus den ersten, weit mächtigeren Glimmermarmorpaketen blieben. Mit dem Ende des letzten mächtigen Glimmermarmorzuges erreichte man etwa bei Station 6205 m das Ende der Glocknerdecke.

Der Druckstollenvortrieb gelangte nun abermals in eine *Schuppenzone zwischen Glockner- und Venedigerdecke* (Druckstollenstation 6205 m bis 6645 m). In diesem petrographisch wiederum sehr heterogen aufgebauten Abschnitt wurden grünliche Arkosegneise (teilweise quarzitisch und/oder mit Dolomiteinschaltungen), stark vererzte, feinkörnige Albitgneise sowie Biotitschiefer, örtlich mit Hellglimmerblasten angetroffen. Der größte Teil dieser Zone wird von Albit-Biotit-Epidotgneisen bis Biotitgneisen (Abb. 3) und Prasiniten aufgebaut, die von zahlreichen hellen, aplitischen Einschaltungen (Gängen) durchzogen sind und deutlich voralpine Strukturen erkennen lassen. Bei Station 6577 m durchschlagen zwei Lamprophyrgänge (Abb. 4) diese Einheiten.

In diese Gesteinsabfolge sind diskordant drei Pakete von mesozoischen Sedimenten wie Glimmermarmore (Abb. 5) und dunkle, kalkige Phyllite mit rein alpidischen Strukturen eingespießt.

Der folgende Stollenabschnitt zwischen **Station**

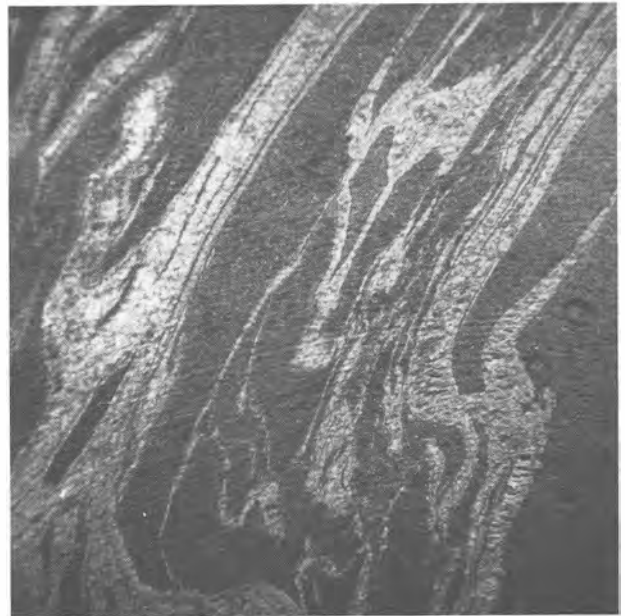


Abb. 3: Oberer Druckstollen, Station 6568 m: Von hellen Aplitgängen durchhärderte Albit-Biotit-Epidotgneise der Habachformation.

Fig. 3: Upper pressure tunnel, station 6568 m: Leucocratic reticulated aplitic veins intruded the albite-biotite-epidote-gneisses of the Habach Formation.

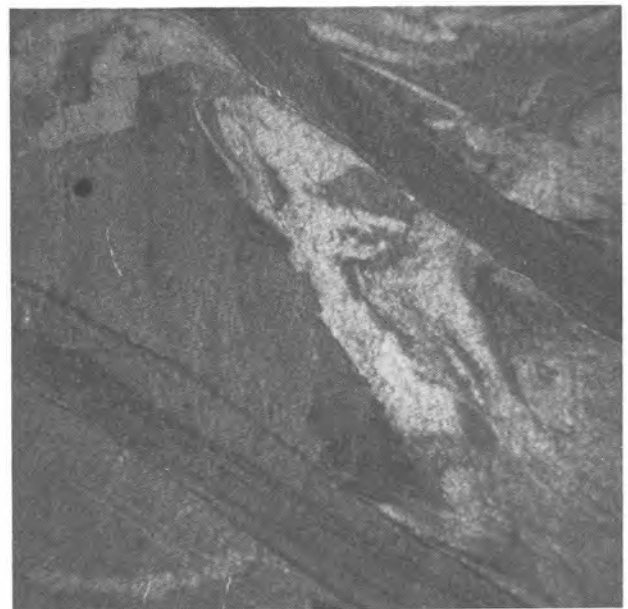


Abb. 4: Oberer Druckstollen, Station 6577 m: Stark deformierte Prasinite und Biotitschiefer mit Aplitgängen werden diskordant von zwei Lamprophyrgängen durchschlagen.

Fig. 4: Upper pressure tunnel, station 6577 m: Strongly deformed prasinites and biotite-schists with aplitic veins are intruded by two lamprophyric dikes.

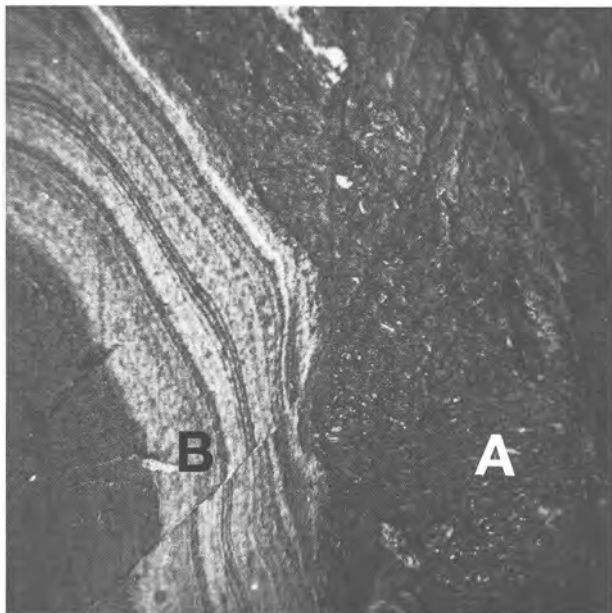


Abb. 5: Oberer Druckstollen, Station 6434 m: A) Intensiv verfaltete Biotitschiefer der Habachformation. B) Die Glimmermarmore der Bündnerschieferformation weisen hingegen nur alpine Strukturen auf.

