

Geologische Ergebnisse beim Bau des Wasserkraftwerkes Prutz—Imst der TIWAG (Tirol)

Von OSKAR SCHMIDEGG *)

Mit 2 Textabbildungen und Tafeln IX—XIII

Inhalt

Einleitung	355
A. Die geologischen Verhältnisse im Gelände	356
1. Vorbemerkungen, Topographische Unterlagen, Bisherige geologische Grundlagen	356
2. Die Landecker Phyllitzone	358
a) Quarzphyllit	359
b) Gneisige Phyllite der Zone von Steinhof	359
c) Einlagerungen im Quarzphyllit	360
d) Die Phyllitgneiszone von Piller	362
e) Südlicher Teil der Phyllitzone	362
f) Grauwackenzone und Verrucano (mit Buntsandstein)	363
3. Bau der Landecker Phyllitzone	364
Bau der Phyllitgneiszone	366
4. Bewegungspläne im Gebiet der Phyllitzone	367
5. Kluffgefüge und Bewegungsflächen (Störungen)	368
6. Die Zone der nördlichen Kalkalpen	370
a) Buntsandstein	371
b) Muschelkalk mit Dolomit	371
c) Partnachschiefer	372
d) Wettersteinkalk und -dolomit	372
e) Raibler Schichten	372
f) Hauptdolomit	372
g) Kössener Schichten	373
h) Oberrätkalke	373
i) Rote Liaskalke	373
k) Fleckenmergel (Lias)	373
l) Bunte Hornsteinschichten (Jura)	373
7. Bau der Kalkalpenzone	374
8. Gehänetektonik	375
9. Jüngere Ablagerungen (Lockermassen)	376
10. Überblick über den Gebirgsbau	376
B. Die geologischen Verhältnisse im Druckstollen. (Die Ergebnisse der Stollenaufnahmen)	377
1. Vorbemerkungen	377
2. Beschreibung der Stollenaufschlüsse im Baulos Imsterau	378
a) Kalkalpiner Teil	379
b) Anteil der kristallinen Schiefer	381
c) Das Gefüge	385
3. Übersicht über die geologischen Verhältnisse im gesamten Druckstollen und Vergleich mit den Geländeaufschlüssen und der Voraussage	389

*) Adresse des Verfassers: Wien III., Geologische Bundesanstalt.

a) Gesteine und Bau	389
b) Tektonisches Gefüge	393
c) Kluftgefüge	394
d) Störungsflächen und -zonen	395
e) Hydrologische Verhältnisse	396
f) Einfluß des Stollenvortriebes auf die Quellen	397
C. Die geologischen Verhältnisse im Bereich des Kraftabstieges Imsterau	398
1. Allgemeines über die geologischen Verhältnisse	398
2. Bau und Gesteinsfolge	400
3. Das Gefüge	401
4. Die einzelnen Felshohlbauten	401
a) Die Kraftkaverne	401
b) Der Unterwasserstollen	403
c) Der Druckschacht	403
d) Das Wasserschloß	404
5. Hydrologische Verhältnisse	404
6. Der Sulfatgehalt des Wassers	405
Bemerkungen zu den Tafeln	405

Zusammenfassung

Im ersten Abschnitt werden die geologischen Verhältnisse dargestellt, wie sie sich nach den Geländeaufnahmen, die für die Voraussage zum Stollenbau durchgeführt wurden, ergeben haben, stellenweise auch kurz auf die Ergebnisse des Stollenvortriebes hingewiesen.

Als Neuergebnisse gegenüber den älteren Aufnahmen ist besonders der flache großräumige Muldenbau des Quarzphyllits hervorzuheben (gegenüber dem isoklinalen Südfallen bei HAMMER) sowie die steil zusammengeklappte Mulde des Streifens der nördlichen Kalkalpen, die nicht für eine Teilung in zwei Decken (nach AMPFERER) spricht. Zwischen Kalkalpen und Quarzphyllit wurde noch ein stark eingengter Streifen von Grauwackenzone festgestellt, der in den Stollenaufnahmen genauer gegliedert werden konnte. Es liegt hier keine scharfe, auf größere Erstreckung durchziehende tektonische Grenze vor, sondern ein im Grunde allmählicher Übergang in einer stark durchbewegten Zone mit steilen Bewegungsflächen. (Verschuppungszone.)

Die Gneisphyllite der Zone von Steinhof stellen sehr wahrscheinlich eine gneisige sedimentäre Einschaltung im Quarzphyllit dar, was sich durch die Stollenaufnahme auch bestätigte, jedenfalls sind sie kein Keil von Öztaler Gneisen. Die Phyllitgneise von Piller sind eine Zone von Gneisen, die mit phyllonitischen Lagen wechseln. Sie liegen im großen plattenförmig auf den Quarzphylliten, mit denen sie verzahnt sind. Sie nehmen eine Mittelstellung zwischen Öztaler Gneisen und Quarzphylliten ein, wahrscheinlich auch in zeitlicher Hinsicht.

Im tektonischen Gefüge wurde erkannt, daß das Gebiet der kristallinen Schiefer in großen Zügen homogen gebaut ist mit B-Achsen, die flach nach ENE einfallen, im nördlichen stärker eingengten Bereich geht das Streichen aus ENE in W—E über. Auch das Kluftgefüge ist bereichsweise recht homogen, symmetriegemäß dem B-Achsen-Gefüge entsprechend. Es ließ Voraussagen aus dem Gelände für den Stollen zu. Weniger Übereinstimmung bestand bei den großen durchziehenden Störungsflächen.

Im zweiten Abschnitt wird eine genauere Darstellung der Stollenaufnahmen im nördlichen Abschnitt bis zum Fensterstollen Wenns ge-

bracht, eine Übersicht jedoch auch für den ganzen Stollen gegeben und die Ergebnisse des Stollenvortriebs mit den Geländeaufnahmen und den daraus abgeleiteten Voraussagen gegenübergestellt.

Im dritten Abschnitt werden die Ergebnisse der geologischen Detailaufnahmen im Streifen der Kalkalpen dargelegt, die bei den Vorarbeiten zur Planung und während des Baues und Aufnahme der ausgedehnten Felshohlräume durchgeführt wurden. Es ergaben sich damit wesentliche Einblicke in diesem im Gelände nur schlecht erschlossenen Bereich. So zeigte sich, daß die Haupttektonik zwar mit S—N-Bewegungen erfolgte, doch auch eine E—W-Einengung eine Rolle spielte.

Einleitung

Nördlich Prutz, etwa 1 km unterhalb der Pontlatzer Brücke, ändert der Inn seine bisherige ungefähr nordöstliche Richtung, indem er sich gegen W tief in den Quarzphyllit eingeschnitten hat. Er beschreibt eine große Schleife über Landeck, um dann in die große Längsfurche zwischen nördliche Kalkalpen und Zentralalpen mit ungefähr Ost-Richtung einzumünden. In früheren geologischen Zeiten, ging die alte Talrichtung von der Gegend von Prutz über den Sattel von Piller (derzeitige Höhe 1558 m) in das heutige untere Pitztal bei Wenss und mündete bei Roppen in die E—W-verlaufende Inntalfurche ein, auch im Diluvium floß noch Eis darüber.

Der Inn erleidet durch diese Schleife über Landeck einen Höhenverlust von nahezu 150 m. Um dieses Gefälle für die Gewinnung elektrischer Energie auszunützen, hat die TIWAG (Tiroler Wasserkraftwerke A. G.) in den Jahren 1953—1956 das Innkraftwerk Prutz—Imst erbaut. Dieses Laufkraftwerk leitet das Innwasser von Runserau, wo es durch ein Wehr gestaut wird, durch einen 12·3 km langen Druckstollen, der einen Innendurchmesser von 5·1, bzw. 5·3 m hat, in die Gegend von Imsterau. Der Stollen verläuft zunächst in Richtung N 36° E bis in die Gegend N Wenss, wo ihn durch einen 1·5 km langen Fensterstollen das Wasser des Pitzbaches zugeleitet wird, dann in Richtung N 2° E bis zum Wasserschloß. Von diesem wird es noch im Berginnern mittels eines Druckschachtes von 121 m Länge der Kraftkaverne zugeleitet und abgearbeitet, schließlich in einem Unterwasserstollen und offenen Kanal wieder dem Inn zugeführt.

Bei einer Ausbauwassermenge von 75 m³/s und einer Rohfallhöhe von 138 bis 145 m kann eine Jahres-Energiemenge von 451 Millionen kWh im Jahr erzielt werden.

Baubeginn war im Jahre 1953. Der Stollen war in drei Baulose aufgeteilt. Der Durchschlag zwischen Baulos Imsterau und Wenss erfolgte am 25. Mai 1955, zwischen dem Baulos Wenss und Runserau am 2. September 1955. Die Inbetriebnahme der Maschinen im Sommer 1956.

Die Ausführung des Kraftwerkes ist der Initiative des damaligen Alleinvorstandes der TIWAG, Direktor Dipl.-Ing. ROBERT STEINER zu verdanken. Die Projektierung und Oberleitung lag in den Händen von Herrn Dr.-Ing. H. LAUFFER, der immer volles Verständnis für die geologischen Untersuchungen zeigte, auch über das rein praktische Bedürfnis hinaus, und ihren Wert für die Bautechnik erkannte. Ihm ist es auch zu verdanken, daß fast lückenlose Detail-

aufnahmen aller durch die Bauarbeiten geschaffenen Hohlräume möglich waren. Es freut mich, hier außer ihm auch den örtlichen Bauleitern der TIWAG danken zu können, die die geologischen Arbeiten stets förderten, von mir besonders Herrn Dipl.-Ing. ULLRICH, der den von mir betreuten Abschnitt Imsterau—Wenns leitete, in den andern Abschnitten Herrn Dipl.-Ing. DETZELHOFER (Wenns) und Dipl.-Ing. WESSIAK (Runserau).

A. Die geologischen Verhältnisse im Gelände

1. Vorbemerkungen

Das Jahr 1952 galt noch der Projektierung des Werkes. Zunächst waren mehrere Varianten in Betracht gezogen. Zur Entscheidung unter ihnen waren auch baugeologische Gutachten verbunden mit einer eingehenden Bearbeitung des ganzen in Betracht kommenden Gebietes nötig. Das ganze Arbeitsgebiet wurde unter Dozent DR. FUCHS und mir derart aufgeteilt, daß DR. FUCHS den Bereich der Ötztaler Masse mit ihren altkristallinen Gesteinen, ich den Bereich der Landecker Quarzphyllitzone erhielt. Die Abgrenzung fiel ungefähr mit der Linie des Pitzbaches bis zur Einmündung des Piller Baches und dann mit diesem zusammen. Im weiteren verlief sie über den Pillersattel etwa bis zur Pontlatzer Brücke.

Nach N und S war die Abgrenzung naturgemäß durch das Inntal gegeben, nach W anfänglich durch die Linie Fließ—Venet—Imsterberg. Als aber noch eine weitere Variante mit dem geplanten Kraftwerk bei Schönwies in Betracht gezogen wurde, wurden die Begehungen weiter dahin ausgedehnt, allerdings wegen der dort einfacheren Verhältnisse nicht mehr so dicht.

Innerhalb dieses Raumes wurde besonders das für die Stollentrassen in Betracht kommende Gebiet genauer aufgenommen, darüber hinaus auch weitere für die Klärung der Tektonik wichtige Bereiche je nach Bedarf, wobei die Genauigkeit der Aufnahme bzw. der Einzeichnung sehr durch die Genauigkeit der vorhandenen Kartenunterlagen mitbedingt war. In den folgenden Jahren mußte nach Erhalt des genauen Schichtenplanes die Kartierung zum Großteil revidiert werden, was häufig einer Neuaufnahme gleichkam.

Bei der geologischen Aufnahme wurden außer den Gesteinsverhältnissen besonders auch die verschiedenen in der Natur ablesbaren Gefügedaten beachtet, die einerseits unmittelbar baugeologisch von Wichtigkeit sind, andererseits für die Klärung des Gebirgsbaues von großem Wert sind. Nur so war es möglich, mit Erfolg auch über die Verhältnisse in der Tiefe etwas auszusagen. Mikroskopische Untersuchungen konnten wegen der Kürze der Zeit nur in geringem Maße durchgeführt werden.

Da schließlich jene Variante zur Ausführung kam, die mit dem Stollen den Quarzphyllit und die im Norden anschließende Kalkzone durchfuhr, die also von mir bearbeitet war, war es mir möglich, meine geologischen Aufnahmen und die daraus folgende Voraussage unmittelbar mit den Ergebnissen der Stollenaufschließung zu vergleichen.

Topographische Unterlagen

Als Grundlagen für die geologische Geländeaufnahme mußte zunächst die alte österreichische Karte 1 : 25.000 (Blatt Landeck) in Vergrößerung auf 1 : 10.000 dienen, die aber nur im Bereich der bewohnten Gebiete einigermaßen brauchbar ist, außerhalb derselben in Wald und Hochgebirge aber nur ganz schematisch und meist unrichtig gezeichnet ist. Besser, aber auch noch mit wesentlichen Fehlern in der Geländedarstellung behaftet, ist die Alpenvereinskarte der Lechtaler Alpen 1 : 25.000 (Blatt Muttekopf), die aber nur den nördlichsten Teil des untersuchten Gebietes umfaßt.

Ferner konnten für einige Gebiete (Piller Wald, Wald W Wenns und S Imsterberg) die vorhandenen Forstkarten¹⁾ mit großem Vorteil verwendet werden, wenn ihnen auch die Höhenlinien fehlen. Vor allem enthalten sie die neuen gute Aufschlüsse bietenden Forstwege. Eine sehr wesentliche Hilfe boten noch die Luftbilder des Gebietes, die ich Kollegen DR. FUCHS verdanke. Sie waren einerseits zur Orientierung und Einzeichnung der statt der unzulänglichen Karten wichtig, andererseits ließen sie verschiedene Einzelheiten erst erfassen, besonders die Störungslinien, die sonst gerade in den mit Schutt und Vegetation bedeckten Quarzphylliten mindestens in dieser Übersicht nicht zu erkennen sind.

Erst mit Baubeginn im Jahre 1953, nachdem die eigentliche geologische Aufnahme schon durchgeführt war, ließ die TIWAG für den günstigerweise recht breit gezogenen Stollenbereich einen Schichtenplan herstellen (von Dipl.-Ing. ERWIN SCHNEIDER). Da dieser auch in Einzelheiten richtig und genau war, ließ er auch eine geologische Detailkartierung zu. Für die Übertragung der bisherigen Aufnahmen mußten allerdings viele Begehungen wiederholt werden.

Bisherige geologische Grundlagen

Es lagen zwar schon neuere gute geologische Aufnahmen bereits gedruckt vor. Es mußte jedoch zur Erfassung des Gefüges und des Gebirgsbaues (für die Voraussage), dann der Störungsflächen und schließlich auch für die Angabe der baugelogischen Beschaffenheit das ganze Gebiet neu aufgenommen werden, wozu allerdings besonders die genauen und zuverlässigen Aufnahmen von W. HAMMER eine gute Grundlage boten. In der Erkenntnis des geologischen Bildes konnten damit Fortschritte erzielt werden, die teilweise auch zu einer Abänderung des Kartenbildes führten. Ihre Richtigkeit wurde durch die Ergebnisse der Stollenaufschließung bestätigt.

Es lagen folgende Karten vor:

W. HAMMER und O. AMPFERER, österr. geologische Spezialkarte 1 : 75.000, Blatt Landeck (1932).

W. HAMMER und O. AMPFERER, Geologische Karte der Lechtaler Alpen 1 : 25.000, Blatt Muttekopf (für den nördlichen Teil) (1932).

W. HAMMER, Originalaufnahme 1 : 25.000 als Manuskriptkarte. Bei dieser Karte, die nichts wesentlich Neues gegenüber der Spezialkarte zeigt,

¹⁾ Der Landesforstdirektion für Tirol, die diese Karten bereitwilligst zur Verfügung gestellt hat, sei hiemit freundlichst gedankt.

erwies sich als besonders nützlich, daß aus ihr ersichtlich war, was von HAMMER selbst begangen war und wo Lücken im Begehungsnetz bestanden.

Von den beiden Autoren liegen folgende zwei Arbeiten vor, die dieses Gebiet eingehender behandeln:

AMPFERER O., Über den Südrand der Lechtaler Alpen zwischen Arlberg und Ötztal, Jb. d. Geol. B. A. 1930, S. 407—451.

HAMMER W., Die Phyllitzone von Landeck, Jb. d. Geol. B. A. 1918, S. 205—258.

Ferner ist das Gebiet übersichtsweise behandelt in:

KLEBELSBERG R. v., Geologie von Tirol. Berlin Bornträger 1935.

Eine kurze Darstellung der geologischen Ergebnisse des Stollenvortriebes mit besonderer Betonung der Voraussage und ihres Eintreffens erschien 1958 in „Geologie und Bauwesen“ als Wiedergabe eines in Salzburg gehaltenen Vortrages:

SCHMIDEGG O., Geologische Aufnahme und Voraussage beim Kraftwerksbau Prutz—Imst der TIWAG (Tirol).

Geologische Übersicht

Das Gebiet, das hier beschrieben wird und das der Stollen durchquert, zerfällt geologisch in zwei grundverschiedene Bereiche:

1. Im Norden als kleineren Abschnitt ein Streifen der nördlichen Kalkalpen, der zwischen Roppen und Zams noch südlich des Inn liegt.

2. Die Phyllitzone von Landeck, die in unserem Bereich den Gebirgsstock des Venet aufbaut und nach Osten an einer Linie ungefähr entlang des Pitzbaches unter die Gesteine der Ötztaler Masse untertaucht.

Mit letzterer eng verbunden und gesteinsmäßig wenig verschieden, im Gelände im großen, aber doch deutlich abtrennbar ist die Zone der Phyllitgneise von Piller, die von den Phylliten unter- und überlagert wird.

Die Gneise und Glimmerschiefer der Ötztaler Masse reichen nur unterhalb Wennis geringfügig über den Pitzbach und damit in den untersuchten Bereich.

2. Die Landecker Phyllitzone

(Bereich der kristallinen Schiefer)

In diesem Bereich, der hier sämtliche kristallinen Schiefer umfaßt, also den Quarzphyllit selbst mit seinen Abarten und Einlagerungen einschließlich der Gesteine des Verrucano, dann den Phyllitgneis lassen sich von N nach S folgende zonar angeordnete Bereiche unterscheiden:

1. Die Grauwackenschiefer mit eingeschalteten Verrucanolagen.
2. Ein Streifen dünnblättriger Quarzphyllite (Zone von Timmels).
3. Die Zone der Gneisphyllite von Steinhof.
4. Der mittlere Bereich der Quarzphyllite, der den Gipfelaufbau des Venet bis zum Talbecken von Wennis umfaßt.
5. Das Gebiet der Phyllitgneise von Piller.
6. Westlich von letzterem das Phyllitgebiet von Fließ, das nach E unter den Phyllitgneis einfällt.
7. Die südlich anschließenden etwas stärker kristallinen Phyllite und Glimmerschiefer.

a) Quarzphyllit

Der Quarzphyllit ist ein infolge der intensiven Durchbewegung stark geschiefertes Gestein von meist blätterigem Gefüge (Phyllonit). Dies ist bedingt durch die feinen Glimmerhäute, die im typischen Phyllit das im übrigen aus Quarzfasern bestehende Gestein durchziehen. Der fast immer helle Glimmer kann zuweilen auch in mehr schuppiger Form auftreten.

Die Farbe des Gesteins ist meist eisengrau bis dunkelgrau, je nach der Menge des beigemengten Graphits, manchmal durch feinverteilten Chlorit auch grünlich, sonst hell silberglänzend. Manchmal enthält der Phyllit lagenweise Granaten in kleinen Körnchen (bis Hanfkorngröße), die aber oft randlich oder ganz in eine grünliche chloritische Masse umgewandelt sind. Sie kommen vor allem in glimmerreichen Lagen vor.

Je nach Menge und Ausbildung der Bestandteile wechselt die Beschaffenheit. Tritt der Glimmer an Menge zurück, entstehen quarzitisches Lagen von grauer bis weißlicher Farbe, die sich durch größere Festigkeit auszeichnen, wie sie besonders im Gehänge westlich Wennis und bei Auders auftreten. Eine sehr glimmerreiche Zone zieht nördlich unter dem Gipfel des Venet hindurch; sie ist die Ursache der Brüchigkeit und Zerrissenheit der Nordflanke und ließ sich weiter nach E über Audershof bis in die Gegend von Trenk und Auders verfolgen.

Örtlich läßt sich ein geringer Feldspatgehalt (Albit-Oligoklas) erkennen, der dem Gestein eine größere Festigkeit verleiht. Damit sind Übergänge zu den weiter unten besprochenen Gneis-Phylliten gegeben.

Infolge seines Glimmerreichtums und der Blätterigkeit verwittert der Quarzphyllit sehr leicht, hat aber in frischem Zustande eine ziemliche Festigkeit, soweit er nicht von jüngeren Bewegungen erfaßt und zerschert ist, wie es sehr deutlich in den Stollen zu ersehen war.

An verschiedenen stärker durchbewegten Zonen kommen meist durch Graphitgehalt dunkelgrau gefärbte, sehr stark schiefrige Gesteine vor, die oft nach mehreren Richtungen verfaltet sind. Sie treten vorwiegend an Inhomogenitätszonen auf, so randlich an festeren meist gneisigen Lagen, wie den Orthogneisen, die dabei selbst randlich mylonitisch zertrümmert sind. Sie sind vor allem S Wennis an der Straße nach Piller, in Begleitung des Gneiszuges von St. Margarethen, dann am Rande der gneisigen Zone von Steinhof und an einer flachen Bewegungszone im Gipfelgebiet des Venet zu beobachten. Zum Teil wenigstens dürften Entmischungen beteiligt sein.

b) Gneisige Phyllite der Zone von Steinhof

Zwischen der Phylliten von Wennis und der Phyllitzone von Timmels zieht zwischen Blons dem Gebiet von Brennwald ein Gesteinsstreifen durch, der sich durch einen höheren Gehalt an Feldspat und auch Biotit auszeichnet, aber doch vielfach durch seine Häute aus hellem Glimmer einen phyllonitischen Charakter aufweist. Von weitem schon fällt das Gestein durch seine mehr rostbraune Verwitterungsfarbe gegenüber den mehr grauen normalen Quarzphylliten auf.

Wenn auch im einzelnen Übergänge vorhanden sind und besonders im Handstück eine Unterscheidung nicht immer möglich ist, ist eine Abtrennung im großen doch recht gut durchführbar und der Unterschied

besonders gegen die Phyllite der Zone von Timmels recht augenfällig. Auch in baueologische Hinsicht war die Abtrennung von Interesse, da die Gesteine der gneisigen Zone meist härter und widerstandsfähiger sind als die gewöhnlichen Phyllite. Dies zeigt sich auch im morphologischen Bild, da erstere einen breiten Rücken bilden, der im Gehänge hervortritt und das Becken von Wenns nach Norden abriegelt. Auf der Höhe bildet er den schräg zum Hauptkamm verlaufenden schmalen Kamm des „Gschwent“ und ist auch noch in der Westseite gegen den Markbach vor allem durch den stärker blockigen Zerfall bemerkbar. Einige Quellaustritte sind dadurch bedingt. Dann verliert sich diese Zone allmählich und ist nur noch in einzelnen schmäleren Einschaltungen N des Gampfkopfes und der Zammer A. zu beobachten.

Ein Amphibolitzug folgt der Grenze nach Norden, allerdings nur angenähert, denn der Amphibolit liegt bald mehr im Phyllit, bald mehr in den Gneisen. Im Süden verläuft ein Granitgneiszug parallel. Schwieriger wird die Abtrennung der Gneisphyllite im Gebiet von Brennwald, wo gneisige mit rein phyllitischen Gesteinen wechseln. Auch eine Amphiboliteinschaltung tritt hier wie auch im Wald ober Auders, also nahe der Südgrenze, auf.

Die Frage, ob es sich um eine tektonische Einschaltung von Ötztaler Gneisen, die stärker durchbewegten Ötztaler Gneisen in Quarzphyllit oder nur um eine mehr gneisige Ausbildung des Quarzphyllites handelt, ließ HAMMER noch offen, neigte aber mehr zu ersterer Ansicht, vor allem wegen der starken Mylonitisierung an der nördlichen Grenzfläche. Nach meinen neueren Aufnahmen, besonders auch nach den Beobachtungen im Stollen, erscheint die zweite Annahme, gneisige Ausbildung des Phyllits, also auf sedimentärer Grundlage, wahrscheinlicher. Hiefür spricht besonders das allmähliche Ausklingen nach W, das Fehlen jeder scharfen Grenze nach S, wie sie besonders im Stollen zu beobachten war, ohne jeglichen Hinweis einer tektonischen Durchmischung und die konkordante Einschaltung. Die mylonitische Randzone ist kein Beweis für eine tektonische Einlagerung, denn sie tritt ja randlich sehr häufig an den Orthogneisen. Auch größere Bewegungen folgen oft solchen Grenzen.

c) Einlagerungen im Quarzphyllit

Innerhalb des eigentlichen Quarzphyllites kommen verschiedene andersartige Gesteine als Einlagerungen in meist nur sehr schmalen Zügen vor. Es sind einerseits helle Orthogneise (mehr oder weniger saure Granitgneise), andererseits Grüngesteine in verschiedener Ausbildung mit Hornblende und Chlorit. Schließlich konnte ich in einem Horizonte der Zone von Timmels an mehreren Stellen kleine Dolomiteinschaltungen neu auffinden. Mit einer derselben und mit Chloritschiefer in Zusammenhang treten auch die zwar altbekannten, aber wenig mächtigen Eisenspatvorkommen der Venetnordseite auf.

Die Muskowitgranitgneise durchziehen in mehreren meist nicht über 20 m mächtigen Lagen den mittleren muldenförmigen Teil der Phyllitzone. Sie reichen vom Becken von Wenns bis in das Gipfelgebiet des Venet, bis zum Grabberg. Sie heben sich durch ihre hellere, fast weiße Farbe und durch den Zerfall in kantige Blöcke gut ab, besonders wenn sie von der

Durchbewegung weniger betroffen sind. Randlich sind sie aber oft stark mylonitisiert, weniger mächtige Lagen auch ganz. So besonders der von Larchach zum Gipfelkamm des Venet hinauf streichende Gneiszug, der dann kaum mehr erkennbar ist.

Die Muskowitgranitgneise bestehen in der Hauptsache aus Quarz, Feldspat und hellem Glimmer. Letzterer tritt an Menge meist sehr zurück, so daß dann glimmerarme, mehr quarzitisches Gesteine daraus hervorgehen. Der Feldspat ist nicht selten in Form größerer Einsprenglinge zu sehen. Solche Augengneise konnten im Gneiszug des Spielkogel und am Gampkogel beobachtet werden. Aufspaltungen mit Schieferzwischenlagen sind besonders im Gneiszug Spielkogel—Gogler Alm häufig.

Hornblendeschiefer und Chloritschiefer sind mit freiem Auge nicht immer sicher zu unterscheiden, da manche als Chloritschiefer erscheinende Gesteine oft viel feinfaserige Hornblende enthalten.

Der Amphibolitzug von Steinhof ist ein gut ausgebildeter Plagioklas-amphibolit, der häufig auch Epidot führt. Durch schiefrige Zwischenlagen ist er meist in mehrere Lagen gespalten, die insgesamt bis zu 20 m Mächtigkeit erreichen. Er ließ sich fast durchgehend von der Straße bei Blons bis N des Rückens von Gschwent verfolgen und begleitet randlich die Gneisphyllitzone.

Der Amphibolit von Larchach ist noch mehr in einzelne Lagen und linsige Züge zerteilt, doch ließ sich der ganze Zug von Eggmahd durch das Südgehänge zum Venet und um ihn herum auf der Nordseite bis in das Kar unter das Wonnetjöchl verfolgen. Er begleitet den Augengneiszug in seinem Liegenden. Während dieser aber allmählich gegen den Venet hin infolge der starken nachkristallinen Durchbewegung undeutlicher wird, ist der Amphibolit immer gut erkennbar. Er zeigt große Ähnlichkeit mit dem Amphibolit von Steinhof, führt auch reichlich Epidot und ist möglicherweise dessen Fortsetzung.

Der Amphibolit von Matzlewald ist ein äußerlich sehr einem Chloritschiefer gleichendes, recht massiges Gestein. Er besteht hauptsächlich aus blaßgrüner Hornblende. Seine starke tektonische Beanspruchung zeigt sich vor allem in den zahlreichen Harnischen, so daß er auf den ersten Blick oft auch einem Serpentin täuschend ähnlichsieht. Er tritt im Graben unweit der Straße auf und taucht nach Ost in den Phyllit unter.

Der Chloritschiefer beim Schwetzerhof (E Piller) ist bei HAMMER noch nicht verzeichnet. Er tritt im Phyllit nahe dem Phyllitgneis auf, am mächtigsten beim Schwetzerhof selbst, dann weiter nach E in vielen kleinen wohl damit zusammenhängenden Vorkommen. Zahlreiche, meist nur geringmächtige Vorkommen finden sich in der nördlichen Phyllitzone in fast allen Profilen. Sie lassen sich meist zu lang hinziehenden Zügen verfolgen. Nahe diesen Chloritschiefern konnten drei kleine Vorkommen von Dolomit aufgefunden werden: N Timmels, bei den Erzvorkommen S Imsterberg und N der Zammer A.

Im südlichen Quarzphyllit bei Fließ sind mehr massige Gabbro-amphibolite enthalten. Ein größeres Vorkommen von linsenartiger Gestalt, das ehemals für Straßenschotter abgebaut wurde, liegt ober dem Straßenknie S Runserau. Es hat bis über 10 m Mächtigkeit und keilt

nach E rasch aus. Seine westliche Fortsetzung ist stärker verschiefert und chloritisiert. Ein kleineres Vorkommen fand sich am Mühlbach oberhalb Fließ.

d) Die Phyllitgneiszone von Piller

Die von HAMMER als Phyllitgneise bezeichneten Gesteine dieser Zone haben eine wechselnde Zusammensetzung und stellen insgesamt einen Übergang zwischen Quarzphyllit und Ötztaler Schiefergneisen dar. Es sind einerseits richtige, Feldspat führende Gneise, andererseits Lagen von Glimmerschiefern, die meist ein phyllonitisches Gepräge zeigen und vom eigentlichen Quarzphyllit oft nicht zu unterscheiden sind. Ich fasse hier den Begriff der Phyllitgneise etwas enger als HAMMER, der unter „Phyllitgneise und Glimmerschiefer“ auch die noch etwas phyllitischen „Glimmerschiefer“ zwischen der Pontlatzer Brücke und Fließ hinzunimmt und dadurch zu einer Abgrenzung quer zum Streichen gezwungen ist. Nimmt man diese Glimmerschiefer heraus und stellt sie zu den Quarzphylliten, in die sie auch ohne Grenze übergehen, größtenteils auch vollständig gleichen, so kommt man zu einer viel natürlicheren Abgrenzung die sich auch zwanglos meist bis auf wenige Meter und noch weniger durchführen läßt. Nur nach S gegen Puschlin ist die Abgrenzung schwieriger, hier dürfte vielleicht eine innigere Verzahnung vorhanden sein. Auch morphologisch tritt diese Abgrenzung gut in Erscheinung: der waldige Steilabfall Gacher Blick—Gogles Alm ist Gneis, das Wiesengelände der Fließter Terrasse im wesentlichen Phyllit. Die Abgrenzung gegen den Phyllit erfolgt dabei nach den äußersten Gneislagen.

Der Gneis enthält oft gut mit freiem Auge sichtbaren Feldspat (Plagioklas), zuweilen sogar mit ziemlich grobem Korn (wie die Feldspatknottengneise der Ötztaler Alpen), dann hellen Glimmer, Biotit aber nur in geringer Menge, wodurch sich diese Gneise von den Ötztaler Schiefergneisen unterscheiden. Bei geringerem Glimmergehalt sind sie grob gebankt und recht fest. Die an Glimmer reicheren Lagen sind schiefriger bis phyllitisch und können auch Granat in kleineren Körnern enthalten. Auch helle quarzitische Lagen kommen vor.

e) Südlicher Teil der Phyllitzone

Der Phyllit, der die Terrasse von Fließ in gleichmäßig steilgestellten Lagen beiderseits des Mühlbaches bis zum Inn herunter aufbaut, ist im allgemeinen ein verhältnismäßig festes Gestein, das nur im Steilgehänge durch Hangbewegungen teilweise stärker aufgelockert ist. Es setzt sich auch südlich bzw. östlich des Inn bis gegen die Pontlatzer Brücke hin fort, seine phyllonitische Beschaffenheit tritt aber allmählich immer mehr zurück und es wird kristalliner, nähert sich also mehr den Glimmerschiefern. Nirgends ist jedoch eine Grenzziehung zu den Quarzphylliten möglich.

Nördlich der Pontlatzer Brücke quert ein Gesteinszug das Tal, der mehr gneisigen Charakter hat und auch morphologisch als vorspringender Rücken hervortritt. Nach Osten steht er mit den Phyllitgneisen vom Gachen Blick in Verbindung, stellt also wohl ihre steil in die Tiefe reichende Fortsetzung dar.

Südlich davon, bei der Pontlatzer Brücke selbst, treten wieder mehr phyllitische, glimmerreiche Gesteine auf, die nach oben (Osten) in die

Phyllite HAMMERS von Puschlin übergehen. Sie sind von grauer bis grünlicher Farbe, ziemlich dünnschiefrig, aber doch recht fest.

Weiter nach S folgen nach einer tektonischen Fuge, in der N Harben und unterhalb Puschlin Mesozoikum mit Verrucano eingeschaltet ist. Biotitplagioklasgneise der Silvretta in einer Breite von etwa 1 km, an die sich nach S bereits Gesteine des Engadiner Fensters, zunächst als mächtiger Dolomitzug, anschließen.

f) Grauwackenzone und Verrucano (mit Buntsandstein)

Die dünnblättrigen Phyllite der Zone von Timmels gehen nach Norden, ohne daß sich eine Grenze angeben läßt, in Phyllite über, die noch dünnblättriger sind und auch oft in der Farbe abweichen. Sie haben sich besonders im Stollen als sichere Grauwackenschiefer erwiesen.

Zum größeren Teil sind es hier serizitische Schiefer von hell- bis dunkelbrauner, grünlicher, seltener auch violetter Farbe. Sie gehen ganz allmählich aus dem angrenzenden Quarzphyllit hervor, ohne daß sich in weiterem Bereich eine Grenze angeben läßt. Auch die Stollenaufschlüsse ließen keine Grenze erkennen. Sie sind meist stark durchbewegt, sehr dünnschiefrig und vielfach von eisenhaltigem Karbonat in Form schmaler, meist in den Schieferungsflächen liegender Gängchen und Linsen durchsetzt. In dieser Zone liegt auch das Vorkommen von Eisenspat südlich Imsterberg, auf dem früher Bergbau umging. Von normalem Quarzphyllit sind diese Schiefer auch durch einen größeren Gehalt an Quarzkörnern, die bis zu Geröllen anschwellen können, unterschieden.

Infolge des stark blättrigen Gefüges und wohl auch des Karbonatgehaltes verwittern diese Gesteine sehr leicht und bilden daher kaum gute Aufschlüsse und sind in einer tief erodierten Zone mit Schutt und Moränen bedeckt.

In diese Schiefer sind in ihren nördlichsten Bereichen unregelmäßig lagen- und linsenweise die quarzreichen Gesteine des Verrucano eingelagert. Es sind feste und schiefrige Quarzkonglomerate, meist mit Serizit, und quarzitisches Sandsteine, die schon zum Buntsandstein überleiten. Sie sind von blaßrötlicher bis violetter, auch grünlicher Farbe und führen manchmal auch Feldspat. Durch ihre Widerstandsfähigkeit sind sie innerhalb der Grauwackenzone oft die einzigen, zuweilen wie Mauern aufragenden Aufschlüsse.

Die ganze Zone der Grauwackenschiefer hat in der Gegend von Arzlair etwa 400 m Mächtigkeit, verschmälert sich aber gegen W (bei Falterschein etwa 200 m).

Westlich Landeck treten in dieser Zone in Verbindung mit Rauwacken und Buntsandstein Gipslager auf. Zwischen Landeck und Roppen war bisher das Vorkommen von Gips nicht bekannt, doch immerhin zu befürchten, besonders, da eine Quelle am Südausgang von Arzl reichlich Gips führte. Es wurde aber glücklicherweise im Stollen kein Gips angetroffen, erst nachträglich ein kleiner Wasseraustritt mit etwas Gipsgehalt bei 1692 m.

Die geschichteten Gesteine des Verrucano gehen weiter nach N in Buntsandstein über, doch fehlen diese vielfach wie im Gelände über der Stollentrasse, sind aber im Einschnitt des Pitztals wieder mächtig vorhanden. Mit meist recht scharfer Grenze folgen dann die Kalke und Dolomite der Trias.

Die zum Teil linsenartige Einschaltung der Gesteine des Verrucano in die Grauwackenschiefer zeigt, daß hier eine tektonische Verschuppung vorliegt. Man kann aber wohl annehmen, daß trotzdem eine geschlossene stratigraphische Serie vorhanden ist, die vom Quarzphyllit über Grauwackenschiefer zu Verrucano und in weiterer Folge zum Buntsandstein der Trias führt. Die Verschuppung ist wohl nur eine Teilercheinung der intensiven Durchbewegung, die das ganze Schichtpaket erfaßt hat und die sich besonders in der Inhomogenitätszone zwischen den schiefrigen Grauwackengesteinen und den starrereren Gesteinen des Verrucano-Buntsandstein stärker ausgewirkt hat. Eine ausgeprägte weiter durchziehende Bewegungsfläche ist nicht vorhanden. Eine solche wäre eher zwischen Buntsandstein und den Kalk-Dolomitgesteinen der Trias anzunehmen, denn nur hier ist eine scharfe Fläche weithin zu verfolgen.

3. Der Bau der Landecker Phyllitzone

Nach HAMMER herrscht im Bau der Phyllitzone allgemein Südfallen vor. Wie meine neuen Aufnahmen ergaben, ist dies jedoch nur beschränkt gültig, und zwar hauptsächlich für den Nordabschnitt. In anderen ausgedehnten mehr in der Mitte der Zone gelegenen Bereichen, wie im Gipfelgebiet des Venet wiegt flache Lagerung vor, die sich mit teilweise Einfallen nach Ost bis nach Wenus hinunterzieht. Gegen Süden geht sie mehr in Nordfallen über, wie im ganzen nördlichen Randgebiet gegen die Phyllitgneise.

Der ganze mittlere den Gebirgsstock des Venet aufbauende Teil der Quarzphyllitzone bildet daher im großen und ganzen eine flache Mulde, die mehrfach mit nach Ost einfallenden Achsen gewellt ist und deren Nordrand steil aufgebogen ist. Mit den vorhandenen Achsenverbiegungen und Verstellungen stellt sie im einzelnen ein räumlich ziemlich kompliziertes Gebilde dar. Die Einlagerungen von Granitgneisen und Grüngesteinen bilden hierbei willkommene Leitflächen zur Auflösung des Baues.

Der südlichste Granitgneiszug ist der des Spielkogels, der sich mit höchstens ganz geringen Querverstellungen, die großtektonisch aber keine Rolle spielen, durchlaufend auf über 7 km verfolgen ließ. Am Spielkogel und weiter östlich steht der Gneis mit den begleitenden Phylliten sehr steil (70° nach N). Gegen Westen hin wird die Lagerung aber allmählich immer flacher und ist bei der Gogles Alm bereits horizontal. In dieser Lagerung ließ er sich um den Grabkogel herum über die Zammer Alm bis gegen die Nordseite des Venet verfolgen, wo er dann im Bereiche des Kronburger Baches wahrscheinlich nach N in eine Einengungszone, die ich dort feststellen konnte, abtaucht. Nach S ist der Granitgneiszug zwischen Gogles Alm und Spielkogel nur durch eine schmale Phyllitzone, die sich nach W und E hin verbreitert, vom Phyllitgneis getrennt. Gegen N hin geht die Lagerung im Meridian des Spielberges in eine flachere über.

Der Granitgneiszug von St. Margarethen zeigt bereits S-Fallen. Die Darstellung von HAMMER eines breiten Granitgneiszuges ist hier nicht ganz richtig. Der Augengneis bildet mit dem von oberhalb Larchach herabziehenden Gneiszug ein flaches Gewölbe, dessen First zwischen den beiden noch erhaltenen Teilstreifen auf 300 m Breite wegerodiert ist (bis

auf einen kleinen stark verfalteten Rest in Eggmahd), so daß sich kartemäßig zwei getrennte Züge ergeben, zwischen denen der liegende Phyllit zum Teil noch ansteht. Er ist dort stark durchbewegt und mylonitisch mit vielfach schwarzgrauer Farbe. Auch der Gneis selbst ist oft stark zertrümmert, besonders randlich. Längs einer durchstreichenden ENE-Störungsfläche bildet er ausgedehnte Blockhalden. Nach W hin ließ er sich bis zum Venetgipfel verfolgen, wird aber infolge Zertrümmerung und Diaphtorese bald unkenntlich.

Im Liegenden dieses Granitgneiszuges folgt durch Phyllit getrennt ein stellenweise recht mächtiger Amphibolitzug, der sich besonders bei Larchach und N des Venetgipfels in mehrere wieder auseinander Einzelagen aufspaltet. Die Amphibolite konnten, soweit sie erschlossen sind, ununterbrochen unter dem Venetgipfel durch bis in das Kar W des Wonnetjöchls verfolgt werden. Hier tauchen sie entweder in die Einengungszone gegen den Markbach hinab oder sind um den Gamplkopf herum mit den Amphiboliten von Hochasten—Steinhof in Verbindung zu bringen.

An das Gewölbe von Margarethen—Larchach schließt sich nach N wieder flacheres Einfallen an. Während aber im Gipfelgebiete ziemlich gleichmäßig horizontal bis flach N-fallende Lagerung herrscht, die nur gegen die Tiefe hin steiler wird, folgt im Gebiete W Wenns eine Reihe von flachen Mulden und Gewölben, wobei auch S-Fallen bis 40° vorkommt, mit einzelnen zwischenliegenden Streifen mit steilem Einfallen. Im Kamm- und Almgebiet E des Wonnet- und Kreuzjöchls sind die Lagerungsverhältnisse schwierig erkennbar, da bei dem starken Blockzerfall die Granitgneislagen flach im Gehänge liegen, ebenso im Waldgebiet W Wenns.

Nach N schwenken die Gneiszüge über NE-Streichen (bei und W Hochasten), jedoch unter Beibehaltung der allgemeinen Faltenachse N 70° E, in den nach N aufgebogenen und ebenfalls N 70° E streichenden Muldenrand ein.

Im Bereiche von Wenns und Brennwald herrscht flache Lagerung, die oft unvermittelt mit einzelnen steil N 70° E streichenden Streifen wechselt. Außerdem ist das flache Einfallen nach N—S bis N 30° E gerichteten B-Achsen mit örtlichen Kleinfaltungen geknickt, wobei stellenweise ein Gefälle bis zu 40° entstehen kann.

Für tiefere Bereiche des Wennser Beckens verdecken bis zur Zone von Steinhof, also im ganzen Bereiche der Phyllitmulde, Moränen- und Schotterablagerungen durchgehend die Aufschlüsse, nur nördlich Brennwald reicht der Fels tiefer. Im Bett des Pitzbaches erscheint noch vielfach anstehender Phyllit und auch noch am rechten Ufer unter den darüber anstehenden Öztaler Gneisen. Die Phyllite haben hier fast durchwegs ein B-Achsenstreichen von N 60° E mit stärkeren Verfaltungen, während die Öztaler Gneise, soweit sich dies erkennen läßt, NNE streichen. Es ist hier mit Sicherheit weder ein Anpassen des Streichens der Quarzphyllite, außer einer geringen Drehung um 10° noch ein Untertauchen unter die Öztalergneise festzustellen. Daß die Phyllite in der Tiefe unter die Öztalermasse hineinstreichen, erscheint wahrscheinlich, wenn auch örtlich, wie an der Einmündung des Pillerbaches, eine stärkere Anpassung des Streichens zu beobachten ist.

Bei der Blonser Brücke (Pkt. 726 der öst. Karte) und weiter nördlich ziehen die Gneise von Steinhof mit den nördlich anschließenden Phylliten

ungestört über den Pitzbach, bis sie am rechtsufrigen Hang von Terrassenschottern überlagert werden. Ob sie mit dem bei Krabichl anstehenden Schiefergneisstreifen in Beziehung stehen oder an den Öztaler Gneisen auskeilen und der Schieferstreifen nur infolge seiner Lage zwischen Granitgneisen stärker phyllonitisch durchbewegt ist, ist noch fraglich.

Bau der Phyllitgneiszone

Die Phyllitgneise liegen als etwa 1 km dicke Platte den Phylliten von Fließ auf, wie am Steilabfall nach W deutlich zu erkennen ist. Die Grenze ist hierbei flachwellig bis verzahnt (am Gachen Blick), wobei die B-Achsen mit manchmal geringem Westfallen horizontal liegen und im Mittel N 70° E streichen.

Weiter nach Osten in der Hauptmasse der Phyllite herrscht jedoch ein Ostfallen der Achsen, das sich im Diagramm 1 als ausgeprägtes Maximum bei 20° zeigt (Streichen N 70° E). An einzelnen inselartigen Gebieten stellen sich die Achsen jedoch meist in deutlich allmählicher Biegung steiler, meist bis 40°, manchmal bis zu 60° und mehr. Selbst senkrechte Achsen wurden beobachtet.

Nach diesen B-Achsen wurde die Unterfläche der Phyllitgneisplatte in den Profilen konstruiert, wobei ein mittleres Einfallen von 20° zugrunde gelegt wurde.

Das Einfallen der Phyllitgneise (nach den s-Flächen) wechselt. Steiles Einfallen nach S herrscht vor, doch kommt auch flache Lagerung und N-Fallen, sowie auch stärkere Verfaltung (z. B. am Gachen Blick) vor. Es ist wohl eine ehemals flach gelagerte Platte nach B = N 70° E gefaltet und durch Einengung in den s-Flächen vorwiegend steil gestellt worden.

Nach Osten hin werden die abtauchenden Phyllitgneise wieder durch Phyllit überlagert, der mit der nördlichen Hauptzone des Quarzphyllit in Verbindung steht. Auch dieser ist nach B = N 70° E bis E—W flachwellig mit nach E absinkenden Achsen verfaltet. An der Grenzfläche treten wie beim Schwetzerhof Chloritschiefer auf.

Von diesem Phyllit zweigt ein schmaler Ausläufer zuerst in WSW; dann W-Richtung dem Klausbach entlang in den Phyllitgneis hinein ab und hebt sich schließlich dem Achsenfallen entsprechend vor Fuchsmoos heraus. Die s-Flächen stehen fast durchwegs steil, ihr Streichen (sowie das der Achsen) ist meist N 70° E bis E—W. Das Einfallen der Achsen ist wie im Phyllitgneis 20° nach E gerichtet.

Nach Norden grenzt der Phyllitgneis von westlich des Spielkogel bis gegen die Gogles Alm mit ziemlich gleichsinnigen Nordfallen — im Osten steiler, gegen W flacher — gegen den Phyllit mit seiner schon erwähnten Granitgneislage. Bei der Gogles Alm tritt jedoch eine gewisse Diskordanz auf. Der Phyllit darüber liegt mit der Granitgneiseinlagerung flach mit B-Achsen = N 80° E bis E—W bei geringem E-Fallen. Darunter folgt durch einen 20 bis 50 m breiten Wiesenstreifen getrennt der Phyllitgneis, der hier ziemlich grobgnéisig entwickelt ist. Er weist Verfaltungen nach B = N 50° E bis zu N 30° E, weiter unten steiles S-Fallen auf. Die Verfaltungen sind anscheinend vorkristallin. Bei der alten Gogles Alm treten weitere tektonische Komplikationen mit Störungsflächen N 70° E und 70° W ohne Mylonitzone, aber begleitende Schlepplage und Verfaltung

der Gneise, randlich ein kleiner Aufschluß von mylonitischem Phyllonit mit $N 50^\circ E$ -Streichen auf. Im übrigen erweitert sich der aufschlußlose Abstand zwischen Phyllit und Phyllitgneis immer mehr, bis im Westgehänge gegen den Mühlbach jeglicher Aufschluß im Phyllit fehlt. Erst nahe über und in der Talsohle steht wieder Phyllit an: Im Talhintergrund in flacher Lagerung wie im Gipfelgebiet, im weiteren Talverlauf steil S-fallend, dazwischen stark zerrüttet durch Gehängerutschungen. Es ziehen also ein oder mehrere Störungszonen gegen die Grenze Phyllit—Phyllitgneis bei der Gogles Alm hinein.

Wie und wieweit sie allerdings in die Tiefe setzen, ist noch fraglich. Denn auch nach Osten hin scheinen sie allmählich auszuklingen und an Auswirkung zu verlieren.

4. Bewegungspläne im Gebiet der Phyllitzone

In dem oben geschilderten Gebirgsbau ließen sich auf Grund der zahlreichen Messungen mehrere Bewegungspläne erkennen, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

1. Durchbewegungen, die nach B-Achsen in ungefähr E—W-Richtung erfolgt sind, in der Hauptsache nach $N 70^\circ E$, doch mit einer beträchtlichen Streuung. Die Achsen schwanken zwischen $N 60^\circ E$ (seltener $N 50^\circ E$) und E—W, dann kommt auch $N 60^\circ W$ vor. Es wurden zahlreiche Messungen dieser Achsen (Faltenachsen bis Striemungen) als B-Achsen durchgeführt und dann statistisch für verschiedene Teilbereiche ausgewertet. Die wichtigsten sind auf Diagrammen 1—4 dargestellt. Am meisten tritt die Richtung $N 70^\circ E$ hervor, die homogen über nahezu den ganzen Bereich verbreitet ist. Es lassen sich dann noch verschiedene Untergruppen unterscheiden, die aber schwierig abzutrennen sind. Jedenfalls hebt sich die Richtung $N 60^\circ W$ heraus, die einer wahrscheinlich etwas jüngeren Bewegung entspricht.

In der Auswirkung auf das Gesteinsgefüge zeigten sich bei den verschiedenen Achsenlagen keine wesentlichen Unterschiede. Stellenweise kam es zu einer intensiven Durchbewegung mit Kleinfältelung, in anderen Bereichen nur zur Ausbildung eines Flächengefüges mit oft kaum erkennbarer linearer Richtung.

Das Einfallen der Achsen ist im Gebiete von Wenns, dann im größten Teil des Phyllitgneises nach Osten gerichtet. In letzterem kommen auch steile Achsen bis fast senkrecht vor und zwar in einzelnen inselartig gehäuften aber unscharf abgegrenzten Bereichen. Im Gipfelgebiet des Venet, bei Fließ und am Westrand der Phyllitgneise, dann in der nördlichen Phyllitzone liegen die Achsen vorwiegend horizontal, gehen bei Fließ auch in sanftes W-Fallen über.

2. Eine andere Gruppe von Bewegungen sind die Querbewegungen mit einer Bewegungsrichtung ungefähr um N—S, daher mit angenähert N—S verlaufenden B-Achsen. Letztere haben eine Schwankungsbreite von $N 10^\circ W$ bis etwa $N 20^\circ E$ und werden besonders in den Granitgneisen deutlich, wobei meistens die Achse nach (1) kaum mehr aufscheint. Aber auch in Phylliten kommen sie, wenn auch seltener als örtlich auftretende Feinfältelung, vor. Das Wechseln im Einfallen der B-Achsen der Richtung (1) ist ihnen zuzuordnen, wie an den Knickstellen dieser Achsen deutlich

zu ersehen ist. Auch größere Verstellungen von Orthogneisen (Blockbewegungen) sind nach diesen erfolgt, z. B. am Westende des Augengneises von St. Margarethen.

5. Kluftgefüge und Bewegungsflächen

Das Gefüge der Klüfte ist wie meist bei der geologischen Landesaufnahme auch hier wenig beachtet und beschrieben worden. Es ist aber für baugelogeische Fragen von großer Wichtigkeit und spielt auch im geologischen Bau eine gewisse Rolle.