Fig. 5: Upper pressure tunnel, station 6434 m: A) Intensively folded biotite-schists of the Habach Formation. B) Mica-rich marbles of the Bündnerschiefer Formation which depict only Alpine structures.

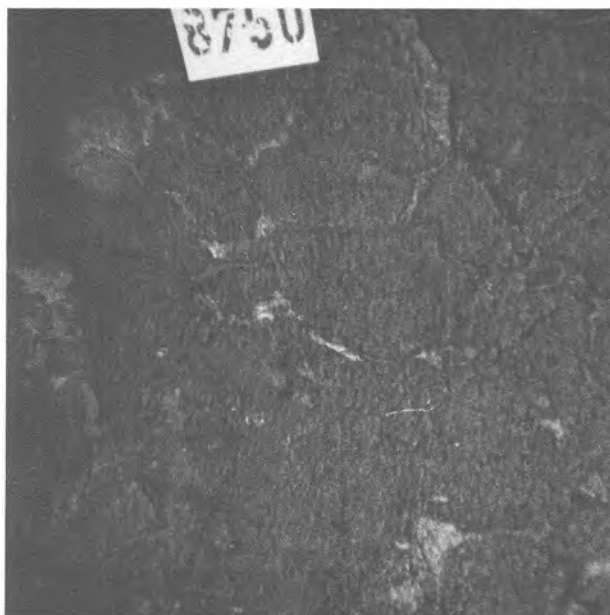


Abb. 6: Oberer Druckstollen, Station 8750 m: Von Epidositrändern umgebene Amphibolite werden als metamorphe Reste von Pillowstrukturen in den Metamagmatiten der Habachformation interpretiert.

Fig. 6: Upper pressure tunnel, station 8750 m: Amphibolites surrounded by epidote-rich margins are interpreted as pillow-structures within the huge mass of metamagmatites of the Habach Formation.

**6645 m und 7105 m** wird als „Sulfatstrecke“ bezeichnet. Hauptgesteine sind helle, quarzitisches Glimmerschiefer, Arkosegneise, dunkle, zumeist kalkreiche Phyllite und helle Glimmermarmore (Bündnerschiefer in „Stubachfazies“). In diesen Gesteinen sind immer wieder Dolomitlinsen, -lagen und -bänder eingeschaltet, in denen Anhydrit röntgenographisch nachgewiesen werden konnte. Örtlich treten diese Karbonate zellig-porig auf und führen in diesen Bereichen große Mengen von Fuchsit. Der letztgenannte Abschnitt ist durch das Auftreten sulfathaltiger Wässer charakterisiert – daher auch die Bezeichnung „Sulfatstrecke“.

Im Liegenden der Stubachfazies erreicht der Druckstollen **ab Station 7105 m** die *Wustkogelformation*, aufgebaut aus Phengitquarziten, Serizitquarziten und Arkosegneisen mit Hämatitvererzungsspuren. Ohne scharfe Grenze gehen die für die Wustkogelformation typischen Metasedimente in Augengneise über. Der gesamte Paragesteinscharakter dieser Einheit geht immer mehr verloren, bis schließlich bei Station 7850 m der Augengneis mit Intrusivkontakt an Biotit- bzw. Albit-Biotit-Epidotgneise der Habachformation angrenzt.

In weiterer Folge bauen typische *Metamagmatite der Habachformation* wie Biotitgneise, Albit-Biotit-Epidotgneise sowie Prasinite und Amphibolite das durchörterte Gebirge auf. In den ersten Abschnitten

dieser Formation kommen bis Station 7990 m immer wieder Einschaltungen von mehreren m-mächtigen Aplitgneisgängen vor. Bei Station 8750 m wurden Strukturen angetroffen, die W. Frank (mündl. Mitteilung) als *Pillows* deutete (Abb. 6).

Zwischen Station 8900 m und 9085 m treten wechsellagernd in 1–5 m-mächtigen Paketen Albit-Epidotgneise mit charakteristischen Chloritflecken (z. T. Granat-führend), Prasinite, Granat-Amphibolite, Granat-führende dunkle Phyllite, Granat-Muskovitschiefer und Chloritphyllite auf.

**Ab Station 9085 m** bis zum Peridotitstock bei Station 9447 m folgt die „*Biotitporphyroblastenschieferfolge*“ (Eiser Einheit nach HÖCK 1991). Zunächst überwiegt der sedimentäre Einfluß (Auf-treten von dunklen Phylliten und dunklen Biotit-Plagioklasschiefern bis -gneisen) und anschließend im Liegenden eher der tuffogene Einfluß. Hier dominieren prasinitische Gesteine mit dünnen Lagen von Graphitquarziten sowie gelegentlichen Einschaltungen von gneisigen Lagen. Bemerkenswert ist ein 0,5 m dicker basischer Gang bei Station 9372 m.

Diskordante intermediäre bis saure Gänge konnten neben zahlreichen Geröllhorizonten (Metaagglomerate) im sedimentären Anteil der Biotitporphyroblastenschiefer beobachtet werden (Abb. 7 und 8).

Die Randzone des *Stubacher Ultrabasites* (Peridotit) war durch einen etwa 20 m langen, petrogra-

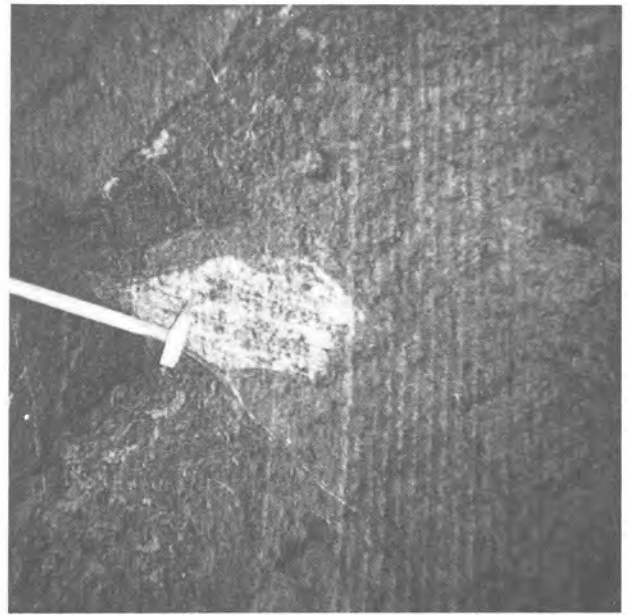


Abb. 7 und 8: Oberer Druckstollen, Station 9320 m: Epidot-Plagioklasgneis- und Prasinitkomponenten in dunklen Biotit-Plagioklasschiefern werden als Metaagglomerathorizonte interpretiert.

Fig. 7 and 8: Upper pressure tunnel, station 9320 m: Conglomeratic epidote-plagioclase-gneiss and prasinite debris in dark biotite-plagioclase-schists are interpreted as metaagglomerates.

phisch sehr wechselhaften Abschnitt gekennzeichnet. Am Beginn tritt der *Basisamphibolit* als nur 3 m-mächtige, extrem zerscherte Einschaltung auf. Er war im Stollen nur aufgrund seiner Position zwischen Biotitporphyroblastenschiefern und dem Stübacher Ultrabazit als Basisamphibolit zu erkennen. Bis zur Station 9447 m (Beginn des Ultrabasites) konnten Serpentinrandgesteine wie Talkschiefer, teilweise mit Breunnerit, Tremolitschiefer, reine Biotit (Phlogopit) Gesteine, Aktinolithschieferbänder sowie Serpentine mit zahlreichen Asbestklüften (hydrothermaler Chrysotilasbest) ausgeschieden werden. Der Peridotit ist durchgehend regellos geklüftet und hauptsächlich in seinen Randbereichen immer wieder von Chlorit- und Talkschieferbändern durchzogen. Klüftfüllungen in Form von stark verschieferten Abschnitten aus reinen Biotititen (einige dm-mächtig), mit Talk und/oder Asbest verfüllte Klüfte, kleine, mit dunkelgrünem Antigorit verfüllte Klüfte sowie eine mächtige, von Tremolit gefüllte Kluft wurden im Ultrabazit aufgefahren. Dieser steht bis zum Ende des oberen Druckstollens am Enzingerboden an.

## 5. Bauerfahrungen

Der Bauausschreibung ist ein eigener, auf die praktischen Erfordernisse abgestimmter geologischer Bericht (W. DEMMER, April 1986) beigelegt worden.

Nach den geologischen Vorerkundungen erschien es möglich, sowohl die Druckstollen als auch den Ver-

tikalschacht mit Stollenfräsen mechanisch auszubereichen.

### 5.1. Oberer Druckstollen

Für den teilweise extrem harten *Peridotit* im südlichsten Abschnitt des oberen Druckstollens lagen noch keine Ausbruchserfahrungen mit Stollenfräsen vor, so daß man vorbereitet war, dieses Teilstück nötigenfalls auch mit einem konventionellen Ausbruch zu durchörteren. Schließlich gelang jedoch der Stollenausbruch mit der Tunnelfräse, wobei sogar in intensiver geklüfteten Teilabschnitten Vortriebsleistungen bis zu 40 m/Tag möglich waren. Allerdings war der **Werkzeugverschleiß** beachtlich. Oft mußte eine halbe Tagschicht zum Wechseln der Meißel aufgewendet werden. In sehr massigen Formationen sind jedoch die Tagesleistungen unter 10 m abgesunken.

In den phyllitischen Schiefern der Habachformation haben die größten **Tagesleistungen** der eingesetzten Tunnelbohrmaschine 100 m Ausbruch knapp überschritten. Das war bis dahin Weltrekord.

Große Vortriebsprobleme hat jedoch die *Serpentineinschaltung* unter dem Königstuhl erbracht. Entgegen der ursprünglichen Prognose, in der auf Stollenniveau nur eine etwa 200 Meter lange, stark gestörte Zone mit Talkschiefern und Serpentinlinsen angekündigt wurde, hat sich diese schließlich auf 457 m ausgedehnt. Vermutlich hat die NW-SE verlaufende steile Störungszone, die am Ausgang des Fersbachgrabens aufgeschlossen ist, eine lo-

kale Flexur verursacht und die Serpentine in eine angenähert stollenparallele Lage gedrängt. Aufgrund der schwierigen Gebirgsverhältnisse sind die täglichen Ausbruchsleistungen auf 2 bis 4 m abgesunken. Schließlich ereignete sich im Bereich der Stationen 5402 bis 5406 ein **Verbruch**, der die Fräse zum völligen Stillstand zwang. Die Sanierung geschah durch Überfirsten.

Ein weiterer Verbruch bei Station 5432 mit gleichen Folgen und deutlichen Gebirgsdruckerscheinungen hat nach eingehender geologischer Prüfung schließlich zu einer **Verschwenkung der Stollenachse** in Richtung des Liegenden beziehungsweise normal zum Schichtenstreichen geführt. Zu diesem Zeitpunkt konnte man nicht wissen, daß der Grenzkontakt zu den Prasiniten nur mehr wenige Meter vom Stollen entfernt lag.

Unmittelbar nach der Stollenverschwenkung wurde nämlich wieder standfestes Gebirge erreicht.