Allerdings sind hier gerade im Gebiet des Quarzphyllits auch die größeren durchziehenden Bewegungsflächen nicht leicht zu erkennen. Während sie im Bereich des Ötztaler Altkristallin (nach FUCHS) deutliche Verschiebungen erzeugten, war dies im Phyllitgebiet kaum zu beobachten. Auch in der Kalkalpenzone waren bei der ersten Geländeaufnahme nur bei Spadegg einige Blattverschiebungen zu vermuten (die allerdings nicht näher untersucht wurden). Erst durch die Tiefenaufschlüsse konnten dann noch weitere meist steilstehende Flächen mit beträchtlichen Verschiebungen erkannt werden. Hier und besonders im Phyllitgebiet liegen die Ausstriche der Störungsflächen und -zonen meist unter Schutt und Vegetation verdeckt und sind daher der unmittelbaren Beobachtung nur in wenigen Fällen, wie z. B. an Wegaufschlüssen, zugänglich.

Durch Beobachtung der morphologischen Auswirkungen dieser Flächen bzw. ihrer Störungszonen konnten doch eine Reihe von größeren durchziehenden Störungsflächen festgestellt und auf längere Erstreckung verfolgt werden. Es sind dies vor allem der gerade und nicht der Fallinie folgende Verlauf von Tal- und Bachrichtungen, länger und sich gerade hinziehende Gräben und Einschnitte u. a. Eine wesentliche Hilfe bot hiebei das Studium der Luftbilder in stereoskopischer Betrachtung. Sie gaben die notwendige Übersicht für das Verfolgen lang hinziehender Störungen. Vereinzelt Aufschlüsse von zugehörigen Klüften und Mylonitzonen gaben eine Bestätigung.

Die Gefügedaten der Kluftsysteme wurden in günstigen Aufschlüssen gemessen und in Diagrammen der Lagenkugel statistisch ausgewertet, große Bewegungsflächen unmittelbar in die Karte eingetragen. Von ersteren sind einige Beispiele in den Diagrammen 5—7 dargestellt. Hiebei war besonders die Homogenität der Bereiche zu beachten, daher wurden zunächst nur entsprechend ausgewählte Teilbereiche erfaßt und wenn sie untereinander genügend homogen waren, zu größeren Bereichen zusammengestellt. Es zeigte sich dabei, daß die Kluft- und Störungssysteme über große Bereiche genügend homogen waren. Allerdings wirkten sich die Beanspruchungen für verschiedene Bereiche in verschiedenem Grade aus, indem die einzelnen Kluftscharen an manchen Orten sehr ausgeprägt, an anderen kaum zum Ausdruck kamen.

Von den vorhandenen Kluftsystemen ist ein Teil mit dem vorhandenen Korn- und Achsengefüge symmetriegemäß verbunden. Es ist dies das Gefüge, das durch die ENE gerichtete B-Achse ($N 70^\circ E$ im Mittel) bestimmt ist.

Von den dazugehörigen Klüften treten besonders die ac-Klüfte (senkrecht B) auf, also mit der Richtung $N 20^\circ W$ mit senkrechten oder sehr

steilem Einfallen. Sie sind fast überall zu beobachten, in den starren Gneisen und Kalken, aber auch in den Phylliten, Tonschiefern der Partnachschichten. Sie sind stellenweise recht dicht geschart, andernorts wieder spärlich und können gegenüber anderen auch zurücktreten. Die Klüfte stehen aber nicht immer senkrecht auf B, sondern können damit oft einen Winkel bis zu 70° bilden.

Die auch sehr häufig vorkommenden Klüfte N—S bis $N 30^\circ E$ stehen senkrecht oder nahe senkrecht, sind vielleicht als ac-Klüfte einer auch vorkommenden B-Achse $N 60^\circ W$ zuzuordnen.

Diese genannten um N—S schwankenden Klüfte mit steilem Einfallen sind nicht selten auch als Bewegungsfläche ausgearbeitet.

Von anderen wahrscheinlich dem herrschenden B-Achsengefüge zuzuordnenden Klüften finden sich noch hOl-Klüfte parallel zu B, von denen besonders die senkrechte Klüftlage, also mit Richtung $N 70^\circ E$ und E—W auftritt.

Dann kommen nicht selten Okl-Klüfte und zwar mit symmetrischen Einfallen zu B vor und sind auch im Diagramm 5 sehr deutlich ausgeprägt ($N 20^\circ W$, Einfallen $45^\circ E$ und W).

Die weiteren vorkommenden Klüftlagen sind nicht oder wenigstens nicht mehr mit Sicherheit einem bekannten Gefüge zuzuordnen.

Als sehr deutlich im ganzen Bereich ausgeprägt ist eine Klüftung in ungefähr NW-Richtung ($N 40^\circ$ bis $50^\circ W$, senkrecht). Schon im Kartenbild, noch besser natürlich im Luftbild, tritt sie häufig als Richtung der Bachläufe auf, die oft auffallend schräg den Hang durchziehen, wie etwa nördlich Piller. Ihnen folgende Klüftflächen sind öfters zu beobachten. Eine Schar solcher Klüfte streicht auch über den NE-Venetkamm bis in die Gegend von Falterschein, wo sie im Hauptdolomit einzelne bis 1 m breite Mylonitonen erzeugen, sonst nur scharfe Klüftfugen.

Das Gegenstück zu diesen Klüften bilden die Klüfte $N 50^\circ E$, die besonders nördlich der alten Venet A. dann im Wald nach Hochasten an zahlreichen Hangfurchen zu erkennen sind.

Es zeigt sich somit, daß steile Klüftung im allgemeinen bei weitem vorherrscht, doch treten auch geneigte, seltener flache Klüfte auf.

Daß die genannten Klüfte auch als länger anhaltende Bewegungsflächen wirken können, ist schon bei den N—S-Klüften erwähnt worden. Diese haben aber meist keine sehr große Erstreckung (einige nicht viel über 1 km). Es kommen aber auch Bewegungsflächen vor, die sich über mehrere Kilometer verfolgen lassen und wenigstens im östlichen Untersuchungsgebiet (nach FUCHS) auch mit Blattverschiebungen verbunden sind.

Eine solche Klüftschar in Richtung $N 30^\circ E$, die besonders von FUCHS herausgearbeitet wurde und in einem breiten Streifen von östlich der Piller senke bis in das vordere Pitztal zieht, macht sich auch im Phyllitgebiet und zwar im Bereich südlich Wenns bemerkbar. Es sind hier zwar keine Verschiebungen damit verbunden, doch zeigen Querfurchen in den Gneiszen und Stufen im anschließenden Phyllitgehänge, die sich in gleicher Richtung hinziehen, die Fortsetzung dieser Klüfte.

Ausgedehnte und lang hinziehende Störungsflächen bzw. Zonen verlaufen in den Richtungen ENE und WSW. Sie sind als Mylonitonen meist nicht erschlossen, aber in der Natur gekennzeichnet als mit Schutt

und Vegetation bedeckte schmale Streifen zwischen anstehendem Gestein, mitunter deutlich durch Diskordanzen, seltener im Streichen (wie an der Gogles Alm), mehr im Einfallen als geknickte Gewölbefirste oder Muldenbiegungen (Gegend westlich Wenns). Im Hochgebirge erscheinen sie als schutterfüllte Gräben und Rinnen und sind besonders gut wieder im Luftbild auf lange Erstreckung zu erkennen. Sie stellen wohl mylonitische oder in den Phylliten stark verschieferte Zonen dar und stehen, wie aus ihrem geradlinigen Verlauf zu ersehen ist, senkrecht bis höchstens steil S, wie benachbarte Kluftrichtungen (nach Diagrammen) vermuten lassen. Beide Richtungen sind im Gebiet des Piller Sattels sehr verbreitet, wie dies schön rasterartig im Luftbild, aber auch schon aus der Forstkarte zu ersehen ist, da ihnen Wasserläufe und Sumpfstreifen folgen. Im Abhang nach Fließ treten sie durch grabenartige Einschnitte, die meist das Gestein spitzwinkelig schneiden, hervor, in manchen Fällen als ENE-Klüfte auch dem Streichen parallel laufen. Die ENE-Störungen sind besonders in der Gegend von Wenns verbreitet, doch nirgends erschlossen.

Auch auf der Nordseite des Venet treten diese Störungsflächen, wenn auch anscheinend nicht mehr so zahlreich, auf. So quert eine stärker durchschieferte Zone WNW den Kronburger Bach, während sonst die Schieferungsrichtung $N 70^{\circ} E$ ist. Hier sei übrigens bemerkt, daß weder im Kronburger noch im Markbach Anzeichen für größere N—S-Störungen gefunden werden konnten. Die tiefen Grabeneinschnitte sind daher nicht darauf zurückzuführen, sondern eher auf eine stärkere Durchschieferung beim Übergang vom flachen zum steilen Lagenbau im Bereich dieser Gräben.

Eine jüngere Zerscherung des Gesteinskörpers mit deutlichen Harnischflächen läßt sich auch im kleinen beobachten, wozu besonders die schönen Aufschlüsse auf den neuen Forstwegen die Möglichkeit geben. Diagramm 7 gibt hiezu ein Beispiel aus dem Phyllitgneis südlich Piller. Die eingefügte Skizze zeigt die Anordnung und den Richtungssinn der Bewegungen, das Diagramm selbst einige Scherflächen in Projektion mit eingetragenen Harnischrichtungen (a), sowie die Richtung der B-Achse. Die Scherungsachsen β stehen ziemlich steil. Die Lage weiterer Scherflächen ist durch die Flächenpole angegeben.

Derartige Zerscherungen sind sehr verbreitet und finden sich im Phyllitgneis und im Phyllit. Die eine Fläche liegt NNE bis ENE wobei stets der Bewegungssinn so ist, daß der östliche Teil nach N verschoben ist, die andere Fläche WNW bis E—W mit Bewegung des südlichen nach W, selten umgekehrt. Besonders ausgeprägt ist diese Erscheinung im Gebiet von Piller.

Die Harnischriefung, die horizontal oder flach geneigt ist, kann sich der B-Achse überlagern, besonders wenn eine Scherfläche gleich der s-Fläche ist oder mit ihr einen spitzen Winkel einschließt.

Zerscherungen mit horizontalen Achsen kommen auch vor, sind aber seltener.

6. Die Zone der nördlichen Kalkalpen

Dies ist jener Teil der nördlichen Kalkalpen (Lechtaler Alpen), der zwischen Zams und Roppen auf die Südseite des Inntales übertritt. Da dieser Bereich nicht nur vom Stollen durchfahren wurde, sondern auch

die Krafthauskaverne und andere damit zusammenhängende Hohlräume wie der Druckschacht darin zu liegen kamen, erforderte er besonderes Interesse. Zunächst wurde der ganze Streifen zwischen Arzl und Schönwies begangen, später dann der Bereich bis Imsterberg eingehender nach genaueren Plänen untersucht.

Dabei war es möglich, die Schichtfolge, die hier von der untersten Trias (Buntsandstein) bis zum Jura reicht, in den meisten Fällen klarzustellen, obwohl Fossilien äußerst spärlich vorhanden sind. Da sich aber verschiedene Glieder der Schichtreihe mit Sicherheit bestimmen ließen, gelang es doch, mit großer Wahrscheinlichkeit die ganze Schichtfolge aus lithologischen Vergleichen festzulegen. Am Nordrand, innerhalb der Schichtgruppe Muschelkalk—Partnachschiefer, scheinen tektonische Wiederholungen vorzuliegen, durch Verfaltung oder Verschuppung, wozu auch der Buntsandstein bei Imsterau gehört. Sonst folgen die Schichtglieder sich im allgemeinen recht regelmäßig, wenn auch die wohl hauptsächlich tektonischen Mächtigkeitsschwankungen mitunter sehr bedeutend sind und einzelne Schichtglieder dadurch auch fehlen können, wie besonders an der Südseite. So erreicht der Hauptdolomit S Imsterberg und SW Schönwies bis 700 m Mächtigkeit und verschmälert sich an anderen Orten bis auf wenige Meter.

Erschwert wurde die Aufnahme jedoch in manchen Bereichen durch die Schutt- und Moränenbedeckung, die im Verein mit Schichtverbiegungen ein durchlaufendes Verfolgen bei nur einzelnen Aufschlüssen oft nicht möglich machten.

In der ganzen Zone der Kalkalpen S des Inn ist die Schichtfolge zweimal vorhanden, wobei die Folgen spiegelbildlich zueinander stehen. An der Außenseite im Norden und Süden sind die ältesten Schichtglieder (Buntsandstein—Muschelkalk), in der Mitte die jüngsten (Jura) vorhanden. Im einzelnen sind die Verschiedenheiten zwischen Nord- und Südflügel recht groß, vor allem was die Mächtigkeit, weniger was die Ausbildung anlangt.

Die Gesteinsglieder, die diesen Streifen der Kalkalpenzone aufbauen sind vom Älteren zum Jüngeren:

a) Buntsandstein. Dieser steht in größerer Mächtigkeit (100 m) nur im Einschnitt des Pitzbaches östlich Arzl als roter, sehr fester Quarzsandstein an. Sonst ist er an der Südseite des Kalkalpenzuges nur S Spadegg im Einriß des Brunnbaches und W davon aufgeschlossen. Er steht hier nur mit etwa 10 m Mächtigkeit als roter Sandstein mit tonig-schiefrigen Einlagerungen an. Es ist aber möglich, daß er in der Tiefe in größerer Verbreitung vorkommt.

An der Nordseite findet sich als einziges, tektonisch eingeschaltetes Vorkommen ein grünlicher, mit Serizitlagen durchsetzter Sandstein in der Imsterau, begleitet von gelblicher Rauhwanke mit Dolomitlagen.

b) Muschelkalk (und Dolomit). Der Muschelkalk besteht in der gewöhnlichen Ausbildung aus dunkelgrauen, hell anwitternden Kalken, die meist gut gebankt sind und grobknollige Schichtflächen aufweisen. Dünne Lagen von dunklen, seltener hellen Tonschiefern, sind manchmal zwischengeschaltet. Die Kalke haben häufig einen Kieselsäuregehalt, lagenweise auch größere Hornsteinknollen.

Mit diesen Kalkbänken sind vielfach Dolomite in unregelmäßigen Lagen und Linsen verknüpft, die teils hell und feinsplitterig, teils im Anbruch dunkel gefärbt sind. Kennzeichnend ist eine öfters auftretende gröber kristalline Ausbildung, die durch nachträgliche Kristallisation (Dolomitisation) entstanden ist, wie auch überhaupt dolomitische Durchädung häufig ist. Eine kartenmäßige Ausscheidung war im einzelnen nicht immer möglich.

Grüne Tuffe, wie sie im Druckschacht angetroffen wurden, fanden sich obertags nicht.

c) Partnachschiefer. Es sind kalkhaltige bis kalkfreie Tonschiefer, die im frischem Zustande meist schwarz sind, durch Anwitterung heller graubraun werden. Sie zerfallen dabei leicht zu blätterigem bis stengeligem Grus. Sie sind aber im frischem Zustande verhältnismäßig sehr standfest, wie die Ausbildung von zuweilen hohen Steilwänden (W Arzl) und tief eingeschnittenen Schluchten zeigt. Bei stärkerer tektonischer Durchbewegung ist die Standfestigkeit jedoch wesentlich herabgesetzt. Die Mächtigkeit kann wie bei Imsterberg bis über 100 *m* betragen, häufig sind jedoch kleinere Kalkbänke, seltener Dolomit, eingeschaltet.

d) Wettersteinkalk und -dolomit. Der Wettersteinkalk bzw. -dolomit ist in diesem Gebiet bei weitem nicht in dieser Ausdehnung und Mächtigkeit entwickelt, wie etwa noch am Tschirgant, doch aber, wie die genauere Aufnahme zeigte, fast überall als durchziehende Bank vorhanden, nur im Südflügel fehlt er zuweilen.

Es sind meist helle, seltener dunklere Kalke, die vielfach dolomitisiert sind. Vom darüber folgenden Hauptdolomit, besonders wenn die Raibler Schichten fehlen, durch die meist hellere Farbe und den fast immer vorhandenen Kalkgehalt unterschieden; vom Muschelkalk ebenfalls durch die hellere Farbe und das Fehlen der guten Bankung mit den knolligen Schichtflächen. Großoolithische Strukturen waren im Gelände nur östlich Spadegg erkennbar, sind im Stollen aber in ausgedehntem Maße vorhanden, durch die Dolomitisation jedoch häufig verwischt.

Die Mächtigkeit erreicht kaum 100 *m*.

e) Raibler Schichten. Diese umfassen eine bunte und sehr verschieden ausgebildete Gesteinsgesellschaft. Häufig sind sie aber nur sehr schwächlich entwickelt, wobei tektonische Ausquetschung mitspielen kann, und dann für die Abtrennung von Wettersteindolomit gegen Hauptdolomit praktisch von Bedeutung. Vielfach scheinen sie ganz zu fehlen. Sehr mächtig entwickelt sind sie in der Umgebung des Imster Bahnhofes und im Saurer Graben.

Es sind dunkle Tonschiefer und mergelige Schiefer, hellgraue und gelb anwitternde Dolomite, dunkle Kalke, sandige dunkle Dolomite und Sandsteine. Kennzeichnend ist der fast immer vorhandene etwas größere Eisen-gehalt, der sich in der bräunlichen Anwitterung zeigt und die meist sandige Ausbildung der Schiefer. Gipse konnten hier keine beobachtet werden.

f) Hauptdolomit. Der Hauptdolomit ist das hier teilweise wenigstens (im Südflügel) am mächtigsten entwickelte Schichtglied. Es sind vorwiegend dunkelgraue Dolomite, mit hellerer bis schwach bräunlicher Anwitterungsfarbe, die sich dann gewöhnlich etwas sandig anfühlen. Die Schichtung ist meist deutlich zu erkennen, sie geht von grober Bankung

bis zur Feinschichtung. Durch stärkere tektonische Beanspruchung wird sie jedoch unkenntlich oder geht ganz verloren. Auch grobe tektonische Breccien, die wiederverheilt und damit verfestigt wurden, konnten (bei Falterschein) beobachtet werden.

Das Gestein ist außerordentlich fest und widerstandsfähig, abgesehen von den vereinzelt durchziehenden Mylonitzonen. Bei Arzl ist in dem Dolomit ein Steinbruch angelegt, der ein sehr gutes Schottermaterial liefert. Im nördlichen Dolomitzug ist Dolomit viel schwächer entwickelt und schlechter ausgebildet, stark zersplittert und oft sandig verwitternd.

Die Mächtigkeit erreicht im Profil der Timmler Alm bis 700 m. Der Dolomitzug verschmälert sich aber westlich des Kogler Grabens rasch.

Nach oben geht der Hauptdolomit allmählich in kalkigere Lagen über, die dem Plattenkalk entsprechen dürften.

g) Die Kössener Schichten bilden einen Gesteinsverband, in dem meist dunkle Kalke, die oft reichlich Schalenreste enthalten, mit schwarzen Tonschiefern und Mergellagen wechseln. Sie sind südlich Imsterberg mächtig entwickelt und an den neuen Forstwegen gut aufgeschlossen. Auch im Gehänge zwischen dem Kogler Graben ziehen sich Aufschlüsse den darüber sich erhebenden Wänden von Hauptdolomit entlang.

h) Die Oberrätischen Kalke streichen im Kogler Graben durch. Untrennbar damit verbunden sind Dolomite, die eine Steilwand bilden.

i) Diese Kalke gehen nach oben in rote Liaskalke über, die bereits seit ADOLF PICHLER bekannt sind und durch ihren Fossilinhalt sowie ihre Farbe ein sicher bestimmbares Schichtglied darstellen.

k) Die Fleckenmergel bilden eine gesteinsmäßig etwas wechselnde Serie von dunklen und helleren verschieden kalkigen Mergeln bis zu reineren Kalken. Auch dolomitische Lagen kommen darin vor. Sie sind am neuen Forstweg SE Höflein gut erschlossen.

l) Nur SE Spadegg, auch nunmehr durch den Forstweg besser erschlossen, aber bereits von AMPFERER beschrieben, sind bunte Hornsteinschichten bekannt. Es sind rote und grüne, manchmal etwas kalkige, sonst überwiegend kieselige Gesteine, die meist verschiefert sind.

Die letztgenannten über dem Hauptdolomit folgenden Schichtglieder sind am vollständigsten im Bereich S Imsterberg bis Spadegg vorhanden und hier durch die neuen Forstwege gut erschlossen. Außer den Hornsteinschichten ziehen sie auch durch den Kogler Graben und sind in einzelnen Aufschlüssen erkennbar. Die Liasvorkommen, die AMPFERER unweit E des Koglergrabens angibt, waren nicht mehr auffindbar, wahrscheinlich durch Schutt verdeckt. Dagegen konnte ich Liaskalke neben Kössener Schichten bei der westlichsten der Arzler Quellen im Rautgraben feststellen. Noch weiter nach Osten fehlt dagegen diese Gesteinsgruppe völlig, jedenfalls dadurch, daß sich die Muldenachse heraushebt. Die weiter im W südlich Schönwies auf der AV-Karte eingezeichneten „Crinoidenkalke“ sind Wettersteinkalk, die südlich anschließenden Kössener Schichten wahrscheinlich Raibler Schichten. Damit liegt auch hier eine normale Schichtfolge vor, die ungestört bis zum Talboden hinabzieht, denn die eingezeichnete NW-Störung ist nicht vorhanden.

7. Bau der Kalkalpenzone

Der Streifen der nördlichen Kalkalpen, der sich zwischen Zams und Roppen südlich des Inntales hinzieht, besteht aus im allgemeinen steil aufgerichteten, im Streichen sehr verschieden mächtigen Schichtgliedern, die, wie schon oben erwähnt, zwei zueinander spiegelbildlich stehende Schichtfolgen bilden.

Dieser symmetrische Bau läßt den Schluß auf eine Mulde als Großbauform zu, deren Flügel eng zusammengepreßt und damit zum Großteil steilgestellt wurden. Nach unten ist dann ein Muldenschluß zu erwarten oder wenigstens Ansätze dazu, wenn dieser etwa durch Bewegungsflächen zerstört wäre. Wie die genaueren Aufnahmen zeigten, sind solche synklinale Schlüsse vorhanden. So verbinden sich bei Spadegg die Hauptdolomitzüge des Nord- und des Südfügels, wobei letzterer nicht mehr so breit wie am Timmler Kogel sondern schmal wie der nördliche ist, und heben sich nach W in die Luft heraus. Auch nach E verschwinden die Rät-Juraschichten des Muldenkernes und weiter zieht in großer Breite nach NE umbiegend nur Hauptdolomit aus dem südlichen Muldenflügel.

Die muldenförmige Lagerung der Juraschichten erwähnt schon AMPFERER (1930, S. 439), auch das Herausheben nach E und W ohne jedoch auf die Mulde als Gesamtform einzugehen. AMPFERER nimmt vielmehr eine Teilung in zwei Decken an, die Inntaldecke im N und die Lechtaldecke im S, deren Trennungsfläche ungefähr der Muldenmitte entlang verlaufen würde. Natürlich kann man solche Bewegungsflächen annehmen, sie sind auch dem Streichen entlang mehrfach vorhanden, doch scheint mir die Annahme einer doch so bedeutenden Überschiebungsbahn hier ganz unwahrscheinlich. Die symmetrische Anordnung der Schichtfolgen würde sie zwar nicht ausschließen, aber die weitere Fortsetzung nach Osten ist nicht mehr gut möglich, AMPFERER selbst fand hier Schwierigkeiten (S. 447). Auch innerhalb der Zone fand ich bei meinen Aufnahmen keinen Hinweis für eine solche Bewegungsfläche höherer Ordnung, wie es diese Deckengrenze darstellen würde.

Die Mulde als Großform ist nach einer etwa N 65° bis N 80° E streichenden Achse geformt, also durch einen Zusammenschub in ungefähr NNW—SSE-Richtung. Im einzelnen ist aber dieser anscheinend einfache Bau wesentlich komplizierter. Das Streichen der Schichten, das im allgemeinen dieser Hauptmuldenachse folgt, schwenkt öfters in Richtung NE, stellenweise bis NNE ab, wie z. B. das Umschwenken des Hauptdolomitzuges samt den begleitenden Raibler Schichten zwischen Arzl und Bahnhof Imst. Dies kann mit einer örtlich vorkommenden NE—SW-Beanspruchung zusammenhängen oder auch mit dem in den nördlichen Kalkalpen weit verbreiteten Ostwestschub.

Diese Ostwest-Beanspruchung wirkte sich auch sonst sehr deutlich in diesem Streifen der Kalkalpen aus. Sehr häufig sind im ganzen Bereich Querverbiegungen und Aufwölbungen der Schichten nach steiler Achse, die selbst auch meist nur andeutungsweise, mitunter aber auch deutlich ausgeprägt erkennbar ist.

Die einzelnen Schichtglieder sind in ihrer Mächtigkeit im Verlaufe des Streichens sehr ungleich, was sicher auf tektonische Ursachen und zwar auf die N—S-Bewegungen zurückzuführen ist. Stellenweise fehlen manche

Schichtglieder oder Schichtverbände, wie z. B. besonders am Südflügel streckenweise Wettersteinkalk, Partnachschieften bis Muschelkalk, oft auch der Buntsandstein.

AMPFERER hat bereits den Buntsandstein innerhalb der Partnachschieften im Osten der Imsterau als „unerwartete Einschaltung“ beschrieben. Es dürfte sich hier wahrscheinlich um eine Einfaltung handeln. Auch die Wiederholungen der mächtigen Züge von Partnachschiefern mit den Kalken und Dolomiten des Muschelkalks sind wahrscheinlich tektonisch und möglicherweise durch Großfaltung entstanden. Denn große Bewegungsflächen, wie sie bei Verschuppungen zu erwarten sind, konnten auf längere Erstreckung nicht beobachtet werden. Im allgemeinen ist sonst die Schichtfolge, abgesehen von den Mächtigkeitsschwankungen und Ausquetschungen, sehr regelmäßig.

Querverstellungen, die auf jüngere Bewegungen zurückzuführen sind, waren in größerem Ausmaß bisher nur im Gebiet von Spadegg zu beobachten, konnten aber wegen der reichlichen Moränenbedeckung nicht näher untersucht werden. Wahrscheinlich stehen die Bewegungsflächen sehr steil und dürften eine Richtung von ungefähr N—S bis NW—SE haben.

Die Kluftsysteme sind in den starren Kalken und Dolomiten gut erkennbar (s. Diagramm 8). Länger hinziehende Störungszonen, wie in den kristallinen Schiefergesteinen, finden sich nur an den Grenzflächen der Karbonatgesteine und der Tonschiefer, wobei die Tonschiefer in den Grenzbereichen meist stärker durchbewegt sind. Öfters zweigen davon auch Flächen spitzwinkelig in den Schiefer hinein ab.

Häufig sind diagonal verlaufende Klüfte (NE- und NW) mit oder ohne Mylonitbildung, dann Klüfte nahe um N—S, die oft als glatte Bewegungsflächen mit keiner oder nur geringfügiger Mylonitbildung ausgebildet sind.

8. Gehängetektonik

An verschiedenen Stellen sind Klüfte, die bereits im Gefüge angelegt waren, aufgerissen und bilden nun offene Spalten. In den sogenannten Saulöchern am Gachen Blick, wo diese Erscheinung in den Phyllitgneisen besonders schön zu sehen ist, haben sie bereits über 1 m Breite. Es werden hierbei abwechselnd verschiedene Kluftrichtungen benutzt, so daß die Spalte einen mehrfach scharf gewinkelten Verlauf nimmt. Die abgelöste Masse — es sind meist recht starre Gesteine — kippt nach außen, so daß der Spalt oben meist am breitesten ist, und bricht mit der Zeit im Steilgehänge ab.

Reine Abrißspalten kommen auch in den Granitgneisen E der Gogles Alm vor, wobei ich Tiefen bis 10 m beobachten konnte. Hier liegen diese Granitgneise flach auf Phyllit und bewegen sich langsam nach außen, bis sie ebenfalls mit der Zeit abbrechen.

In dem Steilhang im Bereich des Einlaufbauwerkes Runserau sind es hauptsächlich Abrisse und Überkippungen der steil stehenden parallel zum Hang streichenden Phyllitlagen, die bei stärkerem Ausmaß zu Blockhängen führen. Diese Ablösespalten reichen bis in das Stollenniveau, wie auch in der Voraussage vermutet wurde.

Am Osthang des breiten Rückens NE der Venet A. ist eine größere Felsmasse (Quarzphyllit und Gneisphyllit) von mehreren hundert Metern Breite als ganzes mit ähnlichen Abrißspalten um 20—30 m abgesessen an wahrscheinlich schaufelförmiger Bewegungsfläche.

9. Jüngere Ablagerungen (Lockermassen)

Schutt- und Moränenbedeckung waren besonders in den höheren Gebieten für den Stollenbau ohne Interesse. Ich konnte mich daher nicht näher damit befassen und sie sind auf der Karte einheitlich zusammengefaßt. Ihre Ausscheidung war aber nicht nur wegen der Darstellung der unerschlossenen Bereiche von Wert, sondern war sogar sehr wichtig, da sie durch ihren Verlauf oft Störungslinien anzeigen können.

Das Becken von Wennis ist zu einem großen Teil mit mächtigen Moränenablagerungen ausgefüllt, auf der an einzelnen Stellen auch Terrassensedimente (Schotter und Feinsande) aufliegen. Wahrscheinlich verdecken sie einen alten Lauf des Pitzbaches, der ehemals in gerader Fortsetzung der oberhalb gelegenen Schlucht, dann in weitem Bogen gegen den nunmehr von Moräne bedeckten Felsabfall unterhalb Wennis wieder in Richtung ihres jetzigen Unterlaufes abbog. Auch hier dürfte der alte Lauf noch etwas weiter W ihres jetzigen Bettes gelegen sein, da dieses mit dem rechten Hang in Fels eingeschnitten ist, während der Westhang durchaus von Moräne gebildet ist.

10. Überblick über den Gebirgsbau

Aus meinen Neuaufnahmen, zusammen mit den bisherigen Kenntnissen, läßt sich folgende vermutliche Abfolge im Gebirgsbau geben:

1. Einer ursprünglichen Gesteinsfolge entsprechen heute vom älteren zum Jüngeren: Ötztaler Gneise, Phyllitgneise, Quarzphyllit, Gesteine der Grauwackenzone, Verrucano und das Mesozoikum der nördlichen Kalkalpen. Diese wurde in einer älteren Gebirgsbildungsphase durch große Bewegungsvorgänge hauptsächlich nach Richtung ungefähr N—S verformt. Die Ötztaler Gneise sind wahrscheinlich schon dabei mindestens östlich unseres Bereiches über die Quarzphyllite vorgeschoben worden, im Meridian Venet jedenfalls der Phyllitgneis von Piller, wobei er von Quarzphyllit dabei zum Teil wieder überdeckt wurde. Diese beiden wurden nach B-Achsen ENE durchbewegt und verformt, hiebei die tieferen Teile bis zu den Kalkalpen und die nördlichen Bereiche, besonders die Grauwackenzone, stark eingeeignet, die Kalkalpen in eine Mulde zusammengeklappt. Nur höhere Teile des Quarzphyllits mit nach E absteigender Achse blieben als flache Mulde erhalten. Die Phyllitgneise selbst schon in N—S-Richtung zusammengestaucht, legten sich als flache Platte über den eingeeigneten Quarzphyllit.

Dadurch ergab sich also für den Quarzphyllit ein in der Tiefe stark eingeeigneter Bau mit vorzugsweise ENE bis E berichtetem Streichen und steiler Stellung der Schieferung. Er wird nach der Höhe durch einen flacheren Bau abgelöst. Die Übergangzone liegt im Profil des Venet in etwa 1600 m SH und senkt sich allmählich, zuerst recht flach, dann mit etwa 20° örtlich auch mehr nach Osten, so daß sie bereits erheblich unterhalb Wennis einfällt. Doch ist es eine breitere Übergangzone, in der wie in der Gegend W Wennis Bereiche mit steiler und flacher Lagerung wechseln.

Es folgten noch stetige Verformungen auch nach anderen abweichenden B-Achsen, die sich aber im Gefüge viel weniger auswirkten. Unter ihnen war besonders deutlich erkennbar die Achsenrichtung N 60° W.

Auch im Kluffgefüge prägten sich diese Verformungen deutlich aus und es lassen sich die entsprechenden Gefüge gut den Plänen zuordnen.

2. Wahrscheinlich schon interferierend mit diesen Verformungen (als $B' \perp B$) traten Bewegungen und Beanspruchungen in Richtungen ungefähr E—W (bzw. ENE—WSW) auf, die ein Zusammenstauchen in dieser Richtung mit Querfaltungen und Knickungen der alten Achsen und der Gesteinslagen bewirkten.

3. Schließlich trat eine Phase ein, in der die un stetigen Bewegungen vorherrschten. Es kam zur Ausbildung der großen Störungsflächen und Blattverschiebungen mit ausgeprägten, tiefgreifenden Mylonitonen und Zonen nachkristalliner starker Verschieferung. In den Richtungen N 30° E, WNW und ENE verlaufen oft wie ein großes Netzwerk die längsten und andauerndsten Störungsflächen mit wahrscheinlich auch größter Gesteinsauflockerung. Es wurden aber auch ältere, schon vorhandene Kluftrichtungen wieder betätigt, wie die Richtungen NW (sehr häufig), NE und die um N—S schwankenden, manchmal allerdings nur als dünne Fugen ohne wesentliche Gesteinszertrümmerung.

Diese jungen Bewegungen erfaßten auch ganze Gesteinszonen, wie die Zone des Verrucano mit den angrenzenden Grauwackenschiefern am Südrande der Kalkalpen. Im Innern des Quarzphyllits wirkten sie sich besonders in den Randzonen gegen festere Gesteinslagen, wie den Granitgneisen aus. Es sind dies Inhomogenitätszonen an der Grenze der höher teilbeweglichen gegen starrere Gesteine.

Hinsichtlich des Relativsinnes der Bewegungen ist hier noch darauf hinzuweisen, daß im Grenzgebiet Kalkalpen—Grauwackenzone öfters an lotrechten Harnischrillen eine Bewegung des nördlichen Teiles gegenüber dem südlichen nach abwärts zu beobachten war.

B. Die geologischen Verhältnisse im Druckstollen

(Die Ergebnisse der Stollenaufnahmen)

1. Vorbemerkungen

Die geologischen Stollenaufnahmen für den Richtstollen erfolgten allgemein im Maßstabe 1 : 200 und wurden mit Angabe der wichtigsten geologischen und baueologischen Einzelheiten in Stollenbändern für je 200 m dargestellt. Eine erste Zusammenfassung wurde von den einzelnen Bearbeitern im Maßstabe 1 : 1000 in Abschnitten von je 1 km durchgeführt, wobei die wichtigsten Gefügedaten auch in statistischer Darstellung als Diagramme im allgemeinen für je 200 m gebracht wurden. Die baueologischen Verhältnisse (Standfestigkeit für Richtstollen und Vollausschlag) sind von der Bauleitung eingetragen worden!

Die Verteilung der einzelnen geologischen Bearbeiter, die die Stollenaufnahmen durchführten, war folgende:

Baulos Imsterau bis Einmündung des Fensterstollens: O. SCHMIDEGG;

Baulos Wens 0—1600 m: A. FUCHS;

Baulos Wens 1600 m bis zum Durchschlag: W. HEISSEL;

Baulos Runserau 0—3000 m: A. FUCHS;

Baulos Runserau 3000 m—Durchschlag: K. MIGNON;

Fensterstollen Wens: A. FUCHS.

Die Stollenbeschreibung wird hier nur für den von mir aufgenommenen Abschnitt Imsterau des Druckstollens gegeben. Auch die Folgerungen (für das Gefüge) sind vorzugsweise aus den dabei gemachten Beobachtungen abgeleitet. Der Vergleich zwischen den geologischen Verhältnissen im Gelände und im Stollen erstreckt sich jedoch auf den ganzen Stollen, wobei neben Beobachtungen bei gelegentlich von mir durchgeführten Begehungen, die Stollenaufnahmen der übrigen Bearbeiter verwendet wurden.

Damit wird in beiliegendem Längsschnitt eine Gesamtübersicht über die geologischen Verhältnisse des ganzen Stollens im Maßstabe 1 : 10.000 gegeben werden, der bis an die Gebirgsoberfläche reicht und somit als geologisches Gesamtprofil gezeichnet werden konnte. Die Verbindung von Stollen und Geländeoberfläche ist mit Hilfe des tektonischen Gefüges konstruiert, muß aber teilweise als schematisch gelten.

Ein schmaler Grundriß im Stollenniveau längs des Stollens in 50 m Breite gibt den unmittelbaren Vergleich mit der von mir aufgenommenen geologischen Karte in gleichem Maßstabe. Auch in diesem Gesamtschnitt sind die Austritte der Gebirgswässer und die baugelologischen Daten angegeben, ferner die Standfestigkeit nach Gebirgsklassen für den Richtstollen.

2. Beschreibung der Stollenaufschlüsse im Abschnitt Imsterau bis zum Fensterstollen Wenns

Dieser Stollenabschnitt wurde fast durchaus im Richtstollen aufgenommen außer den letzten 42·5 m vor dem Fenster Wenns (ab 3699 m). Alle Angaben beziehen sich daher, wenn es nicht anders erwähnt ist, auf den Richtstollen, die Meterangaben auf die Baustationierung Imsterau. Es wurde getrachtet, die geologische Aufnahme besonders im Bereich der kristallinen Schiefer, möglichst alle 14 Tage durchzuführen, in gebräuchlichen Strecken, in denen Verschalung notwendig war, öfters, so daß die Aufschlüsse möglichst in frischem Zustande und bei wenig Verdeckung beobachtet werden konnten. Nur bei sehr standfesten, wenig veränderlichen Gesteinen wie dem Hauptdolomit waren auch größere Zeitabstände möglich. Es ergab sich so eine fast lückenlose Aufnahme. Nachher wurde gelegentlich das Verhalten der Gesteine bei längerem Stehen nachkontrolliert, stellenweise auch bei Vollaussbruch. Die Aufnahme des Vollaussbruches selbst hätte zu viel Zeit erfordert, wäre bei den großen Ausmaßen des Stollens, der schwer zugänglichen Höhe besonders und bei der oft rasch nachfolgenden Torkretierung auch sehr schwierig gewesen.

Zur Aufnahme von sehr nassen Strecken mit von der Firste rinnenden oder stark tropfenden Wasser habe ich weiße Zelluloidplatten verwendet, auf denen sich auch unter Wasser mit Bleistift leicht schreiben und zeichnen läßt. Sie lassen sich nach der Übertragung ohne weiteres mit Alkohol reinigen und wieder verwenden.

Der Stollen durchfährt im Abschnitt Imsterau die kalkalpine Zone mit dem eingeklemmten Muldenkern, dann den Übergang zu den Grauwackenschiefern und weiter zum Quarzphyllit. In diesem liegt die Einschaltung der gneisigen Phyllite (Zone von Steinhof), in denen auch eine überprägende Querschieferung NNE—NE auftritt, sowie der Übergang zur flachen Sohle der Wennser Mulde einsetzt. Es ist somit der verhältnismäßig interessanteste Teil des Stollens.

a) Kalkalpiner Teil

Auf den Partnachschiefern, in denen der vordere Schacht des Wasser-schlusses fußt, folgt zunächst eine Zone von stark gestörtem, zum Teil mylonitischem Dolomit und eine Kalklage von wechselnder Mächtigkeit. Hier, bei Baustationierung O von Imsterau mündet der Fensterstollen ein.

Dieser verlief von NE her genau einer Kluft entlang. Zuerst ganz im Dolomit, wurde sie erst unangenehmer, als im Osten Partnachschiefer angrenzten (dieselbe Lage wie im Druckstollen), die hier an der Kluft nach N vorgeschoben waren, teilweise unter Schleppung. Dann wurde die gestörte Kalk-Dolomit-Zone schräg gequert. Die Kalke enthielten hier schmale grünliche Schiefereinlagen (Tuffite?) und meist daran gebunden einzelne kräftige Wasseraustritte.

Besonders ergiebige Wasserführung wies der nun im Hauptstollen einsetzende Dolomit auf, am meisten trat aus einer etwa 30° nach N fallenden Kluft mit stark ausgewaschenen Hohlräumen. Der fast schichtung-lose Dolomit war von zahlreichen Kluftflächen verschiedener Richtung durchsetzt, von denen einzelne wellig gebogen waren. Trotzdem war der Dolomit recht fest.

Von 22 m an setzte allmählich wieder eine Schichtung ein mit einzelnen Lagen von drusig-kavernösem Dolomit, in dem auch eine starke Quelle an einer flachen Verschiebungskluft auftrat (bei 35 m). Von 37—110 m wechseln gut gebankte Kalk- und Dolomitlagen, die aber ohne Probe mit Salzsäure oft kaum zu unterscheiden waren. Das Streichen ist bei steilem S-Fallen ENE bis NE. Auch hier trat noch reichlich Wasser auf, während sich gleichzeitig das Wasser in der vorigen Dolomitstrecke verminderte.

Nun folgten von 107/110 bis 115 m dunkle Tonschiefer (Partnachschiefer?) mit unregelmäßigen Kalk- und Dolomiteinschaltungen und dann bis 154 m sehr fester ungeschichteter Kalk von schwach graubrauner Färbung, der teilweise etwas dolomitisiert ist und wahrscheinlich Wettersteinkalk darstellt. Er ist nur wenig zerklüftet und sehr fest. Tropf-wasser zeigte sich überall, auch einige größere Wasseraustritte.

Bis 207 m ziehen sehr dunkle bis schwarze Tonschiefer durch mit einer unregelmäßig begrenzten Bank von dunklem Kalk und einer Dolomit-linse. Die Tonschiefer, die fast kalkfrei sind, sind hier sehr stark verschiefert, steilachsig verfaltet und zerschert, daher zum Teil recht gebräch. Wahrscheinlich stellt dieses Schichtpaket mindestens teilweise Raibler Schichten dar, vielleicht auch Kössener Schichten. Der Hauptdolomit scheint in dieser stark zerscherten Zone größtenteils ausgequetscht zu sein. Nur am W-Ulm trat zwischen 207 und 210 m ein stark zertrümmerter Dolomit auf, der nach E mit einer Kluft an eine mergelige Breccie mit Schieferstücken stieß.

Nur die folgende 6 m breite Bank von gut geschichteten Kalkmergeln, die in lotrechter Lage quer über den Stollen streichen, waren ziemlich ungestört. Sie vertreten am ehesten die Liasfleckenmergel. Anfangs recht standfest, neigten sie unter dem Einfluß des hier wieder reichlicher zutretenden Wassers bald sehr zum Nachbruch.

Bei 216 m werden sie von einer 1—5 m breiten Quetschzone, die aus stärker zerpreßten Mergeln mit dunklen Tonschieferlagen besteht, vom

folgenden Dolomit getrennt. Auch sie brachte das Wasser bald zum Ausbrechen.

Nach dieser Quetschzone tritt der Stollen bei 217 *m* in den mächtigen Hauptdolomit ein, der den Timmler Kogel aufbaut und im Stollen bis 1071 *m* anhält. Damit war er in diesem Niveau (844 *m*) um 150 *m* mächtiger als obertags. Der im allgemeinen gut geschichtete, nur stellenweise schichtungslöse Dolomit war durchwegs sehr standfest und brauchte nirgends Einbau, da auch die oft nicht wenigen Klüfte und Störungen (Mylonitzonen) die Standfestigkeit bis auf wenige örtliche Nachbrüche in keiner Weise beeinträchtigten. Das Streichen ist durchschnittlich ENE, das Einfallen steil S.

Die Wasserführung war bis auf die letzten Abschnitte recht beträchtlich, nur wenige Strecken waren einigermaßen trocken. Das Wasser kam aus verschiedenen Klüften. Sehr viel Wasser führten bei 299 und 317 *m* zwei mylonitische Klüfte von 10—20 *cm* Breite, die in E—W-Richtung den Stollen querten. Am auffälligsten waren aber ungefähr dem Stollen entlang streichende Klüfte in NNE- bis NNW-Richtung, die mit rotem Lehm gefüllt waren und besonders beim Vortrieb sehr viel Wasser führten, das zum Teil anfangs unter Druck austrat. Von etwa 800 *m* an nimmt die Wasserführung allmählich ab und ist ab etwa 1000 *m* recht gering.

Auch die Schichtung ist von etwa 1000 *m* an kaum mehr erkennbar und bei 1071 bis 1076 dringen von Ost her dunkle Tonschiefer, die den Raibler Schichten zuzurechnen sind, zusammen mit Einlagerungen von dunklen Dolomiten und Kalken in den Stollen herein. Sie endigten aber in seiner Mitte unter steiler Verfaltung und Auskeilen. Am Westulm stand Dolomit an, den noch zwei schmale Schieferlagen vom Hauptdolomit trennten. Zu den Raibler Schichten gehören wohl auch noch die nächsten 20—30 *m*, in denen das Gestein in seiner Beschaffenheit etwas wechselt: Es sind Kalke, Dolomite und dolomitische Kalke mit einzelnen schmalen Schieferlagen. Auch ist das Gestein hier ersichtlich stärker beansprucht als sonst der Hauptdolomit. Wasser trat wieder reichlich an einer Kluft in mylonitischen Kalken bei 1082 *m* auf.

Bei etwa 1100 *m* geht das Gestein allmählich wieder in Dolomit über, der sicher dem Niveau des Wettersteinkalkes angehört, wie aus den schönen Großoolithstrukturen, unregelmäßig geformte fossile Sinterbildungen, hervorgeht. Bis auf geringe kalkige Reste ist das Gestein größtenteils dolomitisiert. Schichtung ist nur an wenigen Stellen als Wechsel in der Grautönung erkennbar. Wie im Nordflügel ist das Gestein auch hier nur wenig zerklüftet und daher sehr fest, bis auf geringes Kluftwasser auch ganz trocken.

An einer NE-Kluft, die bei 1326/29 den Stollen quert, beginnt wieder eine Folge von dunklen Kalken mit schwarzen Tonschiefern. Es ist Muschelkalk + Partnachschiefer. Zunächst sind es Kalke mit schmalen Schieferlagen, dann vorwiegend Schiefer im Wechsel mit Kalkbänken, wobei auch die Schiefer recht kalkhältig sind. Darauf folgt ein mächtiges Paket von Tonschiefern mit nur wenig Einlagerungen von Kalk und Dolomit. Die Schiefer sind hier sehr fest und ganz trocken, im frischen Anbruch kaum von Kalken unterscheidbar, da die Schieferung erst bei der Anwitterung in Erscheinung treten würde. Durchziehende Klüfte sind nur wenig vor-

handen, doch bei 1363/66 *m* Quarzgänge, die zum Teil quergreifen und bis 20 *m* breit werden.

Von 1425 *m* an folgt wieder Kalk, zuerst dünn, dann gröberbankig, hierauf schichtungslös. Erst bei 1490 *m* tritt wieder eine deutliche Bankung in den hier sehr dunklen Kalken auf, die durch dünnen Schieferbelag an den Fugen bedingt ist. Auch der von etwa 1500 *m* an einsetzende Dolomit führt diese Schieferlagen bis zu 1 *dm* Stärke. Die Schichtung steht mit E—W durchwegs senkrecht.

Bei 1519 *m* quert eine nur 1—2 *m* mächtige Lage von grünlichem Quarzit als Vertreter des Buntsandsteins den Stollen und schließt somit das Mesozoikum des Kalkgebirges ab. Der Quarzit ist an sich sehr fest, führt jedoch tonigen Belag an den Schichtflächen.

b) Anteil der kristallinen Schiefer

Mit 1520 *m* beginnen die phyllitischen Schiefer und zwar sind es zunächst Grauwackenschiefer, die besonders an den lagenweise auftretenden Quarzgeröllen gut zu erkennen sind. Die Schieferung steht anfangs sehr steil mit E—W bis ENE-Streichen, also quer zum Stollen. Da dieser außerdem durchwegs trocken war, war er im Vortrieb hinreichend standfest, wenn auch an manchen Stellen etwas nachbrüchig, was durch verschiedene tonig belegte Klüfte bedingt war. Vor allem waren es Scherflächenpaare in Richtung NNW und NNE mit steilem bis mittlerem Einfallen. Sie waren beim Vortrieb selbst oft kaum sichtbar, öffneten sich aber nach einigen Tagen bis Wochen und führten zu Nachbrüchen.

Von 1550 *m* an legt sich die Schieferung allmählich flacher und liegt dann ganz flach mit welligen Unterfaltungen bei horizontaler E—W-Achse. Die Nachbrüchigkeit ist hier besonders in der stark zerscherten Quetschzone 1569—1573 *m* erheblich größer. Danach steht der Phyllit mit nur geringen örtlichen Verfaltungen wieder steil.

Bei 1586/88 wird der Phyllit durch ein mächtiges Paket aus schiefrigem Sandstein bis Konglomerat (Verrucano) abgelöst. Diese klastischen Gesteine sind von weißer bis blaßrötlicher Farbe, meist etwas schiefrig und von schmalen Zwischenlagen eines dunkelroten Tonschiefers durchsetzt. Da es nur wenig Klüfte und keine Wasseraustritte gab, war das Gestein meist sehr fest, bis auf die stärker schiefrigen Teile, besonders die roten Schiefer.

Bei 1615—1620/22 folgt eine Zwischenlage aus sehr quarzreichen, dunkelgrauen bis schwarzen Phylliten, die beiderseits von dunkelroten Schiefen, die zum Teil konglomeratisch waren, begleitet sind. In den Grenzbereichen sind sie teilweise zerschert und phyllonitisiert.

Sehr fest war der nun folgende weiße bis rötliche Quarzit, auch die zweite Phylliteinschaltung (1625—1629 *m*), die aus dunkelgrauem, stark verquarztem Phyllit besteht. Die nächste Sandsteinzone ist schiefriger, auch stärker rötlich und geht allmählich, zum Teil in Wechsellagerung in dunkelroten, sandigen bis quarzitischen Schiefer über, dem wieder weißer bis rosafarbener, sehr fester Quarzit folgt, mit einzelnen schmalen roten Schiefereinlagen. Auch der ganze Bereich des Verrucano, der bis 1665 *m* anhielt, war vollständig trocken.

Der nächste Abschnitt von 1685·5 — etwa 1795 *m* wird von meist sehr dünnblättrigen Phylliten gebildet, die stellenweise, wie in den ersten Metern (bis 1690 *m*) konglomeratisch sind, vielfach sehr helle bis weiße feinserizitische Einschaltungen führen, auch allgemein eine hellere Farbe aufweisen als der eigentliche Quarzphyllit und daher noch zu den Grauwackenschiefern zu rechnen sind. Die Abgrenzung gegen die Quarzphyllite ist jedoch ganz unscharf. Die fast durchwegs sehr steile Schieferung streicht um E—W. Im allgemeinen ziehen nur wenig stärkere Scherflächen durch, die meist in spitzem Winkel zur Schieferung stehen oder in ihr selbst, öfters auch als Scherflächenpaare auftreten, wie ich sie im Gelände schon für das Gebiet von Piller beschrieben habe (s. Diagramm 7). Trotz der meist recht dünnblättrigen Beschaffenheit waren die Phyllite beim Stollenausbruch ziemlich fest bis auf einige stärker zerscherte oder verfaltete Bereiche und auch meist trocken. Erst später trat in einer Bewegungszone bei 1692 *m* im Ostulm etwas gipshaltiges Wasser auf, das die Verwendung eines gipsfesten Betons erforderte.

Der nächste Phyllitabschnitt bis etwa 2000 *m* zeigt schon größtenteils die Beschaffenheit von Quarzphyllit, wenn auch noch einzelne Lagen von hellen Serizitschiefern vorkommen. Vielfach treten stärkere Schwärme von Quarzlinsen auf. Bei 1825—26 *m* ist eine Lage von recht massigem Chloritschiefer eingeschaltet, nach 3 *m* dünnblättrigen Phylliten noch eine zweite mehr verschieferte Chloritschieferlage von 0·5 *m*. Er entspricht gut dem darüber im Gelände weithin verfolgbaren Chloritschiefer.

Im Stollenabschnitt von etwa 2000 *m* an herrscht bereits typischer Quarzphyllit von dunklerer, grauer bis grünlichgrauer Farbe, der bis 2060 *m* noch vielfach dünnblättrig, dann aber gröberflasrig ist. Weiße Serizitschiefer sind nochmals bei 2061 *m* als wenige Zentimeter starke Lage eingeschaltet. Auch hier kommen bereichsweise reichlich Quarzlinsen vor. Das Streichen pendelt bei steilem Einfallen nur wenig um E—W mit vorwiegend ebenflächiger Schieferung, da nur geringe Verfaltungen vorkommen.