Die mächtigen Kalkglimmerschieferzüge der Glocknerdecke brachten erwartungsgemäß erhebliche **Wassereinbrüche**. Aus ausgelaugten Kluftkarstspalten drang häufig Wasser unter großem Druck in den Stollenhohlraum. Vorübergehend betrug die Gesamtwassermenge des Stollens, gemessen am Portal knapp über 400 l/s (Spitzenwert 425 l/s). Diese Höchstmenge hat sich nach etwa zwei Monaten auf ca. 300 l/s ermäßigt. Nach weiteren dreieinhalb Monaten ist nach dem Ausrinnen der größten wasserführenden Kluftsysteme die Stollenwassermenge auf unter 200 l/s abgefallen. Da beim weiteren Stollenvortrieb keine nennenswerten neuen Wasserzutritte erfolgt sind, wurde die 200 l/s-Marke in der Folge nur mehr knapp überschritten.

Als nicht gänzlich überraschende Nebenwirkung des großen Gebirgswasserentzuges sind im Verlaufe der Zeit eine Reihe von **Quellen trockengefallen**. Dies betrifft insbesondere eine an die Kalkzüge gebundene Quellgruppe im benachbarten *Rattensbachtal* ab der Höhenmarke 1720 m. Aus diesem Grunde erhielt der Stollen auch dort eine dichte Betonauskleidung, wo dies wegen der standfesten Gebirgsverhältnisse nicht unbedingt notwendig gewesen wäre. Dadurch sollte aber im Verlaufe der Zeit der Bergwasserspiegel wieder in die Nähe des seinerzeitigen Niveaus angehoben werden, so daß berechtigte Hoffnung besteht, daß die trockengelegten Quellen wieder Wasser führen.

Die bisherigen Beobachtungen des deutlich angestiegenen Bergwasserdruckes über fix eingebaute Manometer mit Schleppzeiger im Druckstollen sowie die beginnende Wasserführung zahlreicher, vorübergehend trockener Quellen weisen darauf hin, daß die gesetzten Maßnahmen erfolgreich sind.

## 5.2. Lotschacht

Der Ausbruch des 584 m tiefen Schachtes mit einem Ausbruchsdurchmesser von 3,06 m mittels des Raise-Boring-Verfahrens kann als Meilenstein in der Geschichte des Schachtbaues angesehen werden. Erstmals wurde bei einem so tiefen Schacht für die von oben nach unten abgeteufte Pilotbohrung ( $\varnothing = 300$  mm) ein **selbststeuerndes Zielbohrgerät** erfolgreich eingesetzt. Mit dieser Einrichtung konnten zeit- und kostenaufwendige Korrekturen von Richtungsabweichungen des Bohrloches vermieden werden. Am Bohrlochendpunkt war schließlich nur eine Abweichung vom idealen Lotpunkt von 1 m festzustellen.

Nach der Fertigstellung der Pilotbohrung erfolgte die eigentliche Schachtaufweitung. Dabei wird am Gestängeende der Pilotbohrung ein Fräskopf montiert und dieser von unten nach oben gezogen.

Die mittlere Tagesleistung für die Schachtaufweitung betrug 19,8 m, während jene für die Pilotbohrung, bedingt durch zahlreiche Stillstände, nur 4,3 m erreichte.

Für das Gelingen dieses Schachtbaues waren die geologischen Rahmenbedingungen äußerst günstig. Es gab keine extremen Festigkeitsunterschiede bei den einzelnen Gesteinsschichten und die Schieferungsflächen lagen am Scheitel einer Antiklinale im Mittel flach bis mittelsteil. Es gab auch nur vereinzelt steilstehende Klüfte, so daß von vornherein die Gefahr für Bohrlochablenkungen gering war.

Ferner lag ein wasserdichtes Gebirge vor, so daß nur an einer Stelle ein Spülwasserverlust auftrat. Und schließlich war das Gebirge leicht fräsbar und dennoch standfest.

## 5.3. Unterer Druckstollen – Flachstrecke

Technisch gab es nur im Portalbereich, wo eine rutschanfällige Hangschuttmasse durchörtert werden mußte, kleinere Schwierigkeiten beim Ausbruch und bei der Stützung.

Die Felsstrecke konnte völlig problemlos mit einer Stollenfräse aufgefahren werden.

## 6. Schlußbetrachtungen

Die geologische Bearbeitung des Triebwasserstollens und des Schachtsystems kann als beispielhaft für ein modernes Bauen in hochalpinen Regionen angesehen werden. Trotz komplizierter Tektonik und Schichtenfolge ist es nur auf der Grundlage von Geländekartierungen gelungen, eine sehr gute geologische Prognose für die Untertagebauten zu erstellen. Kurze Bohrungen sind nur in den beiden Portalbereichen abgeteuft worden. Die übrige, mehr als 12 km lange Stollen- und Schachstrecke wurde ohne jede

künstliche Erkundungsmethode baugelogisch vorkundet. Dies ist jedoch nur in Gebieten möglich, wo genügend natürliche Aufschlüsse vorhanden sind. In den Alpen zählen dazu in erster Linie steil eingeschnittene Täler und ihre felsigen Flanken sowie die Regionen über der Baumgrenze.