Zwischen 2236 und 2240 *m* quert eine sehr ausgeprägte Störungszone, die sich sehr stark auswirkte, den Stollen. In einer Breite von 2—3 *m* ist der Phyllit gänzlich mylonitisiert und durch das zudringende Tropfwasser in Ton verwandelt und aufgeweicht. Von dieser Erweichung sind auch noch angrenzende Teile des noch die schiefrige Struktur aufweisenden Quarzphyllites erfaßt worden. Dadurch kam es schon beim Vortrieb zu größeren Verbrüchen, vor allem zu einem kaminartigen Ausbruch von 6 *m* Höhe, so daß gleich schwerer Einbau nötig war. Der endgültige Ausbau erforderte einen Außenring. Die Hauptbewegungsflächen hatten die Richtung N 70° W, bei steilem S-Fallen. Die Richtung der Hauptstörung war jedoch nicht eindeutig zu erkennen. Es liegen hier ähnliche Verhältnisse vor, wie sie in der Silltalstörung in der Tongrube an der Stefansbrücke schön aufgeschlossen sind. Auch dort ist der Phyllit unter Beibehaltung des alten Gefüges größtenteils in Ton verwandelt.

Nach dem Ausklingen dieser Störungszone bei etwa 2243 *m* wurde der Quarzphyllit wieder recht fest. An 2320 *m* beginnt die Schieferung vor allem im Einfallen wieder unruhiger zu werden und sich auch stärkere Verfaltungen einzustellen. Besonders stark verfaltete und zerschert ist der Bereich 2382—2397 *m* mit einer stark verschieferten Zone bei 2388 *m*,

die auch durch Tropfwasser schon etwas erweicht war. Diese Strecke war daher sehr gebräch, was sich besonders im Vollausbruch auswirkte.

Von 2404 bis 2470 *m* ist der Phyllit stark verquarzt und daher recht fest, nur eine stark schiefrige Zone quert zwischen 2458—2460 *m* den Stollen. Danach stellt sich die Schieferung vielfach flach, auch flache Klüfte stellen sich ein, die sich trotz des sonst festen Gesteins durch Nachbrüchen in der Firste unangenehm bemerkbar machten. Als Vorläufer späterer Umschieferungen querte bei 2506—2520 *m* eine Schar von Bewegungsflächen in Richtung NNE, 60° E spitzwinkelig den Stollen. Die Schieferung streicht noch E—W, fällt aber schon mit durchschnittlich 50—60° nach S ein, ab 2550 *m* wird sie noch flacher und wellig, sowie mit ganz flachen Klüften durchsetzt. Bei 2580 *m* quert eine schmale Schieferzone, begleitet von graphitischen Schiefen, den Stollen, bei 2590 *m* eine breite Schar von Lettenklüften.

Die Strecken mit flachliegender Schieferung, die meist mit ebensolchen Klüften verknüpft war, erwiesen sich als baueologisch ungünstiger als die mit steiler Schieferung, obwohl auch letztere von steilen Scherflächen durchzogen waren.

Von 2720 *m* an bessern sich die baueologischen Verhältnisse. Auch die starke Verfaltung mit horizontaler E—W-Achse zwischen 2740 und 2780 *m* vermochte die Festigkeit kaum zu beeinträchtigen. Bis 2828 *m* steht sonst gleichmäßig steil S-fallender Phyllit an, dann 10 *m* Graphitphyllit, 2 *m* heller Quarzit und nochmals 2 *m* Graphitphyllit, alle gut standfest.

Bei 2843 *m* setzt Amphibolit ein, ein durchwegs sehr festes Gestein, das teilweise gebändert und besonders anfangs von dünnen Schieferlagen und Quarziten durchsetzt ist, die aber im Stollen kaum unterscheidbar waren. Die Klüftung ist nur sehr gering, doch hat eine am Ostteil entlang ziehende N—S-Kluft den Ostteil um 2—3 *m* nach N geschoben. Zwischen 2863 und 2867 *m* ist eine dünnstriefrige glimmerreiche und recht gebräuche Phyllitlage eingeschaltet mit lettigem Mylonit an der Nordgrenze. Wasseraustritte besonders als kleine Firstquellen kamen fast nur aus der südlichen Amphibolitlage.

Anschließend folgte bei 2893 *m* ein sehr gebräucher, mylonitisierter Phyllit, der in den ersten Metern vom Amphibolit aus stark durchnäßt war. Erst bei 2950 *m* war das Gestein wieder vorübergehend fester, da eine stark quarzitische Zone den Stollen querte. Im großen und ganzen ist in dem Bereich das Einfallen recht schwankend, flaches Einfallen wechselt mit steilerem, auch Verfaltungen kommen vielfach vor. Im allgemeinen wird das Einfallen aber mehr und mehr flacher. Damit im Zusammenhang wechselt auch die baueologische Beschaffenheit. Bei 3120—3140 *m* quert eine Quetschzone mit steilen und flachen S-fallenden Scherflächen E—W und intensiver Verfaltung den Stollen.

Von 3250 *m* an wird der Phyllit stärker graphitisch, zunächst in Wechselagerung, geht aber schließlich ganz in schwarzen Graphitphyllit über. Bis 3270 *m* führt er lagenweise reichlich rundliche geröllartige Quarzknohlen (Konglomerate?), die öfters in Linsen ausgezogen sind. In diesen verhältnismäßig mächtigeren Einschaltungen kann der Graphit wohl nicht durch Entmischung entstanden sein, sondern es dürfte sich um primär an Kohlenstoff reichere Lagen handeln. In zwei Zonen (3260—3270 *m* und

3280—3300 *m*) ist der Graphitphyllit scharf nach NNE umgeschiefert, wobei diese Schieferungsflächen steil nach ESE einfallen. Sonst ist die alte E—W-Schieferung mit horizontalen B-Achsen nach ENE bis NE verschwenkt und lenkt in die ENE-Schieferungszonen ein. Hauptsächlich infolge der stark schiefri-gen Beschaffenheit war das Gestein recht gebräch und erforderte gleich Einbau, war jedoch meist trocken.

Bei ungefähr 3300 *m* tritt der Graphitgehalt wieder allmählich zurück, der Phyllit nimmt wieder eine graugrüne Farbe an, wird aber nach etwa 10 *m* quarzitisch bzw. gneisig, was den Übergang in die Zone der Gneisphyllite bedeutet. Das Streichen ist zunächst ENE, geht aber von 3330 *m* an in NE über, das Einfallen ist meist flach SE. Die Schieferung ist in diesen Gneisphylliten vielfach kaum ausgeprägt, das Gestein unregelmäßig blockig zersichert und deshalb trotz der quarzitisch-gneisigen und daher eigentlich festen Beschaffenheit recht nachbrüchig, besonders in der Firste. Infolge der größeren Klüftigkeit war fast immer Tropfwasser vorhanden.

Von ungefähr 3450 *m* an nimmt die unregelmäßige Klüftung ab und die Schieferung wird wieder deutlich. Sie liegt mit NE-Streichen meist flach, in Umschieferungszonen dreht sich das Streichen bis NNE. Das Gestein ist quarzitisch bis gneisig, daher hart und standfest. Auch die größeren Klüfte und Bewegungsflächen beeinträchtigen die Standfestigkeit nicht. Auch nicht die vorhin beschriebenen NNE-Klüfte, die jetzt nur mehr zu einer schwachen Umschieferung des Gesteins führten. Nur lagenweise tritt der Quarzgehalt zurück und das Gestein wird etwas schiefri-ger. Bei 3464 *m* trat in der Firste in hartem Quarzit eine größere Quelle auf, sonst war meistens Tropfwasser vorhanden.

Zwischen 3510 und 3550 *m* quert wieder mit NNE- bis NE-Richtung eine mächtige Quarzitbank den Stollen, im Wechsel mit schmäleren mehr schiefri-geren Lagen. Hier tritt auch eine der sonst selteneren Bewegungsklüfte NNW auf, jedoch mit nur geringer Umschieferung. Danach wird das Gestein glimmerreicher, damit schiefri-ger, aber immer noch recht hart und fest. Der Phyllit enthält auch lagenweise Biotitschuppen, ein typischer Bestandteil für die Gneisphyllitzone. Auffallend ist auch ein reichlicher Gehalt an fein eingesprengtem Erz, besonders Pyrit, auch Magnetkies.

Von 3630 *m* an wird das Gestein wieder stärker phyllitisch, die Schieferung wird nach den B-Achsen NE vorübergehend steiler, ab 3650 *m* aber wieder flacher mit NNE-Streichen und flachem Einfallen von 20° nach ESE.

Bei 3684·8 *m* war die Durchschlagstelle.

Zwischen 3689 und 3696 *m* zieht in Richtung N 60° W, 70° S eine bis 4 *m* breite mylonitische Störungszone durch, die von einem lehmigen Trümmerwerk aus Phyllit erfüllt ist und reichlich Wasser von der Firste her führte. Diese Zone verursachte schon im Vortrieb des Richtstollens von Wens her besonders durch die reichlichen Wasser große Schwierigkeiten, so daß zunächst der Vortrieb eingestellt und erst später wieder aufgenommen wurde. Auch mehrere Meter beiderseits dieser Mylonitzone war das Gestein stark aufgelockert. Seine Schieferung verlief in Richtung N 40° E, 30° S, lenkte aber in der Nähe der Mylonitzone in diese ein. Diese Störungszone ist wahrscheinlich die Fortsetzung der von A. FUCHS im Fensterstollen bei 1419—1429 *m* angegebenen Klufschär mit Richtung N 65° W, 77° S, die auch dort reichlich Wasser führte.

Nach dieser Störung wird der Phyllit allmählich wieder fester. Gesteinsmäßig stellt er einen Übergang von Gneisphyllit, der durch gneisige Lagen und einzelne Biotitschuppen kenntlich ist, zu Quarzphyllit dar, der nunmehr das Hauptgestein des Stollens bildet. Da wir uns hier im flachen Teil der Wennser Mulde befinden, ist die Lagerung meist sehr flach. Bei einem Streichen (auch der B-Achsen) von N 20—40° E, fallen die Schieferungsflächen 20—30°, seltener bis zu 45° nach E ein.

Hier mündet der Fensterstollen, in den der Pitzbach eingeleitet wird, ein. Die weiteren Abschnitte, Baulos Wenns und Runserau, werden in dieser Arbeit nur übersichtsweise im Vergleich mit den Geländeaufnahmen und der Voraussage besprochen.

c) Das Gefüge

Auch im Gefüge zeichnet sich deutlich die geologische Zweiteilung des durchfahrenen Gebirgskörpers ab. Wenn auch große Übereinstimmung besonders in der symmetriegemäßen Anlage der Gefüge der beiden Abschnitte besteht, so ist doch vor allem die baueologische Auswirkung recht verschieden.

Die Gesteine des kalkalpinen Bereiches haben noch fast durchwegs das sedimentäre Gefüge, wenn sie auch bereits eine tektonische Beanspruchung erfahren haben und deren Merkmale aufweisen. Die größte Rolle auch in baueologischer Hinsicht spielen noch immer die Schichtflächen. Etwas stärkere Beanspruchung im Gefüge zeigen nur Tonschiefer und Mergel; Kalke und Dolomite außer großräumiger Verbiegung meist nur Klüftung mit und ohne Bewegung und örtliche Mylonitisierung.

Die Phyllitzone im weiteren Sinne umfaßt dagegen durchwegs tektonisch stark durchbewegte und verformte Gesteine, die teilweise auch eine gewisse Kristallisation erfahren haben (Gneisphyllite). Ihr Gefüge ist nach Lage und Richtung der Beanspruchung und Verformung symmetriegemäß zuordenbar. Es wird hier in erster Linie gekennzeichnet durch die Schieferungsflächen (s-Flächen) und durch die Faltenachsen (B-Achsen). Baueologisch wirken sich hier davon die s-Flächen am meisten aus, stellenweise aber auch die Faltenachsen. Die Bewegungsrichtung „a“ liegt dann in der Schieferungsfläche s senkrecht zu B.

Im kalkalpinen Teil spielen in den Tonschiefern die Schichtflächen manchmal die Rolle der Schieferungsflächen, wobei die Standfestigkeit dieser Schiefer meist leidet. Wie man am stofflichen Wechsel erkennen kann, fallen die Schieferungsflächen auch bei manchen Phylliten, besonders den Grauwackenschiefern, mit den sedimentären Schichtflächen zusammen. Übergeordnet kann auch noch eine zweite jüngere Sekundärschieferung auftreten, die die Schichtung oder eine ältere Schieferung schneidet. Sie ist hier aber immer schwächer ausgeprägt.

Eine zweite Art von Gefügeflächen, die baueologisch oft eine große Rolle spielen, sind die Klüfte als Fugen größerer Trennbarkeit. Zunächst können sie als Kleinklüftung auftreten, das sind die mehr oder weniger dicht gedrängten Klüftscharen, die meist gefügebedingt sind, also in symmetriegemäßer Beziehung zum tektonischen Gesteinsgefüge stehen. Diese Klüfte haben, solange daran noch keine wesentliche Bewegung stattgefunden hat, in der Regel keine große Erstreckung. Am wichtigsten und

fast immer vorhanden ist die Querklüftung, die senkrecht zu den B-Achsen des Gefüges steht. Häufig sind auch Klüfte parallel zu den Hauptrichtungen des Gefüges, besonders zu „B“. Oft wird auch ein Winkel von 45° bevorzugt. Siehe z. B. Diagramm 2600—2800 m und 3000—3200 m, wie überhaupt die Diagramme die beste Übersicht über die Klüftverteilung und ihre Beziehung zum Gefüge geben.

Diese Kleinklüftung spielt im Stollen selbst baugelogisch im allgemeinen eine geringe Rolle. Wenn die Klüfte dicht geschart auftreten, kann bei manchen Gesteinen eine Schwächung der Standfestigkeit eintreten.

Wenn aber, wie das bei vielen Klüften der Fall ist, entlang der Klüft Bewegungen stattgefunden haben, sie also zu Bewegungsflächen wurden, so ist die Klüftfuge weiter ausgearbeitet und das Gesteinsgefüge an der Klüft gestört, was zu einer Schwächung des Gesteinszusammenhangs führt. Häufig ist an einzelnen Klüften das Ausmaß und die Wirkung dieser Bewegungen verstärkt. Sie streichen dann auch weiter durch und lassen sich oft weithin verfolgen. Die Auswirkung der Bewegung zeigt sich zunächst in Form von Harnischen, an denen die letzte Bewegungsrichtung oft an den Harnischrillen zu erkennen ist. Das muß aber nicht immer die Hauptbewegung sein, da sich die Bewegungsrichtung im Verlaufe der Bewegungsvorgänge auch ändern kann, wie sich überkreuzende Rillen beweisen. Bei den im Stollen beobachteten Harnischflächen überwiegen annähernd horizontale Bewegungsrichtungen. Viele Klüfte sind aber auch glatt ohne mit freiem Auge erkennbare Bewegungsrichtung.

Eine besondere Art von Bewegungsflächen sind die besonders im steilstehenden Phyllitgebiet sehr häufig auftretenden Scherflächenpaare. Sie liegen meist symmetrisch zu den Schieferungsflächen, aber nicht immer, den spitzen Winkel bei steilstehender Schnittgerade nach E und W gerichtet. Fast immer sind die ungefähr horizontalen Harnischrillen zu sehen mit Bewegungsrichtungen, die die Auswirkung einer Einengung in N—S-Richtung mit Ausweichen nach E—W erkennen lassen. Der spitze Schnittwinkel wird nach S hin allmählich größer, was wohl mit der Abnahme der Einengung nach S hin zusammenhängt. Baugelogisch treten diese Scherflächen sehr durch Nachbruch in Erscheinung.

Bei manchen Klüften kommt es auch zu einer weitergehenden Zerstörung des vorhandenen \pm festen Gesteinsgefüges entweder nur im unmittelbaren Bereich der Klüft selbst oder auch in größerer Breite bis zu mehreren Metern (Störungszonen). Dabei kann das Gestein zwischen zwei glatten Flächen gänzlich mylonitisiert sein oder es ist ein Geflecht von Bewegungsflächen vorhanden, zwischen denen noch linsenartig das alte Gefüge, wenn auch oft aufgelockert, vorhanden ist. Bei größeren Störungszonen ist oft beides vereint: Im Innern eine Mylonitzone, außen stark zerscherte und verschieferte Zonen, wie es auch bei den Störungszonen von 2240—3692 m der Fall ist.

Hiezu kommt dann noch, daß bei Gesteinen, die durch den Einfluß der Feuchtigkeit leicht tonige Umsetzungen gewisser Silikate erleiden, wie besonders hier die Phyllite, sich der entsprechende Anteil des Mylonits in meist mit etwas Quarz gemischten Letten umwandelt. Diese Lettenklüfte sind baugelogisch besonders unangenehm. Fast alle Klüfte enthalten in diesen Gesteinen einen tonigen Belag, der wesentlich zur Nach-

brüchigkeit beiträgt. Derartige tonige Umsetzungen gehen auch in anscheinend ganz unversehrtem Gestein unter Beibehaltung seines alten Gefüges, z. B. der Falten, vor sich. Es wird dabei vollkommen erweicht, steht zunächst in trockenem oder leicht bergfeuchtem Zustande fest, bricht aber dann bald stark nach. Dies war besonders bei der Störung 2240 *m* der Fall.

Auch an sich feste Gesteine, wie der Buntsandstein und Dolomite mit dünnen Schieferzwischenlagen können Klüfte mit Lettenbelag bilden und neigen dann sehr zu oft unerwartetem Nachbruch, wie der Buntsandstein bei 1530 *m*, wenn die Stollenfeuchtigkeit länger einwirkt.

Das Ausmaß der Zerstörung des Gesteingefüges, also das was die Bedeutung der Störung ausmacht, hängt nicht oder kaum von der Größe der Bewegung ab, die Verschiebungsbeträge sind meistens nur sehr gering, im Bereich des Stollens waren sie nur in Dezimeter- bis höchstens Meterausmaß zu beobachten, als vielmehr von der Beanspruchung, die das Gestein dabei erfuhr. Größere Bewegungen sind eher entlang ausgesprochener Schieferungsbahnen zu erwarten, wie z. B. in der Grenzzone Kalkgebirge—Phyllitzone, im Ausmaß aber nicht feststellbar, sondern nur an ihren Auswirkungen, wie Auswälvungen zu vermuten. Im allgemeinen ist mehr mit Summierung von Teilbewegungen bei Schieferungsflächen und auch bei Klüften zu rechnen.

Die Bewegungsflächen und -zonen können sich oft auf sehr weite Strecken hinziehen, allerdings wie sonst die Erfahrung lehrt, auch ziemlich rasch ausklingen, auch in kleinere Flächen nach verschiedenen Richtungen sich zerschlagen. Daher ist es auch erklärlich, daß selbst bedeutende Störungsflächen sich nicht bis an die Oberfläche fortsetzen und umgekehrt.

Besonders in Phylliten kommen auch gestörte, d. h. stark gebräuche Zonen vor, in denen keine wesentlichen Bewegungsflächen sichtbar sind, doch starke Mylonitisierung der Quarzlinsen und verstärkte Durchbewegung im Gefüge, wie z. B. in dem recht gebräuchen Abschnitt 2950—2970 *m*.

Sehr wesentlich und ausschlaggebend für die Auswirkung der Beanspruchung an den Klüften auf die baueologische Beschaffenheit ist das Gestein selbst. In an sich festen Gesteinen, wie den Kalken, Dolomiten, Quarziten und Amphiboliten wirken sich die Klüfte auch mit starken Bewegungen nur in Form schmaler, vielfach glatter Kluffugen oder als schmale Mylonitzonen aus, die die Standfestigkeit des Gesteins kaum oder überhaupt nicht beeinträchtigen. Dies zeigt z. B. der Abschnitt 3350 bis 3600 *m*, in dem in den quarzitischen Gneisphylliten auch bedeutendere Bewegungsflächen keinen Einfluß auf die Standfestigkeit haben. In den Phylliten hingegen wirken sich gleiche Flächen mindestens in einer stärkeren Verschieferung mit Entfaltung zahlreicher, zum Teil auch auffiedernder Bewegungsflächen aus, wodurch das Gestein viel gebräucher wird.

Bereits entstandene Kluffugen können auch bereits wieder ausgeheilt sein, wodurch das Gestein wieder seine normale Standfestigkeit erhält, mitunter sogar noch fester werden kann. Im Stollenabschnitt Imsterau sind diese Ausheilungen nicht häufig. Meist ist hiezu der Stoffbestand des Gesteins selbst verwendet, in Phylliten daher Quarz, in Dolomiten Dolomit. Es kommt auch Zuwanderung vom Nachbargestein vor. In Partnach-schiefern wurden Gänge mit Quarz (bei 1367 *m*) und solche mit Dolomit beobachtet.

Im kalkalpinen Bereiche ist die vorherrschende Gefügefläche auch in baugelogischer Hinsicht durch die Schichtung gegeben, die zwar manchmal nur in der Färbung als Bänderung des Gesteines erkennbar ist, meistens sind es jedoch auch mechanisch wirksame Schichtfugen. Sie fehlen nur im Dolomit zwischen 0—37 m, der dafür stärker zerklüftet ist, und im Wettersteinkalk bzw. -dolomit.

Das Einfallen der Schichtung ist fast immer steil S bis senkrecht. Das Streichen im vorderen Teil des Stollens bis 120 m NNE bis NE, weiter E—W, im Hauptdolomit schwankt es zwischen E—W und ENE und der letzte Abschnitt vor der Schiefergrenze wieder E—W.

Die häufigsten Klüfte fallen mit der Schichtung zusammen. Die ausgeprägtesten und die auch am weitesten durchstreichen, verlaufen bei steiler Stellung in Richtungen um N—S, wobei sie, manchmal gebogen zwischen NNE und NNW schwanken. Sie finden sich auch im Bereich des Kraftabstieges (Dolomit 0—37 m), wurden im Stollen aber nur im Hauptdolomit angetroffen und zeichnen sich besonders durch starke Wasserführung aus. Weitere Kluftlagen sind aus den Diagrammen zu entnehmen. Es sind entweder glatte Klüfte oder mit Mylonit gefüllte (bis einige Dezimeter) oder mit eingeschwemmten Letten, wie besonders bei den N—S-Klüften des Hauptdolomits. Die Standfestigkeit wird aber nur beeinträchtigt, wenn sie bei einem an sich schon weniger festem Gestein, wie bei manchen Dolomiten (z. B. um 10—20 m) gehäuft auftreten.

Stärkere tektonische Beanspruchungen zeigen nur die Tonschiefer, die bereichsweise (z. B. 200—210 m) von Bewegungsflächen durchsetzt sind und damit verbunden auch steilachsige Faltungen aufweisen.

Im vorderen Teil der phyllitischen Gesteine sind die Schieferungsflächen fast durchaus nahe um E—W gerichtet, vorwiegend ungefähr senkrecht oder steil nach S fallend. Nur in kurzen Abschnitten treten neben Verfaltungen mit horizontalen bis wenig nach E fallenden Achsen auch flachere Lagen auf. Diese Steilstellung quer zur Stollenrichtung wirkte sich baugelogisch sehr günstig aus. In großen Teilen war das Gestein wenigstens beim Vortrieb ganz gut standfest. Von etwa 2500 m an wird das Einfallen zunehmend weniger steil (bei E—W-Streichen), auch Bereiche mit stärkerer Verfaltung und flacher Lage treten öfter auf und vermehren die gebräuchlicheren Stellen. Von etwa 3300 m an dreht sich das Streichen mehr nach NE bis NNE. Auch treten in diesem Bereich häufig steilstehende Umschieferungszonen nach NNE auf, die schon von 3220 m an einsetzen und wahrscheinlich diese Drehung im Streichen bedingen. Die Umschieferungszonen wirken sich in den phyllitischen Bereichen baugelogisch durch erhöhte Gebrächigkeit aus, nicht aber in den Quarziten. Das Einfallen ist sonst vorwiegend flach mit wenigen steiler gestellten Bereichen dazwischen.

Die im vorderen Teil hauptsächlich in den Grauwackenschiefern in Erscheinung tretenden Bewegungsklüfte liegen meist sehr spitzwinkelig zur Schieferung, wie dies schon aus den Aufnahmen im Gelände vorausgesagt werden konnte und beruhen hauptsächlich auf den schon erwähnten Scherflächenpaaren. Sie stehen damit ebenfalls nahezu quer zum Stollen, also baugelogisch recht günstig. Weiter nach S mit dem Übergang in den Quarzphyllit wird der Winkel, den die Scherflächenpaare mit der Schieferung einschließen, allmählich größer bis zu 45°, auch flache

Klüfte treten auf, was wohl auch mit der öfter flacheren Schieferung zusammenhängt. Von 2500 *m* an kommen zunächst vereinzelt, später gehäuft NNE-Klüfte vor, die dann die schon erwähnte Umschieferung bedingen.

3. Übersicht über die geologischen Verhältnisse im gesamten Druckstollen und Vergleich mit den Geländeaufschlüssen und der Voraussage

a) Gesteine und Bau

Der nördlichste Teil des Stollens gehört bis 1520 *m* dem auf die Südseite des Inntales übertretenden Streifen der nördlichen Kalkalpen an, die vorwiegend aus Kalken und Dolomiten, zum Teil auch aus schiefrigen Gesteinen bestehen. Sie bilden hier, wie auch die Stollenaufnahme bestätigte, zwei symmetrisch zueinander stehende Serien mit den jüngeren Schichtgliedern in der Mitte und den älteren (Buntsandstein und Muschelkalk) an den Außenrändern. Die beiden Serien weisen jedoch einen sehr verschiedenen Schichtbestand, besonders hinsichtlich Mächtigkeit auf, was größtenteils auf tektonische Ursachen (Ausquetschungen) zurückzuführen ist. So bildet den Hauptanteil des südlichen Flügels der mächtige Hauptdolomitzug des Kogels mit über 800 *m* Mächtigkeit, während dieser Dolomit im Nordflügel stark ausgequetscht ist oder ganz fehlt, wie z. B. im Stollen selbst.

Beide Serien gehören daher wahrscheinlich einer großen ENE streichenden Mulde an, die mit steiler Schichtstellung eng zusammengeklappt und teilweise nach den steilstehenden Schichten stark zerschert wurde, besonders im Bereich des Muldenkernes. Die äußeren (nördlichen) Teile des Nordflügels weisen zum Großteil eine geringere Neigung nach Süden auf, die gegen den Muldenkern zu immer steiler wird.

Der Stollen durchfuhr vom Muschelkalk bzw. Partnachschiefer an die verschiedenen Schichtglieder, im wesentlichen in Übereinstimmung mit den hier allerdings spärlichen Geländeaufschlüssen, nur der Hauptdolomit, der darüber im Feldbachl 50 *m* mächtig war, fehlte im Stollen ganz. Im stark zerscherten Muldenkern wurden lotrecht stehend dünnsschichtige Kalkmergel angetroffen, die wahrscheinlich Liasfleckenmergel sind. Die roten Jurakalke des Koglergrabens fehlen im Stollen.

Nach einer schmalen Bewegungszone, die ausgequetschte Reste der nunmehr schon dem Südflügel angehörigen Kössener Schichten enthält, setzt genau wie im Gelände der Hauptdolomit ein, der mit seiner guten Standfestigkeit einen raschen Vortrieb ohne Einbau ermöglichte. Er hielt 850 *m*, also länger als erwartet, an. Dann kamen erst die Raibler Schichten mit stark ausgequetschten Schiefeln und in beträchtlicher Mächtigkeit Wettersteinkalk, Partnachschiefer, Muschelkalk und -dolomit und schließlich bei 1520 *m* Buntsandstein. Mit 440 *m* hatte dieses Schichtpaket daher im Stollen eine weit größere Mächtigkeit als im Gelände.

Die Südgrenze des Kalkgebirges war dadurch im Stollen um 650 *m* weiter nach Süden gerückt, als es nach den Geländeaufschlüssen zu erwarten war. Von Landeck bis zum Pitztal wird diese Südgrenze durch eine größtenteils recht gerade verlaufende und, soweit die Tiefenaufschlüsse in allen Bacheinrissen, auch dem Pitztaleinschnitt reichen, lotrecht stehende Störungsfläche gebildet, auch im Bereich über der Stollennachse. In ihrer

geraden Fortsetzung nach unten würde diese Fläche bei etwa 900 *m* den Stollen im Hauptdolomit erreichen. Ihr könnte etwa die steilstehende Kluft bei 920 *m* entsprechen. Es ist auch möglich, daß sie sich in der Tiefe überhaupt nicht mehr abbildet. Bemerkenswert ist, daß die Schichtflächen sowohl im Gelände, als auch im Stollen in diesem Bereich größtenteils sehr steil bis fast lotrecht stehen. Als Verbindung zwischen Gelände und Stollen scheint mir aber doch eine allmähliche Verbindung am wahrscheinlichsten, wie sie nach den Profilen AMPFERERS im Gebiet des oberen Stanzertales auch vorkommen, möglicherweise mit staffelförmigen Verschiebungen an flachen oder nach N fallenden Klüften, wofür jedoch Hinweise fehlen. Auch für die an sich mögliche Annahme einer großen waagrechteten Störung fehlt jeder Anhaltspunkt. Sie müßte sich im Pitztalgehänge doch bemerkbar machen. Die Triasgesteine bilden also hier eine Ausbauchung nach Süden, die nirgends zutage tritt, und innerhalb der sie bei lotrechter Stellung wenig gestört und daher sehr standfest sind.

Auf eine wenige Meter starke Einschaltung von grünlichem, mylonitisiertem, aber doch recht festem Buntsandstein folgt eine wieder an steilen bis lotrechten Flächen stark durchbewegte Serie von phyllonitischen Schiefen mit eingeschalteten quarzreichen „Verrucanogesteinen“ (vielleicht auch Buntsandstein). Wahrscheinlich liegt hier im großen gesehen ein linsenförmiger Bau vor, wobei die Verrucanolinsen im Stollen mächtiger waren als an der Oberfläche. Es ist anzunehmen, daß auch sie entsprechend der Kalkalpengrenze eine flexurartige Biegung mitmachen, die allenfalls durch örtliche Störungen geknickt ist. Die Phyllite konnten im Stollen mit Sicherheit als Grauwackenschiefer erkannt werden, die sich durch stärkere Dünablättrigkeit, Farbunterschiede oft in lagenweisem Wechsel, von den auch reichlicher Quarzlinzen führenden Quarzphylliten unterscheiden. Besonders kennzeichnend sind aber einzelne geröllführende und meist auch graphitische Lagen. Die Abgrenzung gegen den Quarzphyllit ist ganz unscharf, es besteht ein sehr allmählicher Übergang. Das fast völlige Fehlen von Wasseraustritten im ganzen Bereich ermöglichte eine für Phyllite relativ sehr gute Standfestigkeit.

Da die Grauwackenschiefer im Stollen nur mehr halb so mächtig sind wie an der Oberfläche, war die Ausbuchtung durch die Trias schon ziemlich ausgeglichen und die Chloritschieferlage nur mehr 100 *m* nach der von Gelände her vorausgesagten Stelle durchfahren. Die nun folgenden recht typischen Quarzphyllite wurden mit ihrem Einfallen nach Süd allmählich immer flacher, was auch der Voraussage entsprach, doch waren sie im Stollen infolge des grobwelligen Baues streckenweise immer noch sehr steil.

Auch der Amphibolit, der im ganzen Pitztalgehänge die Gneisphyllite an ihrer Nordseite begleitet, wurde erwartungsgemäß angetroffen. Danach folgten noch einmal stark phyllitische Schiefer, wie sie im Gelände nur als ganz schmale Lage stellenweise zu beobachten waren, im Stollen aber als mächtigerer Keil zwischen Amphibolite und Gneisphyllit einschoben. Auch die im Gelände nur spärlich zu beobachtenden Graphitphyllite waren hier im Stollen als etwa 20 *m* mächtige Lage, die stellenweise vermutliche Quarzgerölle führte, gut ausgebildet. Danach kamen erst die erwarteten Gneisphyllite. Sie waren im Stollen allgemein stärker quarzitisch als an der Oberfläche, jedoch mit schiefrigen Zwischenlagen. Erkennbar waren

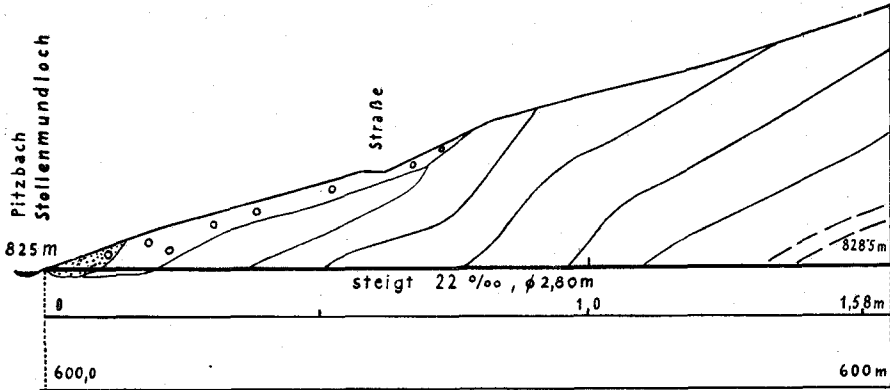


Abb. 1: Geologische Voraussage für den Fensterstollen (Längsschnitt).

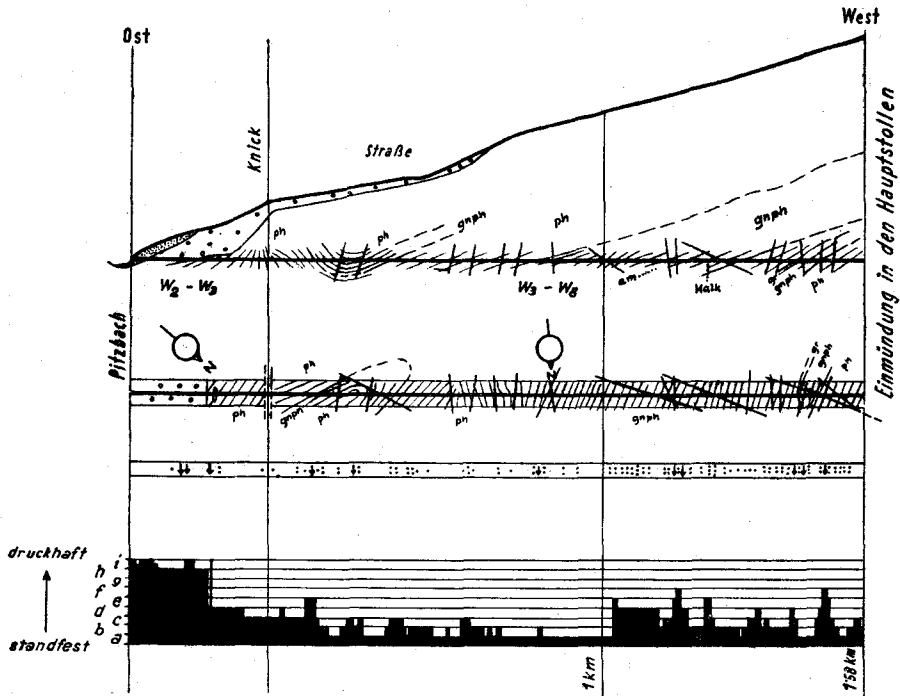


Abb. 2: Längsschnitt durch den Fensterstollen. Geologische Verhältnisse vereinfacht nach der Stollenaufnahme von A. FUCHS.

sie an den Biotitschuppen, auch führten sie oft reichlich fein eingesprengtes Erz. In baueingewandter Hinsicht bestätigte sich die Voraussage, daß sie standfester sind als die Quarzphyllite. Auch die Klüfte und Störungen, die das Gestein durchsetzen, wirken sich besonders innerhalb der quarziti-schen Bänke kaum aus, ebenso wie die hier schon sehr flache Lagerung.

Im Gefüge zeigte sich im Stollen im Bereich der Gneisphyllite eine Umschieferung in die Richtung NE bis NNE unter steilem Einfallen nach NW. Zuerst (ab 3200 *m*) war sie nur in schmalen Streifen vorhanden, dann in einem größeren Bereich vorherrschend, daneben aber stellenweise noch die alte E—W-Richtung der Schieferung erkennbar. Gleichartige Änderungen im Streichen waren örtlich auch im Gelände beobachtet worden, besonders am SE-Hang des Gschwendkopfes und in der Gegend von Trenk und Auders (siehe geolog. Karte), so daß sie also in diesem Stollenbereich nicht überraschend kamen.

Die Gneisphyllite gehen allmählich im Bereich der Losgrenze in normalen Quarzphyllit über, teils in Wechsellagerung, wie dies das Profil des Fensterstollens (nach der Aufnahme Dr. FUCHS) zeigt, teils durch allmähliches Ausklingen und Auskeilen. Es ist allerdings der Gneisphyllit im frischen Zustand des Stollens oft schwieriger zu erkennen als das angewitterte Gestein an der Oberfläche. Das Profil stellt den Übergang im unbekanntem Teil mehr schematisch dar.

Von der Einmündung des Fensterstollens an in Richtung Süd (Baulos Wenns) befindet sich der Stollen in der flachen Sohle der Wennser Phyllitmulde, die ein flaches Einfallen von etwa 20° in ungefähr Ostrichtung (genaue Achsenrichtung ENE) aufweist. Dementsprechend verläuft das Streichen der flach nach Ost einfallenden Schiefer ungefähr N—S, also in spitzem Winkel zum Stollen.

Innerhalb einer flachen Aufwölbung wurden Granitgneise angefahren, die durch Querstörungen abgeschnitten waren. Sie waren im Hangenden von sehr stark mylonitisierten Quarzphylliten begleitet, die sich baueologisch höchst ungünstig auswirkten, besonders wo sie noch durch eine NNE—Störung durchsetzt waren. Bei der allgemein flachen Lagerung des Phyllits hielten sie länger an bis diese in steileres Nordfallen überging. Eine Zerschering nach steilstehenden Flächen, in ungefähr WNW-Richtung quer zum Stollen, war aus den Geländeaufnahmen (Beobachtungen im Kronburger Graben) bereits vorausgesagt worden, ebenfalls das nun bis zur Losgrenze anhaltende Nordfallen. Die Gesteinsverhältnisse besserten sich dabei für größere Abschnitte etwas. Bei 2200 bis 2400 *m* (Baustat. Wenns) traten durch schmale Schieferzwischenlagen getrennt und wieder durch Querstörungen abgeschnitten mehrere Orthogneiszüge auf, die sicher dem großen Augengneiszug angehören, der über Larcher und Gogles Alm an der Südseite des Venet hinaufzieht und nach der Voraussage hier den Stollen schneiden sollte. Der Granitgneis war sehr gut standfest, auch die begleitenden Schiefer erwartungsgemäß hier nicht mylonitisiert. Seine Klüftigkeit bedingte einige größere Quellaustritte.

Bei mittlerem Einfallen nach N und meist ganz guter Gesteinsbeschaffenheit queren zwischen 3250 und 3400 *m* (Baustat. Wenns) mehrere Quetschzonen den Stollen, so daß die in der Voraussage für hier allein angegebene Kluftrichtung NW bei weitem vorherrscht. Ab 3550 *m* konnte HEISSEL schwache Biotitführung und etwas stärker kristalline Beschaffenheit der Phyllite feststellen. Es liegen damit Gesteine vor, die etwa den Gneisphylliten der Zone von Steinhof entsprechen. Ungefähr an der Durchschlagstelle gegen das Baulos Runserau gehen sie wieder in gewöhnliche Quarzphyllite über. Da MIGNON auch weiterhin keine Gneisphyllite angibt, dürften sie wohl gegen Süden hin ausklingen.

Mit einer flachen Aufwölbung gleich südlich der Durchschlagstelle, die wohl mit der vermutlichen Einfaltung der Quarzphyllite am Nordende der Phyllitgneisdecke in Beziehung steht, setzt flachwellige Lagerung ein. Die Phyllite liegen hier wahrscheinlich nahe unter der darüber lastenden Decke von Phyllitgneis, also in einem Inhomogenitätsbereich und sind daher stärker gestört, von zahlreichen Klüften durchsetzt und allgemein mehr gebräuch.

Mit einer deutlichen kleinen Aufwölbung bei 3400 *m* (Baustat. Runserau) fallen die Phyllite von nun ab fast durchwegs nach S ein, wobei die Steilheit des Einfallens nach S hin zunimmt, nur bei 1200 *m* (Stat. Runserau) kommt vorübergehend auch N-Fallen vor. Die Beschaffenheit des Gesteines ist vorwiegend phyllonitisch, gleich wie der Quarzphyllit im Gebiet von Fließ und Landeck und gleich ihm nach S hin zunehmend etwas höher kristallin. Einschaltungen von Amphiboliten bei 3100 *m*, 3000 *m* und bei 900 *m*, wie sie auch im Gelände im Bereich von Fließ zu finden sind, nicht aber in der Phyllitgneisserie, weisen auch auf die Zugehörigkeit zur Quarzphyllitserie hin. Von FUCHS wurden im Stollen mehrfach wechselnd mit Quarzphyllit „gneisige Phyllite“ angegeben. Es erscheint mir noch nicht sicher, ob es die feldspatreichen Gneise der Phyllitgneisserie sind, da diese im Stollen ohne genauere Dünnschliffuntersuchung kaum erkennbar sein dürften. Sie könnten sich jedoch als in die Tiefe reichende Keile der Phyllitgneisdecke auffassen lassen.

Bei der Abgrenzung zwischen dieser Decke und dem Quarzphyllit, wie sie im Längsschnitt dargestellt ist, wurde versucht, die Stollenaufschlüsse mit der im Gelände östlich Fließ gut erkennbaren Verzahnung unter Berücksichtigung des Flächen- und Achsengefüges in Übereinstimmung zu bringen, was sich auch ohne Schwierigkeiten erreichen ließ. Ein Zeichen, daß der hier gegebenen Darstellung wenigstens als Schema eine gewisse Wahrscheinlichkeit zukommt. Auch einige Störungen ließen sich so durch Hineinstreichen in die Phyllitzonen der Phyllitgneisdecke zwanglos in dieses Bild einordnen.

Die Auflockerung durch Gehägebewegungen, die im Stollen bis 150 *m* durch FUCHS festgestellt werden konnte, war bei der geologischen Geländeaufnahme bis zur Felskante nahe dem Pillersattel, also bis über 1500 *m* SH hinauf beobachtet und angegeben worden. Sie zeigte sich dort in Form offener Abrißklüfte. Auch im tieferen Gehänge sind auffallende, von Felsrippen begleitete Furchen sichtbar. Sie liegen meist ungefähr parallel zum Hang und sind als durch Hangbewegungen erweiterte Klüfte zu deuten.

b) Tektonisches Gefüge

Das im Stollen angetroffene durch die B-Achsen und s-Flächen bestimmte Gefüge zeigte eine sehr weitgehende Übereinstimmung mit dem des Geländes. Besonders die B-Achsen, die im Gelände für weite Bereiche eine vorherrschende Richtung N 70° E und meist flaches Einfallen nach Ost aufweisen, sind, wie aus den Berichten hervorgeht, auch im Stollen recht gleichmäßig nach dieser Richtung orientiert. Nur in der nördlichen Phyllitzone sind die Richtungen mehr Ostwest mit meist horizontaler Lage sowohl im Gelände als auch im Stollen. Größere Abweichungen von diesem allgemeinen Plan stellen die Umschieferungen im Bereich N der Einmündung

des Fensterstollens in den Gneisphylliten dar, auch sie waren von der Geländekartierung her schon bekannt.

Die generelle Lage der s-Flächen wechselt für den ganzen Bereich gesehen weit stärker. Sie ist durch den großtektonischen Bau gegeben. Im kleinen sind bei den fast überall in verschiedenen Größenordnungen vorkommenden Falten oft alle möglichen Lagen vorhanden. Diese Kleinfaltungen sind daher auch in den Diagrammen in der Regel nicht berücksichtigt. Bei den flach einfallenden bis horizontalen B-Achsen haben steilstehende s-Flächen annähernd gleiches Streichen wie die B-Achsen, im Stollen also vorwiegend im nördlichen und südlichen Phyllitbereich, während bei der flachen Lage der s-Flächen diese quer zu den B-Achsen streichen, also mehr N—S, wie es besonders in der flachen Muldensohle bei Wenns der Fall ist.

Wir können folgende Großbereiche für die s-Flächen unterscheiden: Den Nordabschnitt mit lotrechtem bis sehr steilem, dann allmählich weniger steilem Einfallen nach S und vorwiegend E—W-Streichen. In der Mitte die Muldensohle mit vorwiegend flacher bis flachwelliger Lagerung im Bereiche von Wenns, die auch recht ungünstige baueologische Verhältnisse zur Folge hatte. Einen größeren Bereich mit allgemeinem N-Fallen bildet der ansteigende Südfügel der Wennser Mulde. Dann folgt flachwellige Lagerung und schließlich ab 4400 m im Baulos Runserau ein immer steiler werdendes bis lotrechtes S-Fallen.

Bis auf den nördlichen Teil des unter dem Phyllitgneis verdeckten Abschnittes, der sich jeder Beobachtung entzogen hatte, war die Lage der s-Flächen hinreichend vorauszusagen.

c) Das Kluftgefüge

Das System der Klüfte war durch die statistische Erfassung, also die für verschiedene Bereiche gemachte Angabe, welche Klüfte überhaupt im Gesteinskörper vorkommen, für den Stollenbereich recht gut anzugeben. Unterschiede in den verschiedenen Abschnitten sind vor allem dadurch gegeben, daß bestimmte Kluftrichtungen im einzelnen besser ausgeprägt und auch baueologisch wirksamer sein können, in anderen weniger oder gar nicht zum Ausdruck kommen. Erfasst sind in der Regel nur die stark ausgeprägten, besonders die durchlaufenden Klüfte. Die baueologische Auswirkung war sehr verschieden und richtete sich meistens nach der Gesteinsbeschaffenheit, wie dies auch in den Stollenbeschreibungen zum Ausdruck kommt.

Bereichsweise zeigten sich auch grundsätzlich andere Kluftsysteme, wie z. B. im nördlichen Phyllitgebiet, das einer starken Einengung unterworfen war. Die Klüfte und Scherflächen verlaufen hier mehr spitzwinkelig zu den Schieferungsflächen, also meist ENE bis und WNW und noch näher an die E—W-Richtung, obwohl auch andere Klüfte und Scherflächen, etwa N 50° E bzw. W, daneben auch auftreten. Auch die durchlaufenden Störungszonen liegen spitzwinkelig zu s. Diese Erscheinung konnte ich auch schon aus den Geländeaufnahmen beschreiben.

Der Bereich der Gneisphyllite und der darunter liegenden Phyllite ist durch einen stärkeren Wechsel in der Ausprägung der verschiedenen Kluftrichtungen gekennzeichnet, so daß die Diagramme abschnittsweise

verschieden sind und verschiedene Häufungen jeweils zum Ausdruck kommen. Daher ist auch ein ziemlicher Unterschied zwischen Gelände und Stollen vorhanden, so daß z. B. die NE- bis NNE-Klüfte, wie sie im Bereich der Hochastener A. häufig und ausgeprägt sind (s. Karte) sich mindestens derart ausgeprägt im Stollen nicht wiederfinden, dagegen kommen sie weiter im S als Umschieferung vor. Es macht sich hier auch die verschiedene Gesteinsart oben Gneisphyllit, unten Quarzphyllit und umgekehrt für diesen Bereich bemerkbar. Die vorausgesagten Klüfte kamen jedoch teilweise vor.

Im Bereich der flachen Muldensohle kamen von den vorausgesagten besonders die NNE-Klüfte zur Auswirkung, dann auch NW-Klüfte. Besonders gut stimmt die Voraussage für den Bereich des Muldensüdflügels, wo ich NW-Klüfte allein angegeben hatte, die nach der Stollenaufnahme hier auch am zahlreichsten waren und auch die stärkste Auswirkung in zahlreichen Quetschzonen hatten.

Im südlichsten Stollenabschnitt spielten nach FUCHS baugologisch die zum Stollen parallelen Klüfte, also N 36° E und Klüfte N 60° W die Hauptrolle. FUCHS führt sie besonders für die Strecken 1180—1900 und von 2000 *m* einwärts an. Sie kommen aber auch in den weiter nördlich gelegenen Abschnitten des Bauloses Runserau überwiegend vor, doch sind hier die Verhältnisse weniger deutlich. Vorausgesagt war für den südlichen Stollenabschnitt Richtung NE bis NNE, was also der Richtung parallel zum Stollen ungefähr entspricht, dann auch WNW, die bereichsweise z. B. 1200—1400 *m* auch stark gehäuft vorkommt, sonst annähernd der Richtung N 60° W entsprechen könnte. Ferner war noch Richtung N 10° W angegeben worden, eine Richtung, die als gefügebundene Klüfte senkrecht zu B auch sonst allgemein häufig ist. Sie sind zwar auch hier im ganzen Stollenbereich vorhanden, spielen aber, da sie keine ausgeprägten Bewegungsflächen darstellen, zuweilen auch wieder verheilt sind, baugologisch nur eine geringe Rolle.

d) Störungsflächen und -zonen

Das Netz der an der Oberfläche austretenden Störungsflächen wurde nach den Geländeaufnahmen besonders mit Hilfe der Luftbilder (in stereoskopischer Betrachtung) zusammengestellt und in die geologische Karte eingetragen. Es ist aber zu beachten, daß bei dem nur wenig ausgeprägten Relief im wesentlichen nur die Richtung der Störungen, nicht aber ihr Einfallen festzustellen war, von dem nur mit einiger Wahrscheinlichkeit zu sagen ist, daß es sehr steil ist. Die Konstruktion in die Tiefe ist daher in gewissem Bereich unbestimmt. So ist bei 800 *m* Höhe über dem Stollen und einer angenommenen Möglichkeit des Einfallens bis nur 70° nach beiden Seiten, der Bereich, in dem der Stollen die im Gelände beobachtete Störung anfahren kann, 600 *m*. Dazu kommt noch, daß Richtung und Einfallen der Störung bei dieser Höhe sich in ihrem Verlauf beträchtlich ändern kann. Eine Voraussage für eine bestimmte Stelle im Stollen ist daher in diesen Fällen praktisch nicht durchführbar und zumindest sehr unsicher. Doch läßt sich innerhalb gewisser Grenzen die Richtung und Häufigkeit von Störungen ganz gut angeben.

Auch nachträglich ist es vielfach schwierig, eine Zuordnung von den im Stollen angefahrenen Störungen zu solchen im Gelände zu finden.

Denn auch im Stollen war es nicht immer leicht, mit Sicherheit Richtung und Einfallen besonders bei breiteren Störungszonen eindeutig festzustellen. Eine Verbindung zwischen oben und unten wird daher in vielen Fällen unsicher sein. Es war auch oft nicht möglich, solche Zuordnungen zu finden, was daher kommen mag, daß solche Störungen oft ausklingen, sich weniger auswirken und daher nicht beachtet werden.

Doch war es immerhin möglich, bei einigen der größeren Störungen eine wahrscheinliche Beziehung zwischen Stollen und Gelände festzustellen. Von solchen Fällen der Zuordnung seien angeführt:

Die ausgeprägte Störung bei 2240 *m* im Baulos Imsterau mit ihren durch spärlichen Wasserzudrang stark erweichten Myloniten hat vermutlich WNW-Richtung und dürfte mit der WNW-Störung zusammenhängen, die ich nach dem Luftbild nördlich Hochasten einzeichnen konnte. Allerdings war sie nach W nicht mehr über den unmittelbar über dem Stollen liegenden Gschwandrücken zu verfolgen. In diesem Bereich waren überhaupt Störungen im Gelände auch nach dem Luftbild wegen der den runden Rücken ausgleichend überziehenden Schutt- und Moränenbedeckung sehr schlecht ausgeprägt und kaum mit Sicherheit zu erkennen. Bei der Begehung konnten nur zahlreiche, meist nicht lange anhaltende NE-Störungen erkannt werden, die sich aber wieder im Stollen nicht auswirkten.

Die durch den Verbruch mit Wasserzudrang baueologisch sehr wirksame Störung bei 3260 *m* (Baulos Imsterau) entspricht gut dem NNW verlaufenden Südrand der aus quarzitischen Phylliten bestehenden Gelände-rippe, die N Audershof die Wiesen abgrenzt.

Im Bereich der NNE-Störung bei 620 *m* im Baulos Wenns konnten NNE-Klüfte vorausgesagt werden, da im Gelände darüber zahlreiche Klüfte bei der genaueren Begehung und aus dem Luftbild erkannt wurden. Eine genauere Zuordnung war aber erst nach dem Stollenvortrieb möglich. Auch WNW-Störungen konnte ich in der Voraussage hier angeben.

Die zahlreichen Klüfte und Quetschzonen, die den südlichen Muldenflügel in Richtung NW bis WNW durchsetzen, waren schon im Gelände gut erkennbar und lassen verschiedentlich eine Zuordnung zwischen Stollen und Gelände zu.