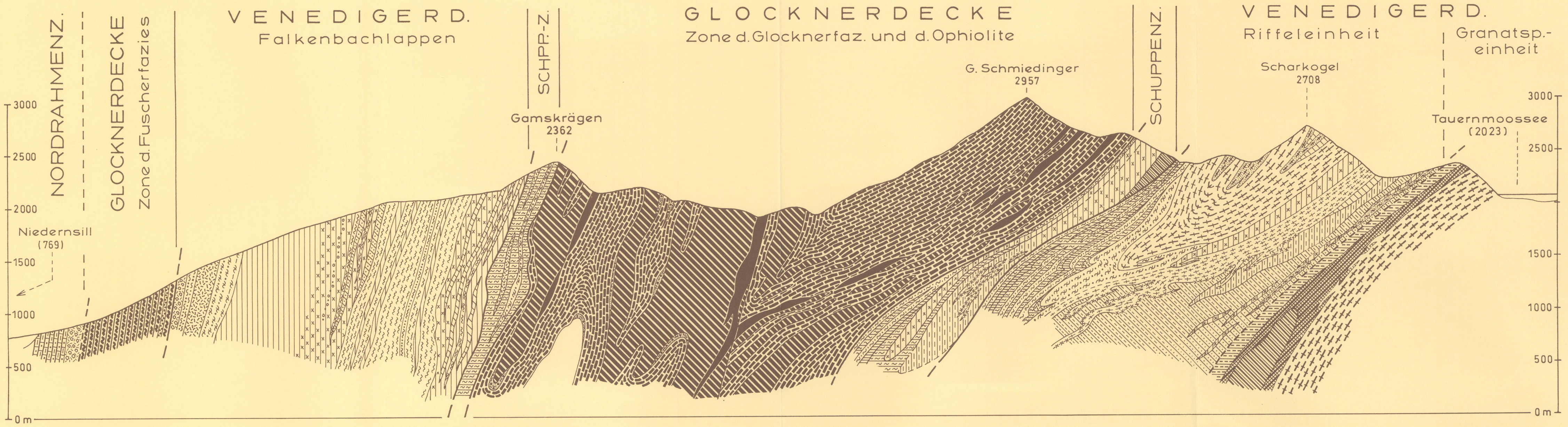
Der Ausbruch der Stollen und des 587 m tiefen Lotschachtes ist aber auch vorbildlich dokumentiert und wissenschaftlich studiert worden. Die Österreichischen Bundesbahnen als Bauträger haben stets den wissenschaftlich Interessierten den Zugang zu den Bauaufschlüssen gestattet und darüber hinaus auch zahlreiche Hilfestellungen für die Stollenbefahrungen gewährt. Dafür sei ein ganz besonderer Dank ausgesprochen.

## 7. Literaturverzeichnis

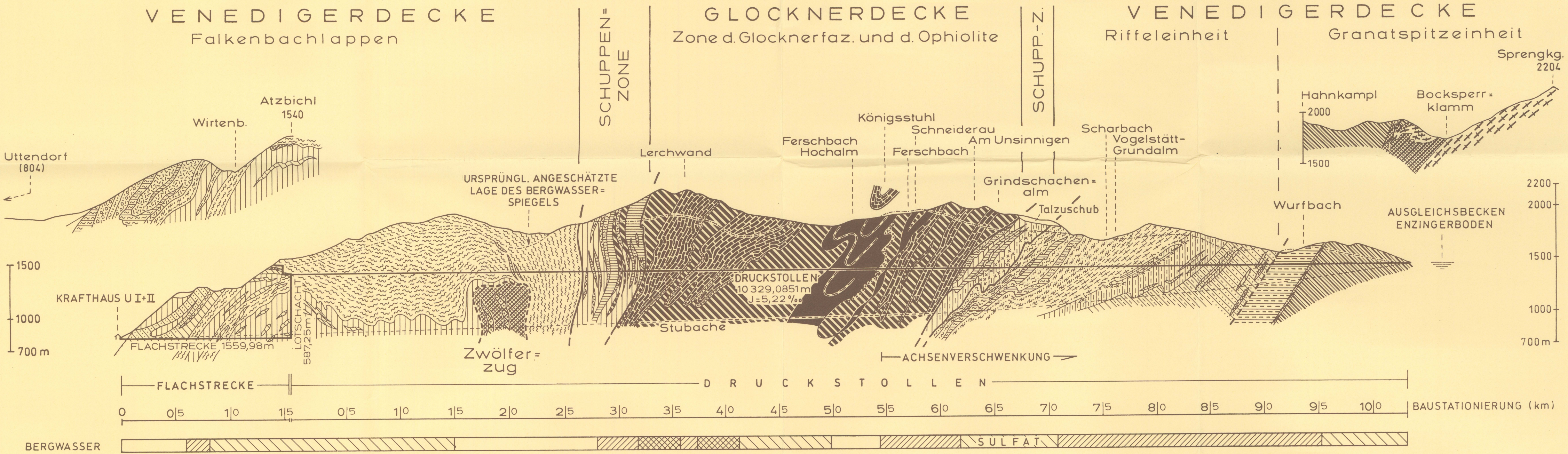
- AGLASSINGER, A. und SCHMITTER, M. (1988): Tiefer Lotschacht im Raise-Bornig-Verfahren. — Felsbau 6/3, 125–128, Essen.
- BISTRITSCHAN, K. (1953): „Die Geologie des Stollens Schneiderau – Wirtenbach im Stubachtal“ Kober Festschrift, Wien.
- CLIFF, R.A. (1981): Pre-alpine history of the Penine Zone in the Tauern Window, Austria: U-Pb and Rb-Sr Geochronology — Contr. Min. Petrol., 77, 262–266, Berlin.
- CORNELIUS, H. P.: Unveröff. Manuskriptkarten und Schnitte — Arch. Geol. B.-A., Wien und ÖBB Uttendorf.
- CORNELIUS, H. P. und CLAR, E. (1939): Geologie des Großglocknergebietes (Teil I). — Abh. Zweigst. Wien, Reichst. f. Bodenforsch., 25, 305 S., 89 Abb., 2 Taf., 1 Beil., Wien.
- EXNER, Ch. (1979): Geologie des Salzachtales zwischen Taxenbach und Lend. — Jb. Geol. B.-A., 122, 1–73, 7 Abb., 1 Beil., Wien.
- FINGER, F. und STEYRER, H. P. (1988): Granite-types in the Hohe Tauern (Eastern Alps, Austria). — Some aspects on their correlation to Variscan plate tectonic processes. — Geodinam. Acta 2, 75–87, 9 Abb., 1 Tab., Paris.
- FRANK, W. (1965): Zur Geologie des Guggenbachtals (Lützelstubbachtal, mittlere Hohe Tauern). — 188 S., zahlr. Abb., 6 Beil., Unveröff. Diss. Univ. Wien.
- FRASL, G. (1958): Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. — Jb. Geol. B.-A., 101, 323–472, 4 Abb., 1 Beil., Wien.
- und FRANK, W. (1966): Einführung in die Geologie und Petrologie des Penninikums im Tauernfenster mit besonderer Berücksichtigung des Mittelabschnittes im Oberpinzgau, Land Salzburg. — Der Aufschluß, Sonderh. 15, 30–58, 3 Abb., 1 Tab., 2 Beil., Heidelberg.
- FRISCH, W. (1976): Ein Modell zur alpidischen Evolution und Orogenese des Tauernfensters. — Geol. Rundschau, 65/2, 375–393, 3 Abb., Stuttgart.
- GROSSEKEMPER, J. H. und THONSCHEIDT, H. W. (1986): Herstellen von Blindschächten und Bunkern mit dem Raise-Boring. — Glückauf 122/7, 3–11, Essen.
- HEDBERG, H. D. (1976): International Stratigraphic Guide. — 200 S., New York (John Wiley and Sons).
- HÖCK, V. (1980): Ophiolites in the middle part of the Hohe Tauern, Austria. — Ofioliti 5, 57–64, 1 Abb., 2 Tab., Bologna.
- (im Druck 1991): The Habachformation and the Zentralgneis – a key in understanding the paleozoic evolution of the Tauern window (Eastern Alps). — The pre-mesozoic geology in the Alps, Springer.
- HOLZER, H.: „Der Nordrand des Tauernfensters zwischen dem Stubach- und Dietersbachtal“. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 1/3, 1–30, Wien 1949.
- KARL, F. (1957): Bericht 1956 über Aufnahmen auf Blatt Dreierherrenspitze und Blatt Rötspitze. — Verh. Geol. B.-A. 1957, 35–38, Wien.
- MERTENS, V. und WALLUSSEK, H. (1980): Selbsttätig steuerndes Zielbohrsystem. — Glückauf 120/13, 819–822, Essen.
- PESTAL, G. (1983): Beitrag zur Kenntnis der Geologie in den mittleren Hohen Tauern im Bereich des Amer- und Felbertales (Pinzgau/Salzburg). — 117 S., 49 Abb., 20 Tab., 3 Beil., Unveröff. Diss. Univ. Wien.
- PREY, S. (1977): Flyscherscheinungen in den „flyschartigen Serien“ des östlichen Tauernnordrandes. — Verh. Geol. B.-A., 1977, 313–320, 3 Abb., Wien.
- QUADT, A. v. (1985): Geochronologische, geochemische und isotopenchemische Untersuchungen