Unterhalb der Phyllitgneisüberdeckung war die Wahrscheinlichkeit, daß Klüfte und Störungen durch beide verschieden geartete Gesteinsgruppen hindurchziehen, schon an sich etwas fraglich. Besonders im nördlichen Abschnitt ergeben sich auch kaum deutliche Beziehungen. Im südlichen Abschnitt dagegen, besonders bei den mehr im Streichen, also ENE gerichteten Klüften, zeigte sich sehr oft ein deutliches Hineinstreichen der Klüfte aus dem Stollen in phyllitische Keile, die in die Phyllitgneisserie hineinziehen, so besonders zwischen 1230—1350 *m*, auch bei 1900 und bis 1940 *m*.

e) Hydrologische Verhältnisse

Von vornherein war zu erwarten, daß die meisten Wässer an die mehr klüftigen und weniger an die schiefrigen Gesteine gebunden sind. Dies ließ die geologische Stollenaufnahme, mit der auch eine Beobachtung der Wasseraustritte und ihre Eintragung in die Stollenbänder verbunden war, deutlich erkennen.

Vor allem waren es die Kalke und Dolomite innerhalb des Kalkgebirges, die als Wasserträger wirkten und beim Vortrieb des Stollens und auch nachher recht große Wassermengen in den Stollen austreten ließen (bis über 100 Sekundenliter), während die Tonschiefer mehr wasserstauend wirkten.

Im Bereich der kristallinen Schiefer wirkte das Hauptgestein, der Quarzphyllit im wesentlichen eher abdichtend und es traten viel geringere Wassermengen aus. Es waren hier vor allem die Einlagerungen an klüftigen Gesteinen, die relativ größere Quellen aufwiesen. Es sind dies die Granitgneise (Quellen bei 520 und 570 *m*, und besonders bei 2280 und 2360 *m* im Baulos Wennis), die Amphibolite (2860 *m*, Baulos Imsterau) und die Quarzite (3470 *m*, Baulos Imsterau).

Der Quarzphyllit selbst ist im ganzen genommen im Stollen sehr wasserarm, führt meistens nur Tropfwasser und wenige nicht sehr starke Quellen, denn im allgemeinen sind Klüfte und auch größere Störungsfächen und -zonen meist von einem lehmigen Zerreibsel erfüllt, das abdichtend wirkt. Ein großer Teil der Wasseraustritte im Quarzphyllit kann durch darüberliegende Granitgneise oder Quarzitlagen erklärt werden, die als klüftige Gesteine das Wasser zuführen, wie z. B. auch bei der stark wasserführenden Störung bei 3690 *m* (Baulos Imsterau) und die Quellen, die gerade unter der großen Orthogneislage bei 2600—2700 *m* (Baulos Wennis) liegen. Andere Quellen und Wasseraustritte sind durch gneisige oder quarzitisches Ausbilden der Phyllite gegeben.

Große Bereiche der Phyllitstrecken sind aber überhaupt trocken oder höchstens grubenfeucht, wie z. B. die ganze Nordzone, die kaum Tropfwasser führt und die unter dem Nordteil der Phyllitgneise gelegenen Phyllite, trotzdem sie hier stark von Klüften durchsetzt sind.

Die zahlreichen und starken Wasseraustritte zu Beginn des Stollens in der Runserau bis 140 *m* kommen aus den bei den Gehängeabsitzungen entstandenen Spalten.

Im Kalkgebirge trat zunächst sehr viel Wasser in der ersten größeren Dolomitzone auf, die der Hauptstollen angefahren hat. Das Wasser ist hier durch eine Schichte von Partnachschiefern aufgestaut. Das Wasser ging dann mit dem Stollenvortrieb zunächst mit, ließ aber mit der Zeit nach. Weitere starke Wasseraustritte erbrachte der Hauptdolomit, der ebenfalls durch Schieferlagen nach N hin bis 200 *m* über den Stollen abgedichtet war, vor allem im ersten nördlichen Teil. Sie kamen vorwiegend aus ungefähr N—S streichenden Klüften, die oft Zeichen größerer Auswaschungen zeigten, zum Teil unter erheblichem Druck. In den südlich folgenden Triaskalken wurden die Wasserzutritte wesentlich schwächer und hörten mit der Grenze gegen die Phyllite vollständig auf.

f) Einfluß des Stollenvortriebes auf die Quellen

Im ganzen Gebiet, in dem der Stollenvortrieb einen Einfluß auf die Schüttung der Quellen haben konnte, sind die Quellen vorher genau aufgenommen worden, worüber eingehende Berichte (FUCHS für den südlichen, SCHMIDEGG für den nördlichen Teil) samt Gewässerkarte vorliegen. Die Quellen sind dann von der TIWAG laufend in bezug auf Schüttung und Temperatur gemessen und die Daten in einem Quellenkataster gesammelt worden.

Es zeigte sich dabei, daß durch den Vortrieb des Stollens im Bereiche des Quarzphyllits nur zwischen Audershof und Trenk einige Quellen beeinträchtigt wurden und zwar eine Quelle zeitweise, zwei Quellen ganz versiegt sind. Alle übrigen Quellen im Phyllitgebiet sind nicht beeinflußt worden.

Im Bereich des Kalkgebirges war ein wesentlicher Einfluß des Stollen-vortriebes auf die Quellen leicht vorauszusagen. Zunächst blieben die über dem nördlichen Stollenbeginn gelegenen Quellen der Kalk- und Dolomitlagen, die durch die Partnachschiefer angestaut waren, aus, wozu auch eine gefaßte Quelle der Fraktion Imsterau gehörte, für die aus dem Grundwasser des Inntales Ersatz geschaffen werden konnte.

Nachdem der Stollen in seinem weiteren Verlauf den natürlichen Wasserspeicher des Hauptdolomits angefahren hatte, womit eine allmähliche Absenkung des Wasserspiegels im Gebirge verbunden war, war eine Beeinträchtigung der Quellen der Gemeinde Arzl, die 2 km östlich im selben Dolomitzug austraten, naheliegend. Sie begannen auch allmählich abzunehmen und sind mit der Zeit ganz versiegt. Sie sind auch bei dem bisherigen Aufstau durch den Betrieb noch nicht wiedergekommen.

Dagegen sind die Quellen, die westlich des Stollens durch den Kogler Graben getrennt im Gebiet von Imsterberg und Spadegg austreten, nicht beeinträchtigt worden. Sie liegen auch nicht in demselben Hauptdolomitzug, sondern in durch Tonschiefer davon getrennten Kalken bzw. Dolomiten.

C. Die geologischen Verhältnisse im Bereich des Kraftabstieges Imsterau

1. Allgemeine geologische Verhältnisse

Die Felshohlbauten des Kraftabstieges fallen vollkommen in den südlich des Inn gelegenen Streifen der nördlichen Kalkalpen und zwar in den Nordflügel der schon beschriebenen tektonischen Mulde. Es sind hier Kalke und Dolomite von anisich-ladinischem Alter, die zusammen mit eingeschalteten dunklen Tonschiefern eine etwa 150 m hohe felsige Stufe aufbauen, die südlich der Imsterau vom Felderbachl nach W bis über den Kogler Graben sich erstreckt und für die Aufnahme des Kraftabstieges geeignet erschien.

Über diesem Wandgürtel wird das Gehänge weniger steil, reichliche Schuttbedeckung läßt nur einzelne Aufschlüsse erkennen von zunächst nicht einordenbaren Kalken, Dolomiten und Tonschiefern. Nur weiter nach E hin zeigte sich in höheren Teilen eine Felsstufe aus Kössener Schichten. Über die ganze Länge des Schuttstreifens erhebt sich der Hauptdolomit des Timmler Kogels in steiler Wand.

Auch für die besser erschlossene untere Wandstufe ergab sich zunächst kein klares Bild der Schichtfolge. Kalke, Dolomite und dunkle Tonschiefer wiederholen sich hier mehrfach, wobei tektonische Verschuppung nicht auszuschließen war, wie das Beispiel der sicher tektonisch eingeschalteten Buntsandsteinstreifens zeigte. Schwankungen in der Mächtigkeit bis zum gänzlichen Auskeilen von Schichtgliedern, Verbiegungen des Streichens aus generell ENE bis in N—S und Schwanken des Einfallens verwirrten das Bild besonders in den schlecht erschlossenen Bereichen und machten das Erkennen der Zusammenhänge und damit die Herstellung einer abge-

deckten Karte für tiefere Bereiche zunächst unmöglich, auch durch eine noch so genaue Geländeaufnahme.

Diese konnte jedoch sehr weit getrieben werden mit Hilfe der Schichtenpläne, die DIPL.-ING. SCHNEIDER im Auftrage der TIWAG angefertigt hatte, zunächst für den ganzen Bereich im Maßstabe 1:2000, dann für den engeren Bereich bis etwa zur Höhe des Hauptstollens im Maßstabe 1:200.

Erst als durch Schlitzte, die teils im Zuge der Bauarbeiten, teils eigens für die geologische Untersuchung gegraben wurden, später durch die verschiedenen Stollenanlagen Tiefenaufschlüsse geschaffen wurden, ergab sich ein besseres Bild über die vorhandene Schichtfolge.

Nach den aus allen Bereichen, Geländen und Hohlbauten zusammengefaßten Ergebnissen der geologischen Aufnahme, ist nun die geschlossene Gesteinsfolge bekannt, die aber nach den bisherigen Untersuchungen noch kein eindeutiges stratigraphisches Bild ergibt. Fossilien konnten nirgends festgestellt werden, auf Mikrofossilien zu untersuchen war noch keine Gelegenheit, wäre aber stellenweise vielleicht aussichtsreich.

Es kommen mehrfach Wiederholungen gleicher oder ähnlicher Schichtglieder vor und es ist nicht mit Sicherheit zu sagen, ob es stratigraphische oder tektonische Wiederholungen sind. Sichere tektonische Diskordanzen sind nicht nachweisbar. Zonen stärkerer Zertrümmerung und Mylonitisierung sind meist leicht durch größere Beanspruchung an Inhomogenitätsgrenzen zu erklären. Auch die Einschuppung des Buntsandsteins mit dem Mantel aus zerpreßten Rauhacken und Dolomiten kann als Einfaltung (wahrscheinlich Antiklinale) erklärt werden.

Eine vollständige Einordnung in ein stratigraphisches System ist hier vorerst, nicht durchführbar sondern nur eine Beschreibung nach lithologischen Merkmalen. Wahrscheinlich gehört die ganze Serie außer dem Buntsandstein in die anisische und ladinische Stufe. Typisch sind nur die Muschelkalkbänke, die mit knolligen Oberflächen bis hinauf zum Wasserschloß mehrfach anstehen. Im frischen Anbruch meist dunkelgrau, zeigen sie weiße Anwitterung. Es kommen aber auch helle Kalke in größerer Mächtigkeit vor, denen meist die Schichtung fehlt. Dolomite treten ebenfalls in größerer Mächtigkeit auf, meist hellgrau und splitterig, mit undeutlicher Schichtung, auch schmälere meist dunkle Dolomitlagen zusammen mit Tonschiefern.

Schwarze Tonschiefer kommen viermal als mächtige Lagen zwischen den Kalcken und Dolomiten vor. Wie weit es sich um richtige Partnach-schiefer im stratigraphischen Sinne handelt, läßt sich vorerst nicht entscheiden. Sie sehen jedenfalls so aus. Auch schmale Lagen von Zentimeter bis Millimeter Mächtigkeit kommen in Dolomiten und Kalcken zuweilen vor.

Am Fuße des Druckschachtes und im Sondierstollen streicht zwischen Dolomit und Tonschiefern eine Lage von Kalkmergel durch, die größtenteils zu schichtungslosen Rauhacken zerpreßte Breccien sind mit einzelnen Schieferstücken. Sehr selten ist noch die ursprüngliche Schichtung zu erkennen.

Bemerkenswert ist das Vorkommen von Tuffgesteinen als hellgrüne feinkörnige Schiefer im Muschelkalk des Druckstollens, wie sie ähnlich als „pietra verde“ auch im Arlberg- und Flexen-Gebiet sowie im Halltal ebenfalls im Muschelkalk bekannt sind.

2. Bau und Gesteinsfolge

Östlich der Imsterau reicht der Bergfuß weiter nach N bis an den Inn heran. Hier stehen mächtige Partnachschiefer an, die auch die Steilböschung zur Bahn bilden. Zwei größere und einige kleinere Kalkzüge sind darin eingeschaltet. Das ganze Schichtpaket, in das auch zwei größere und einige kleinere Kalklagen vom Typus Muschelkalk eingelagert sind, steht fast durchwegs steil. Die südlichsten Schiefer ziehen mit einer Kalklage bis zum Feldebachl und bilden den untersten Bergfuß im östlichen Hang des Kraftabstieges.

Darüber folgt beiderseits eingebettet in Rauhacken und Dolomit die Einschaltung von Buntsandstein, die auf 200 m Länge aufgeschlossen ist und wahrscheinlich eine Einfaltung darstellt. Es ist durchwegs grünlicher bis weißer Sandstein bzw. Quarzit, an dessen Schichtflächen vielfach tonig verwitterte Häute und dünne Lagen auftreten. Die begleitenden Rauhacken sind eigentlich stark zerpreßte kalkig-dolomitische Breccien, mit Bruchstücken von Tonschiefern. Im frischen Zustande (im Stollen) weiß bis grau, wittern sie infolge ihres Gehaltes an Schwefelkies gelb an. Sie waren im Stollen relativ fest. Damit verbunden waren Lagen und Linsen von Dolomit, auch eine Tonschieferlage. Der ganze Komplex spitzt nach W aus.

Nun folgen wieder schwarze Partnachschiefer mit zwei Kalkbänken in zusammen etwa 300 m Mächtigkeit, darüber dann mächtiger Muschelkalk mit einer schmalen zwischengeschalteten Dolomitlage. Die grauen, sehr festen Kalke weisen eine deutliche Bankung auf. Die mittlere Dolomitlage, enthält eine Schicht von bröckeligem, kavernösem Dolomit, der teilweise mit weißem grobkristallinem Dolomit als Neubildung auskristallisiert ist, als beginnende Wiederverheilung. Den Südrand bildet eine etwas mächtigere Dolomitbank mit einzelnen schieferbelegten Schichtfugen. Durch NE streichende Bewegungsflächen ist sie staffelförmig verstellt.

Die anschließende Lage von Kalkmergeln gleicht dies wieder etwas aus. Sie stellt infolge der tektonischen Beanspruchung eine Art rauhackenartige Breccie dar, die auch stellenweise Bruchstücke von den südlich anschließenden Schiefnern enthält, sowie einzelne Stücke von Mergelschollen, die noch die ursprüngliche Schichtung aufweisen. Auffallend ist ein beträchtlicher Gehalt an feinverteiltem Schwefelkies.

Auch die folgenden Tonschiefer, die bei einem WNW-Streichen der Gesteinszüge als Auswirkung einer Querbeanspruchung im Sondierstollen N—S streichen, reichen nicht bis an die Oberfläche, sondern keilen vorher aus.

Das nächste mächtige Kalk-Dolomit-Paket hat den Hauptteil des Druckschactes aufgenommen. Die beiden Gesteinsarten wechseln hier unregelmäßig. Hauptsächlich sind es Kalke, die als bemerkenswerte Einschaltung die grünen verschiefert Tuffe enthalten, wobei das Streichen vorübergehend NNW nach NNW verdreht ist. Nach oben sind die Kalke unregelmäßig mit hellem Dolomit verknüpft.

Schließlich folgen dünn-schichtig wechselnd dunkle Dolomite mit Schieferlagen, die dann in die vierte mächtige Bank von Partnachschiefern überleiten. Diese bildet den Wasserstauer für die Quellen von Imsterberg (am Feldebachl) und nun auch für den Bereich des Druckstollens.

In der nächsten mächtigsten Kalk-Dolomit-Bank wurden die ausgedehnten Hohlräume für das Wasserschloß eingesprengt. Zunächst ist es hauptsächlich Dolomit, der nahe an den Schiefen von zahlreichen ausgeprägten Bewegungsflächen durchsetzt ist, dann folgen Lagen von Kalk und Dolomit, die Schichtflächen oft mit dünnen Schieferlagen, die zu meist tonig zersetzt sind, belegt. Das Streichen schwankt bei meist steiler Stellung zwischen ENE und NE.

3. Das Gefüge

Die Lagerung dieser Gesteine ist ungefähr Ostwest bei steilem Einfallen nach Süd. Doch ist beides, wie aus Karten und Profil zu ersehen ist, ziemlichen Schwankungen unterworfen. So herrscht im Bereich der Kaverne WNW, in der Gegend des Wasserschlosses ENE-Streichen. Seltener biegt es in NNW (Mitte des Druckschachtes) oder in NE um.

Bei den Klüften sind die auf längere Erstreckung durchziehenden Klüfte (Bewegungsflächen mit oder ohne sichtbaren Harnisch) von der Kleinklüftung zu unterscheiden. Von ersteren sind besonders die NNW und NNE streichenden Klüfte häufig und ausgeprägt. Dann kommen NE und auch NW streichende Klüfte vor, wofür besonders die Störungszone im Steinbruch W des Druckschacht-Zugangstollens ein Beispiel ist, wie auch die Klüfte im Bereich der Kalk-Dolomit-Grenze am Südende der Kaverne. Auch um E—W streichende Klüfte mit meist steilem Einfallen sind nicht selten. Flach liegende Bewegungsflächen sind besonders im Kavernenbereich unterhalb des Inntalniveaus verbreitet. Innerhalb der festen Kalke und Dolomite wirken sich diese Klüfte, wenn sie einzeln auftreten, für die Standfestigkeit kaum nachteilig aus, doch können sich beim Zusammentreffen mehrerer in ungünstiger Lage Nachbrüche ergeben. Wesentlich unangenehmer waren diese Klüfte in den Tonschiefen und auch in deren Grenzgebiete, wo es zuweilen zu ausgedehnteren Störungszonen kam.

Die Verteilung der Kleinklüfte konnte durch eingehende statistische Messungen und Eintragung in Diagrammen (D 29 und 31) festgestellt werden. Demnach sind Vorzugsrichtungen: NNE bis NNW steil, ENE bis WNW steil, NE und NW mit mittlerem Einfallen, sowie flache Klüfte mit N-Fallen bis 30°. Diese Kleinklüftung gibt dem Gestein bei stärkerer Ausprägung ein zerhacktes Aussehen. Die Standfestigkeit und Nachbrüchigkeit ist aber nur in manchen Dolomiten wesentlich beeinflusst. Auffallend ist, daß diese Klüftscharen räumlich sehr wechselnd ausgebildet sind. Meistens herrschen bereichsweise nur eine oder wenige davon vor.

In den Kalken, vielfach auch in den Dolomiten ist die durch die Schichtfugen gegebene Klüftung in der Festigkeitsanisotropie am maßgebendsten.

4. Die einzelnen Felshohlbauten

a) Die Kraftkaverne

Nachdem für die Anlage des Kraftabstieges in dem gegen die Imsterau abstürzenden Steilgehänge die auch in geologischer Hinsicht günstigste Stelle gefunden war, kam nun noch die Kraftkaverne hinzu. Das Krafthaus war zuerst im Inntalboden geplant, als aber Versuchsbohrungen

einen allzu starken Wasserzudrang von 400 l/sek ergaben, zog man es vor, das Krafthaus als Kaverne in den Fels zu verlegen.

Für die Anlage der Kaverne als größten und wichtigsten Hohlbau ergaben sich noch die zwei besonderen Fragestellungen:

1. Mußte ein Bereich gesucht werden, der gesteinsmäßig derart beschaffen war, daß die Kaverne mit 50 m Länge, 25 m Höhe und 18 m Breite so untergebracht werden konnte, daß genügende Standsicherheit für diesen gewaltigen Hohlraum zu erwarten war, also möglichst ganz in standfesten Kalk und Dolomit.

2. Es mußte die richtige räumliche Orientierung festgestellt werden, in die die Längsrichtung der Kaverne zu stellen war, um die günstigsten baugelogischen Bedingungen zu erhalten.

Zur Beantwortung der zweiten Frage wurden sämtliche Klüfte im ganzen Kavernenbereich, soweit er zugänglich war, gemessen und auf Diagramme der Lagenkugel in üblicher Weise als Pole eingetragen, wobei auch zwischen den verschiedenen Arten der Klüftfugen unterschieden wurde. (Diagramm 30.)

Es ergab sich eindeutig, daß die größte Häufung der Klüfte mit den Schichtflächen zusammenfällt, die hier fast durchwegs WNW streichen. Die anders gerichteten Klüfte sind meist nur kurz anhaltende, wenn auch in Scharen auftretende Kleinklüfte. Am stärksten ausgeprägt sind innerhalb der Kalk-Dolomitbereiche neben NE und SW-Klüften im allgemeinen die ungefähr N—S verlaufenden steilstehenden Klüfte. Doch sind sie sehr spärlich verteilt und auch innerhalb der Kalke wenig wirksam, so daß sie baugelogisch hier keine große Rolle spielen. Es war daher als günstiger anzusehen, die Kaverne mit ihrer Längsrichtung in ungefähr N—S-Richtung anzuordnen.

Die erste Frage nach der gesteinsmäßig geeignetsten Stelle war zuerst nur unter einem gewissen Vorbehalt zu beantworten, da die Voraussagen für die Tiefe vorerst noch zu unsicher waren. Es konnte wohl die günstigste Stelle angegeben werden (zwischen Steinbruch und Feldbachl), aber nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, daß die Kalk-Dolomit-Zone auch hinreichend Breite zur Aufnahme der Kaverne hat.

Um die Verhältnisse genauer feststellen zu können, wurde zunächst von der Tahlsohle aus in der geplanten Kavernenachse ein Sondierstollen vorgetrieben. Er durchfuhr die erste sehr feste Kalkbank, dann die Dolomitlage mit dem drusig-kavernösen Gestein, das aber doch recht hinreichend standfest war. Dann kam wieder Kalk und Dolomit, letzterer mit dünnen schiefrigen Lagen und schließlich ab 95 m vom Eingang starkgepreßte Kalkmergel und größtenteils N—S-streichende Partnachschiefer. Letztere waren nicht erwartet worden, da sie nicht bis an die Oberfläche durchstreichen.

Da sie noch in den anfangs geplanten Kavernenbereich fielen, mußte die Kaverne etwas nach außen verlegt werden, was unter Beibehaltung einer genügenden Mindestdicke des Felsens von 50 m gegen die Oberfläche gerade noch möglich war. Nachdem ein Firststollen und zwei Kämpferstollen vorgetrieben waren, konnten die geologischen Verhältnisse mit größerer Sicherheit überschaut werden. Der Ausbau der Kaverne wurde dann nach der Kernbauweise durchgeführt: Der eigentliche Ausbruch be-

gann in der Firste, indem sie in Streifen von 2 bis 8 m Breite je nach Gesteinsfestigkeit ausgebrochen und mit einem 1 m starken Betongewölbe versehen wurde. Dann wurden unter möglichster Schonung die Seitenwände freigelegt, so daß nur mehr der innere Kern blieb, der leicht weggeschossen werden konnte. Die ganzen Ausbrucharbeiten wurden geologisch überwacht und alle wichtigen Daten des Gesteins und seines Gefüges aufgenommen.

b) Der Unterwasserstollen

Inzwischen war der Unterwasserstollen, zunächst als Richtstollen vorgetrieben worden. Er hatte den Buntsandstreifen und die ihn begleitenden Rauhacken und Dolomite, die ganz gut standfest waren, durchfahren, dann die mächtige Lage von Partnachschiefern und ist schließlich voraussagegemäß in die große Kalkbank gelangt, wo die Gabelung in die drei Arme zu den drei Generatoren der Kaverne geplant war. Da, wie öfters in der Nachbarschaft der Partnachschiefer, das Gestein hier schlechter war, wurde die Gabelung um einige Meter gegen die Kaverne verlegt. Hier scharten sich zwar auch einige größere Bewegungsflächen, die aber in dem festeren Gestein keine stärkere Auswirkung auf die Standfestigkeit hatten. Von den drei Armen des Unterwasserstollens wurde dann in die Kaverne, die 5-50 m darüber lag, aufgebrochen. Auffällig ist hier das Auftreten von lang hinziehenden horizontalen Klüften, wie sie in höheren Bereichen nicht angetroffen wurden. Aus ihnen kam reichlich gipshaltiges Wasser.

c) Der Druckschacht

Eine besondere geologische Befassung erforderte der Druckschacht, der mit einem Gefälle von 54° und einem Durchmesser im Vollausbruch von über 5 m in einer Länge von 120 m vom Hauptstollen bis zur Talsohle herabführt. Er setzt somit das geologische Profil des Hauptstollens fort, mit seinem Zugangstollen bis zum Inntal. Die geologische Aufnahme erfolgte sowohl im Richtschacht, der von unten aus vorgetrieben wurde, als auch im Vollausbruch und war infolge der Steilheit nicht immer einfach durchzuführen.

An seinem Fuße standen zu Rauhacken zerpreßte Kalkmergel an, dann eine Lage Tonschiefer, sonst durchwegs Kalke und im oberen Teil ab 80 m auch Dolomit. Die grünen Tuffschiefer stehen bei 70—77 m an. Das Streichen verlief im allgemeinen quer zum Schacht auch im Einfallen. Nur zwischen 35 und 55 m drehte sich das Streichen in NW bis NNW.

Der Schacht wurde mit einer Panzerung versehen. Da das Gestein jedoch einen beträchtlichen Teil des Innendruckes aufnehmen mußte, wurde zu dessen Berechnung von den in Betracht kommenden Gesteinsarten der Zusammendrückungsmodul bestimmt und zwar aus arbeitstechnischen Gründen in benachbarten möglichst gleichartigen Gesteinstypen unter Beachtung auch möglichst gleicher Anisotropie.