- an Gesteinen der Habach-Formation, der Schee-  
litlagerstätte und des angrenzenden Altkristal-  
lins im Felbertal (Land Salzburg). — 241 S.,  
56 Abb., 49 Tab., Unveröff. Diss. ETH Zürich.
- REITZ, E. und HÖLL R.(1988): Jungproterozoi-  
sche Mikrofossilien aus der Habachformation in  
den mittleren Hohen Tauern und dem nordost-  
bayerischen Grundgebirge. — Jb. Geol. B.-A.,  
131, 329–340, 4 Abb., 2 Taf., Wien.
- SEEBER, G. und FRIEDRICH, R.(1991): Schräg-  
schacht und Lotschacht im Vergleich.- – ISRM-  
Kongreß Aachen 1991, Aachen.
- SEEBER, G., SCHMITTER, M. und FRIEDRICH,  
R. (1990): Planung, Bemessung und
- Ausführung des Kraftabstieges für das Kraft-  
werk Uttendorf II der Österreichische Bundes-  
bahnen. — Sonderheft zum 38. Salzburger Kol-  
loquium-Geomechanik 1989, ÖGG, Salzburg.
- STAUB, R., (1924): Der Bau der Alpen. — Beitr.  
zur Geol. Karte der Schweiz, N. F. 52, 272 S.,  
70 Abb., 7 Taf., 1 Beil., Bern.
- VÁVRA, G. (1989): Die Entwicklung des pennini-  
schen Grundgebirges im östlichen und zentra-  
len Tauernfenster der Ostalpen – Geochemie,  
Zirkonmorphologie, U/Pb – Radiometrie. —  
Tübinger Geowiss. Abh. Reihe A Geol.  
Paläont. Strat. 6, 150 S., 35 Abb., 10 Tab.,  
Tübingen.

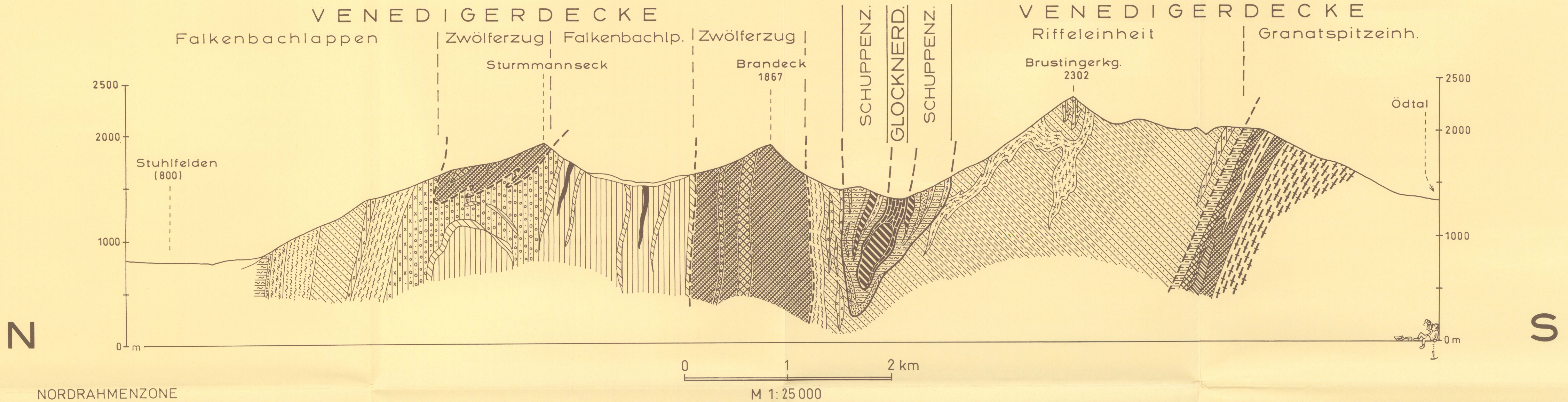
1 PROFILSNITT NIEDERNSILL-TAUERNMOOSSEE Aufgenommen von H.P. CORNELIUS, V. HÖCK und G. PESTAL



2 ÖBB-Elektrobauleitung Uttendorf KW UTTENDORF II TRIEBWASSERWEG Aufgenommen von W. DEMMER und Ch. MILOTA, Verwendete Unterlagen: H.P. CORNELIUS und E. CLAR 1929-1932 (1935), H.P. CORNELIUS 1935, 1939-1940, K. BISTRATSCHANT 1947, 1948, W. DEMMER und W. MÖRTH 1985 und G. PESTAL 1985, 1986.



3 PROFILSNITT STUHLFELDEN-DORFER ÖDTAL Aufgenommen von W. FRANK und G. PESTAL



- NORDRAHMENZONE**  
SANDSTEIN - BREKZIENZONE
- Hellglimmerführender Kalksdst. m. Einschaltg. v. dkl. Phyllit, heller Quarzit mit Mikrobrekzie
  - Brekzie, Brekziendolomit

- GLOCKNERDECKE**  
ZONE DER FUSCHERFAZIES
- Dunkler Phyllit
  - Quarzit
- ZONE DER GLOCKNERFAZIES UND DER OPHIOLITE**
- Granatmuskovitschiefer (z.T. quarzitischer)
  - Kalkglimmerschiefer - Glimmermarmor
  - Granatprasin
  - Prasin - Amphibolit
  - Metagabbro, Serpentin u. Serpentintrondbildungen (haupts. Talkschiefer und Aktinolithschiefer)

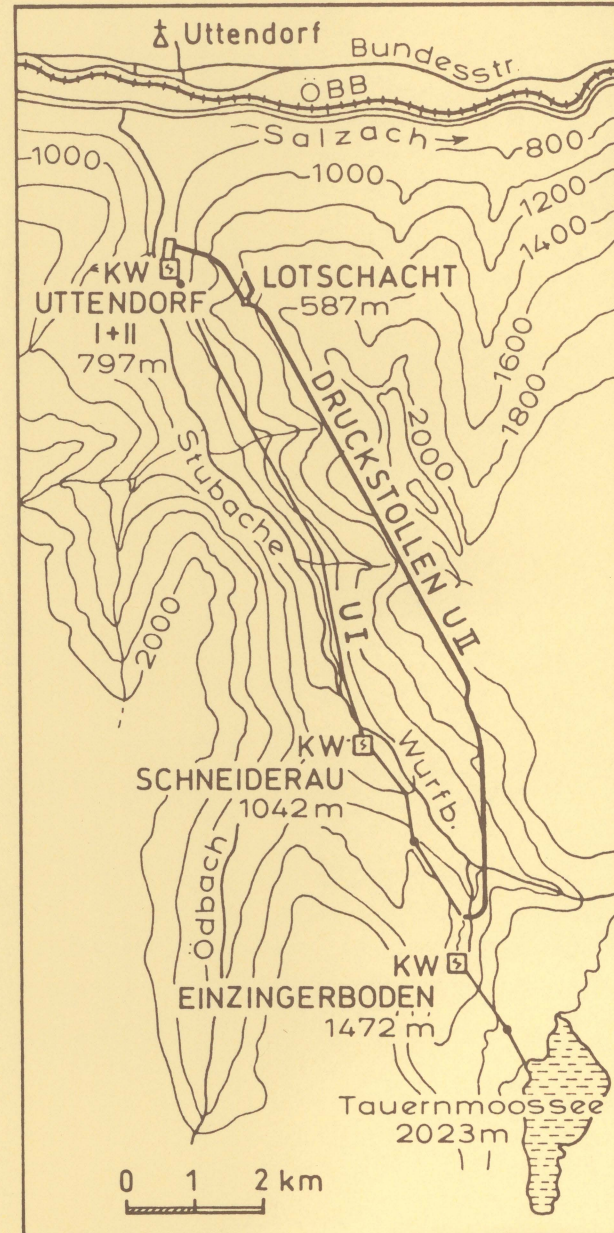
- SCHUPPENZONE ZW. GLOCKNERDECKE UND VENEDIGERDECKE**
- Heller quarzit. Glimmerschf., grünliche Phyllite, Arkosegneis (z.T. mit Dolomit und Gips)
  - Dunkler Glimmerschiefer, dunkler Phyllit
  - Kalkglimmerschiefer - Glimmermarmor
  - Prasin - Amphibolit
  - Kalkmarmor, Dolomitmarmor
  - Phengitquarzit, Arkosegneis
  - Aplitisch durchädert Bereich
  - Heller Phyllit, Quarzserizitschiefer
  - Albitgneis
  - Albit - Biotitgneis - schiefer
  - Paragneis (z.T. migmatisch)

- VENEDIGERDECKE**  
RIFFELDECKE (HÜLLE DES ZILLERTALER KERNS) UND FALKENBACHLAPPEN
- Brekzie und Brekziendolomit
  - Quarzitische Gschf., Arkosegneis m. hellem u. dunklem silikatreichem Marmor u. hellem Phyllit
  - Heller quarzit. Glimmerschiefer, Arkosegneis (z.T. mit Dolomit u. Gips, grünliche Phyllite)

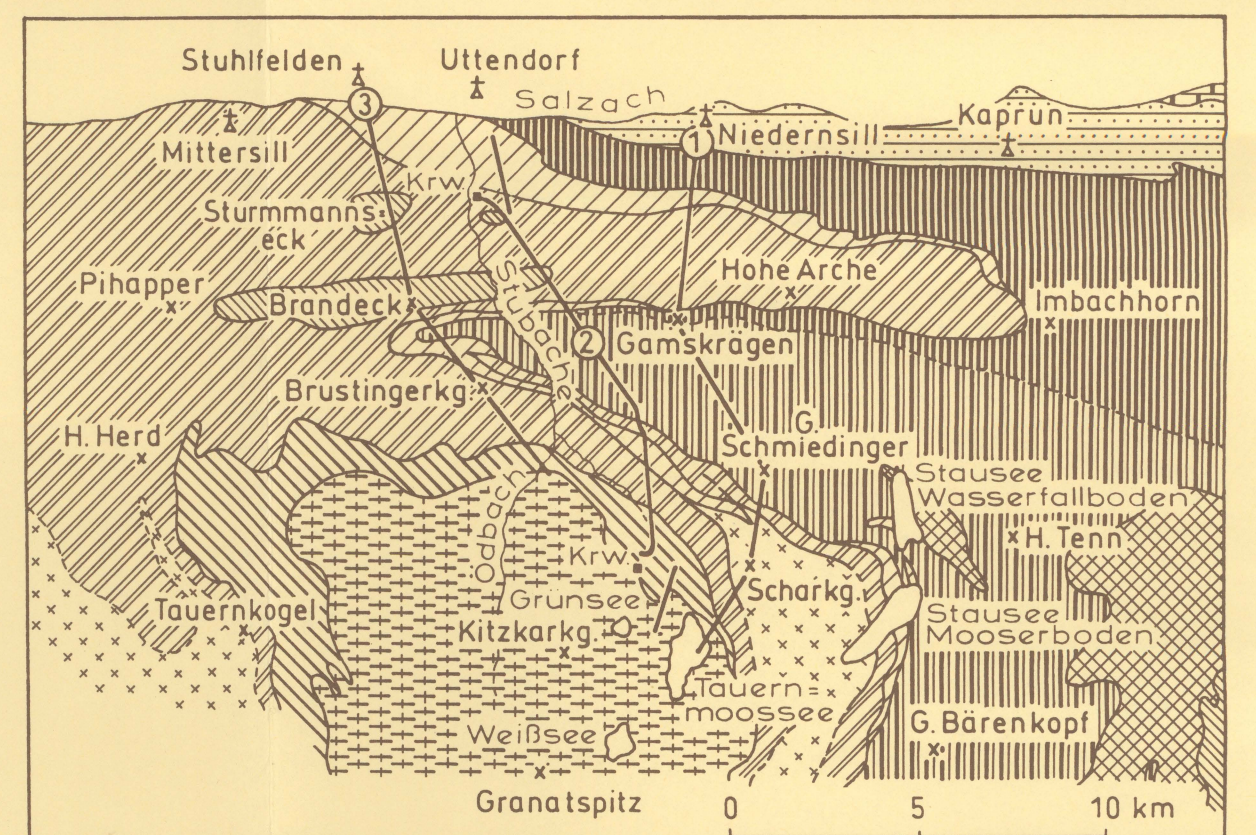
- darin: Schollen v. Dol. m. Gips, bzw. Anhydritführung
- Dunkler Glimmerschiefer und dunkler Phyllit
  - Kalkglimmerschiefer, Glimmermarmor
  - Kalkmarmor, Dolomitmarmor
  - Phengitquarzit, Serizitquarzit, Arkosegneis (Hamatitvererzung)
  - Bunte quarzitischer Schiefer (z.T. Chloritoid- bzw. Leukophyllitführend)
  - Alkalifeldspatfüh. Gneis mit Quarzit. Bereichen
  - Augengneis (Alkalifeldspatführender Granitgneis)
  - Aplitgneis
  - Dunkler Phyllit, teilweise Quarzitführend
  - Graphitquarzit
  - Dunkler Granatglimmerschiefer
  - Heller Phyllit, Quarzserizitschiefer
  - Albitgneis
  - Porphyrgneis
  - Albit - Biotitgneis - schiefer
  - Chlorit - Epidotgneis, Chloritschiefer
  - Biotitprasin, Biotitschiefer
  - Prasin, feinkörniger Amphibolit
  - Serpentin, Talkschiefer
  - Scharkogelgneis (Alkalifeldspatführender Gneis)
  - Paragneis (z.T. migmatisch)
- GRANATSPITZKERN, GRANATSPITZHÜLLE U. ZWÖLFERZUG**
- Granitgneis
  - Weißschiefer
  - Dkl. Biotit, Plagioklaschf., Graphitquarzit, Prasin, nitschf. u. Metaagglom. (Biotitporphyroblastenschf.)
  - Muskovit - Augengneis
  - Biotit - Plagioklasgneis
  - Amphibolit, Hornblendeplagioklasgneis
  - Peridotit, Pyroxenit, Serpentin

- WASSERZUTRITTE**
- ± trocken
  - Schwitzwasser, Tropfwasser
  - Tropfwasser und Rinnwasser
  - starkes Rinnwasser, teilw. unter Druck

VERLAUF D. TRIEBWASSERWEGES



TEKTONISCHE ÜBERSICHT UND LAGE DER PROFILE



- NORDRAHMENZONE**
- Klammkalkzone
  - Sandstein-Brekzienzone
- GLOCKNERDECKE**
- Zone der Fuschertfazies
  - Zone der Glocknerfazies und der Ophiolite
- VENEDIGERDECKE**  
BRENNKOGELDECKE
- Zone der Brennkogelfazies
  - Karbonatgesteinsinformation
- RIFFELDECKE (HÜLLE D. ZILLERTALER KERNS UND D. HABACHZUNGE), FALKENBACHLAPPEN**
- Zone der Stubachfazies, Karbonatgesteinsform., Wustkogelform.
- GRANATSPITZHÜLLE**
- Biotitporphyroblastenschf., Basisamphibolit
- GRANATSPITZKERN**
- Zentralgneis
- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österreich, 37, Wien 1991