Aus den Versuchen, die mittels Metall Dosen in etwa 3 m tiefen Schlitzten durchgeführt wurden, ergaben sich folgende Werte des Zusammendrückungsmoduls (nach DR.-ING. H. BRETH):

I Kalkmergel (im Sondierstollen).....	32.450 kg/cm ²
II Dolomit mit dünnen Schieferlagen	21.000 kg/cm ²

III Kalk (im Verteilerstollen) 117.200 kg/cm²

IV Dolomit (unterhalb des Druckschachtes) 112.400 kg/cm²

Die Druckrichtung war in allen Fällen wie im Druckschacht parallel zur Schichtung.

d) Das Wasserschloß

Großer Hohlräume im Fels bedurfte auch das Wasserschloß: Zwei ringförmige Kammern (Ober- und Unterkammer) mit 6 m Durchmesser und zwei gewaltige Schächte mit 6 und 12 m Durchmesser und 50 m Höhe. Die Voraussage dafür war dadurch erschwert, daß diese Hohlräume ganz unter dem schuttbedeckten Geländebereich zu liegen kamen. Es gelang aber doch, sie in dem Kalk-Dolomit-Bereich unterzubringen, besonders der größere rückwärtige Schacht traf durchaus sehr festen Kalk-Dolomit-Fels an.

Im Ausbruch unangenehm waren die schmalen, schiefrigen Zwischenlagen an manchen Kalk- und Dolomitmugen, die bei der Nähe der Oberfläche schon recht lettig geworden waren. Der drusig-kavernöse Dolomit wurde auch hier angetroffen. Das Streichen verläuft ENE bis NNE (letzteres in der NW-Ecke), das Einfallen ist durchwegs sehr steil bis senkrecht.

Schwierigkeiten bot auch der Fuß des vorderen Schachtes, der bis in den Hauptstollen herabreicht. Er kam in Partnachschiefer zu stehen, die an einzelnen Klüften und den Schieferungsflächen zu Ablösungen neigten. Darüber folgte eine stark zerscherte Kalk-Dolomit-Zone. Es war von vornherein nicht mehr möglich, auszuweichen. Daher wurde die Panzerung des Druckschachtes, soweit das ungünstige Gestein reichte, vorgezogen.

5. Wasserverhältnisse

Im Gegensatz zu den Kalcken und Dolomiten, die mit ihrer starken Zerklüftung wasserdurchlässig sind und daher Wasserträger darstellen, wirken die Zonen der Partnachschiefer wasserabdichtend, wie es sich gezeigt hat, recht vollständig. Sie sind auch selbst meist trocken, nur die eingelagerten Kalke führen wie auch der Buntsandstein etwas Tropfwasser.

Die vorderste große Zone der Partnachschiefer, die den Unterwasserstollen quert und am Kaverneneingang endigt, schirmt den Bereich der Kaverne gegen das Grundwasser der Inntalsole ab. Nur nach NW ist dieser Kalk-Dolomit-Bereich offen. Da aber auch hier kaum wesentliche Mengen Wasser in den tieferen Kavernenbereich eindringen, dürfte das Klufnetz bei der Entfernung (50—100 m) doch genügend Reibung besitzen bzw. abgedichtet sein. Über dem Talniveau war die Wasserführung schon vor dem Vortrieb des Sondierstollens nur schwach.

Die zweite Kalk-Dolomit-Zone, die den Druckschacht beherbergt, ist einerseits durch die vierte Partnachschieferlage gegen oben abgedichtet, andererseits durch den Sondierstollen der Kaverne entwässert worden. Der Druckschacht blieb daher auch schon beim Vortrieb ganz trocken.

Die Kalk-Dolomit-Zone des Bereiches Wasserschloß, in dem auch der vordere Teil des Druckstollens liegt, war durch die vierte Partnachschieferlage talwärts abgedichtet und stand daher bis zu einer gewissen Höhe, die durch die Obergrenze der Partnachschiefer gegeben war, unter Wasser. Die ehemalige Quelle der Fraktion Imsterau, in einer Höhe von 867 m gibt hierfür einen Anhaltspunkt. Das Wasserniveau stieg nach innen

an und dürfte etwa in Höhe der Oberkammer gelegen sein. Daher hat sich darüber noch der Lettenbelag der Klüfte erhalten. Durch den Vortrieb des Fensterstollens und des Druckstollens wurde die Abdichtung durchbrochen und bis zu diesem Niveau von 820 m der Bereich entwässert. Der Wasserzudrang war anfangs sehr stark bis gegen 60 Sekundenliter, ist aber später stark abgesunken. Der Ausbruch des Wasserschlosses fand daher außer gelegentlichem Tropfwasser kein Wasser mehr vor. Es ist anzunehmen, daß beim neuerlichen Aufstau durch die Inbetriebnahme dieser Bereich allmählich, wenn auch nicht bis zur vollen Höhe, sich wieder füllen wird.

6. Der Sulfatgehalt der Wässer

Im Sondierstollen der Kaverne trat beim Vortrieb an einer Kluff bei 33 m (vom Eingang) eine Quelle mit beträchtlichem Gipsgehalt von über 500 mg SO₃ im Liter aus. Als der Vortrieb des Unterwasserstollens diesen Kalkzug erreichte, traten hier besonders an den horizontalen weiter durchstreichenden Klüften größere Wassermengen auf, die einen annähernd gleich starken Gipsgehalt von über 600 mg im Liter aufwiesen. Durch den Vortrieb sank der Wasserspiegel etwas (die Quelle im Sondierstollen versiegte), blieb aber dann bei etwa 10 Sekundenliter (einschließlich geringer von oben her zutretender Wässer) konstant. Auffallend war, daß das Wasser im Laufe der Zeit an den Austrittstellen einen starken Belag von oxydischem Eisen hinterließ, der sich beim Luftzutritt bildete.

Der Sulfatgehalt dürfte wahrscheinlich von Gipslagern herrühren, die irgendwo in der Tiefe oder im Berginnern anstehen. Jedenfalls sind sie in diesem Bereich möglich und zwar am ehesten in den Reichenhaller-schichten der untersten Trias, wozu auch die Rauhwacken gehören, die im Unterwasserstollen nahe dem Buntsandstein durchfahren wurden. Diese zeigten keinen Gips, waren also so nahe der Oberfläche schon ausgelaugt. Der feinverteilte, aber doch sehr verbreitete Schwefelkiesgehalt steht sicher auch in Beziehung zum Sulfat, aber wohl in dem Sinne, daß der Schwefel aus den Gips stammte.

Um eine Schädigung des Betons der Kavernenbauten durch die Gipswässer zu verhindern, wurde von der TIWAG 3 m unter der tiefsten Sohle ein Entwässerungsstollen entlang der Kaverne angelegt, aus dem die zudringenden Wässer dauernd abgepumpt werden.

Bemerkungen zu den Tafeln IX—XIII

IX. Geologische Karte des östlichen Venet-Gebietes mit Profilen und Gefügediagrammen.

Die geologische Karte stellt im Bereich der Stollentrasse in einer Breite von 3—4 km eine Verkleinerung und teilweise Vereinfachung der geologischen Aufnahme 1:10.000 dar (topogr. Grundlage von E. SCHNEIDER), begrenzt nach W durch die Linie: Imsterau—Venet A.—Venet—Altenzoll, nach E durch die Linie Rautgraben—Blons—Pitzbach—Piller B.—Pontlatzer Brücke. Der übrige Teil beruht auf der alten österr. Karte 1:25.000. Da letztere vielfach recht ungenau ist, ergaben sich beim Übergang beider Karten oft erhebliche Unstimmigkeiten. Die geologische Darstellung ist fast durchwegs nach eigenen neuen Aufnahmen gezeichnet, nur wenig von HAMMER bzw. AMPFERER übernommen.

Die durchziehenden Störungen (roter Aufdruck) sind größtenteils nach Auswertung von Luftbildern gezeichnet, die besonders bei stereoskopischer Betrachtung sich oft weithin deutlich verfolgen ließen.

Von den Profilen, die einheitlich nach der alten Karte gezeichnet sind, einschließlich dem der Voraussage, liegen 1—7 möglichst senkrecht zur Streichrichtung der B-Achsen, 8 und 9 längs derselben. Letztere zeigen damit das Einfallen der B-Achsen nach Osten.

Der Karte beigegeben sind Gefügediagramme für einzelne möglichst homogene Geländebereiche. Sie umfassen alle im jeweiligen Bereich gemessenen und angegebenen Gefügedaten.

- D 1. Gebiet Piller, Phyllitgneis; 205 B-Achsen, 0·5—1—4—8—20%.
- D 2. Gebiet Wennis, Quarzphyllit; 149 B-Achsen, 0·7—1,3—4—12—20%.
- D 3. Gebiet Venet (N Piller): Quarzphyllit; 100 B-Achsen, 1—2—4—10—20%.
- D 4. Phyllitzone von Timmels und Gneisphyllitzone von Steinhof; 117 B-Achsen, 1—4—8—12%.
- D 5. Gebiet Piller—Pillerhöhe, Phyllitgneis; alle Klüfte und Harnische, 324 Klüftpole, 0·3—1—2—3—5%.
- D 6. Gebiet von Wennis, Quarzphyllit; alle Klüfte und Harnische, 159 Klüftpole, 0·6—1·3—2—4—8%.
- D 7. Gebiet SW Piller, Scherungsflächen mit Harnischen, Flächenpaare; β = Scherungsachsen, α = Richtung der Harnischriefung, ... = Pole weiterer Scherungsflächen.
- D 8. Gebiet Arzl—Kogler Graben, Klüfte im Hauptdolomit, 238 Klüftpole, 0·4—1—2—3—4%.

Diese, wie auch alle weiteren Gefügediagramme, stellen wie nach SANDER üblich in flächentreuer Azimutalprojektion die untere Hälfte der Lagenkugel dar.

X. Der Längsschnitt durch die Stollentrasse 1:10.000 beruht auf den Stollenaufnahmen von A. FUCHS, W. HEISSEL, K. MIGNON und O. SCHMIDEGG, vereinfacht und zusammengestellt von O. SCHMIDEGG und in Verbindung gebracht mit den Verhältnissen im Gelände. Der Fensterstollen ist als Abb. 2 im Text (S. 391) wiedergegeben.

XI. Die Stollenbänder, Baulos Imsterau 1:1000 enthalten eine etwas vereinfachte Stollenaufnahme (für diesen Bereich von O. SCHMIDEGG) dargestellt in einem Profil und Grundriß. Die Diagramme der Gefügedaten sind i. a. für je 200 m Stollenlänge zusammengefaßt, vereinzelt auch nach Gesteinsgrenzen. Sie enthalten:

1. Die Pole der durchgreifenden Klüfte und Störungsflächen in statistischer Darstellung, ausgezählt nach Prozenten der Besetzungsdichte. Die unterbrochene Linie trennt den unbesetzten Bereich ab.

2. Die Pole der Schichtungs- bzw. Schieferungsflächen (s) sind mit Punkten bezeichnet.

3. Die B-Achsen (meist als Faltungsachsen) durch kleine Kreise.

4. Die Richtung des Stollens ist durch zwei Linien außerhalb des Randes angegeben.

XII. Stollenbänder, 1:200. Von diesen, den Originalaufnahmen des Stollens, ist nur eine kleine Auswahl aus geologisch interessanteren Bereichen wiedergegeben: Der nördliche Anteil des Kalkalpenbereiches bis zum Hauptdolomit und der Übergang von den Kalkalpen zur Grauwackenzone. Die Erläuterungen sind auf den Stollenbändern selbst zu ersehen, im allgemeinen ist eine entsprechende Zeichengebung verwendet wie auf den Stollenbändern 1:1000.

XIII. Geologische Karten und Profile für den Bereich des Kraftabstieges 1:1.000. Nach den eingehenderen geologischen Aufnahmen ist hier eine Karte für das Gelände und ein Grundriß für hauptsächlich zwei Höhenlagen sowie Profile zusammengestellt. Ferner sind 4 Diagramme beigegeben, die folgende Daten enthalten:

D 28. Wasserschloß. Hauptschacht von oben bis 5 m unter die Sohle der Oberkammer, Kalk und Dolomit, Pole von 115 Klüften und 50 s-Flächen (Maximum im NNW-Sektor 1—2—3—4—5%).

D 29. Druckschacht, Kalk und Dolomit, Pole von 44 Schichtflächen (Kreise), 38 durchgreifenden Klüften (große Punkte) und 78 Kleinklüften (kleine Punkte). Die unterbrochene Linie gibt die Richtung der Druckschachtachse an, deren Einfallen der Ring mit Punkt.

D 30. Umgebung der Kaverne (Gelände und Stollen), Kalk und Dolomit, 395 Pole aller eingemessenen Fugen (Klüfte und Schichtflächen). Den Schichtflächen entspricht das Maximum im NNW-Sektor. $\frac{1}{2}$ —1—2—3—4—5—6—8%.

D 31. Kraftkaverne, Kalk und Dolomit, 62 s-Flächen (Kreuzchen), 83 durchgreifende Klüfte (große Punkte), 234 Kleinklüfte (kleine Punkte).

Die Diagramme 29 und 31 sind nicht ausgezählt, um die Verteilung der verschiedenen Fugen zum Ausdruck zu bringen.

GEOLOGISCHE KARTE DES ÖSTLICHEN VENET-GEBIETES (BEREICH DES DRUCKSTOLLENS PRUTZ-IMST)

MIT PROFILEN UND GEFÜGEDIAGRAMMEN, AUFGENOMMEN VON O. SCHMIDEGG 1952-1954

1:25.000 0 1 2 km

Mesozoikum

- Jura (Liasalk., Fleckenmergel, Radiolarite)
- Kössener Schichten (Kalk und Mergel)
- Hauptdolomit
- Raißler Schichten
- Wettersteinkalk, Wettersteindolomit
- Parndorfschiefer
- Muschelkalk
- Gutensteiner Dolomit
- Mergel (nur im Profil auf Tafel II)
- Buntsandstein

Phyllitzone

- Verrucano
- Grauwackenschiefer
- Quarzphyllit
- Graphit-Phyllit
- Onesige Phyllit (Zone von Steinhof)
- Phyllitgneise (Zone von Piller)
- Chloritschiefer
- Amphibolite
- Granitgneise, Apsire, Quarzite
- Dolomit im Phyllit

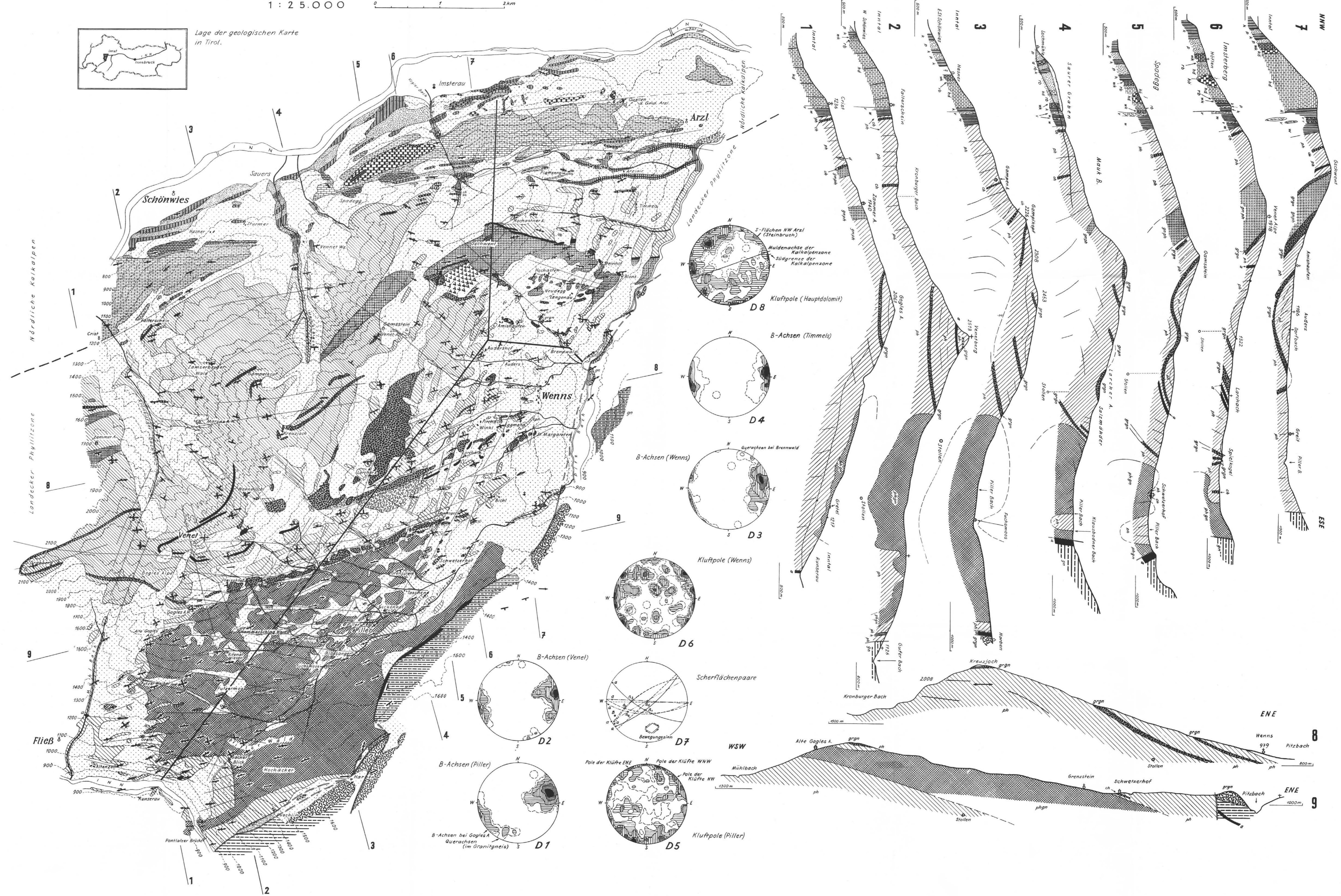
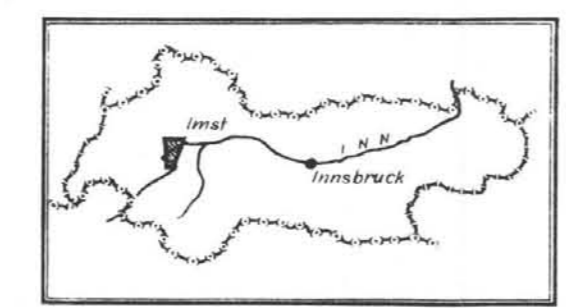
Ötztaler Masse

- Ötztaler Schiefergneis (Biotitplagioklasgneis)
- Granitgneis (mylonitisch)
- Kalke und Dolomite (Trias) der Synklinale von Puschlin.
- Blockwerk (Granitgneis)
- Abbruchgebiete, Aufschiebung
- Mördner und Hangschutt
- Talanschüttungen

Struktur

- Sreichen und Fallen der Schichtung bzw. Schieferung (steil, mittelsteil, flach, horizontal)
- Faltenachsen, B-Achsen (steil, geneigt, horizontal)
- Flachwellige- und ebene Lagerung mit Fältelungsachse
- Faltenachsen (genau eingetragen) bei stärkerem und mitlerem Einfallen der Schieferung
- Durchzeichnete Störungen (nach Luftbild)

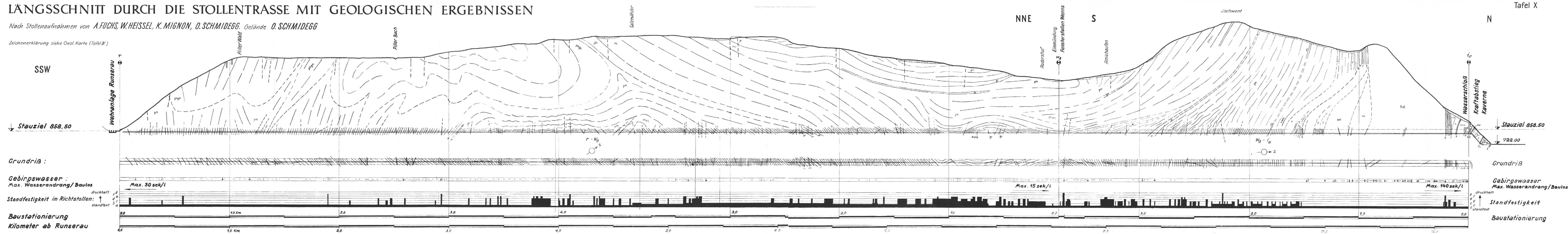
LÄNGSSCHNITT DURCH DIE STOLLENTRASSE MIT GEOLOGISCHER VORAUSSETZUNG (1952)

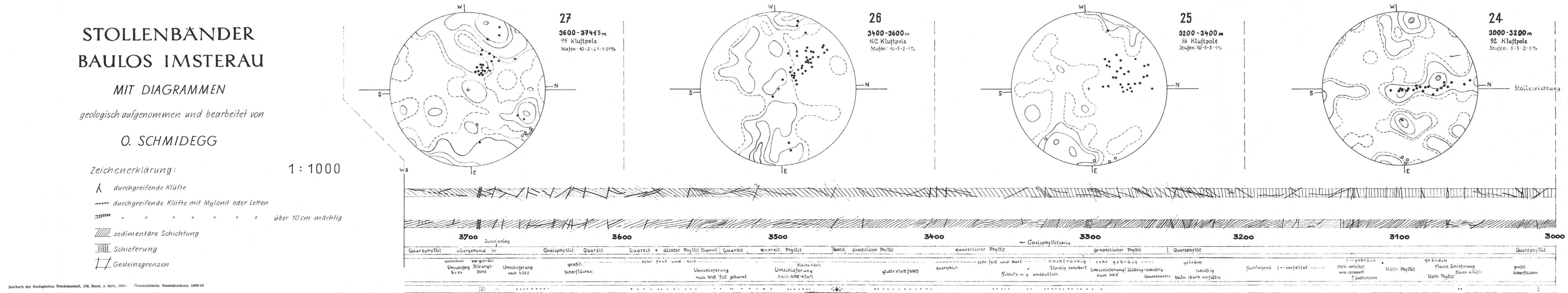
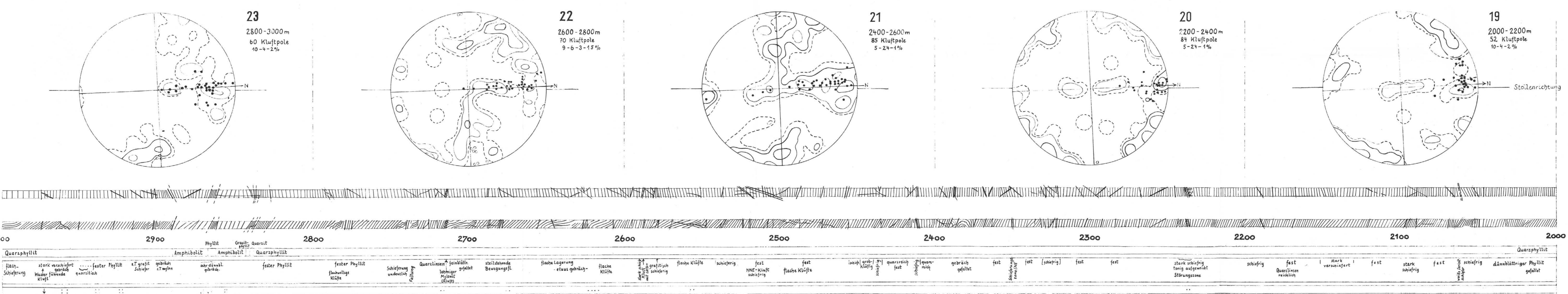
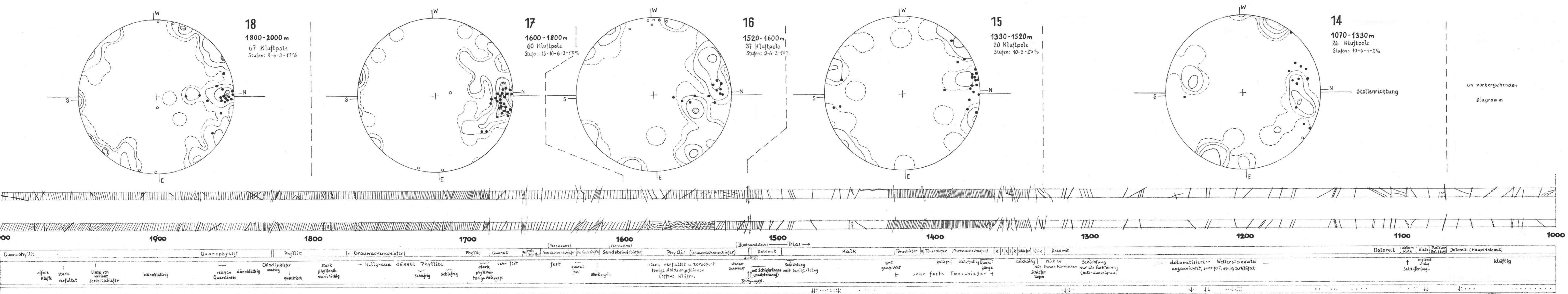
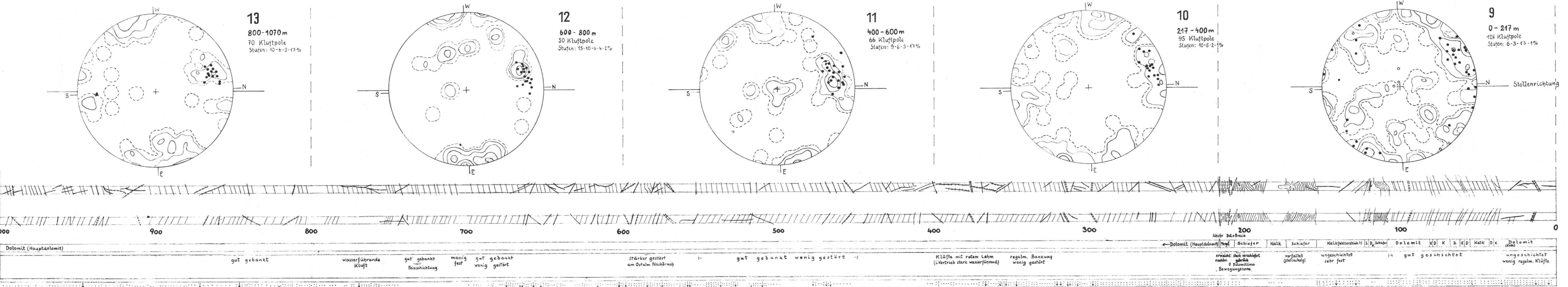


LÄNGSSCHNITT DURCH DIE STOLLENTASSE MIT GEOLOGISCHEN ERGEBNISSEN

Nach Stollenaufnahmen von A. FUCHS, W. HEISSEL, K. MIGNON, O. SCHMIDEGG. Gelände O. SCHMIDEGG

Zeichenerklärung siehe Geol. Karte (Tafel X)





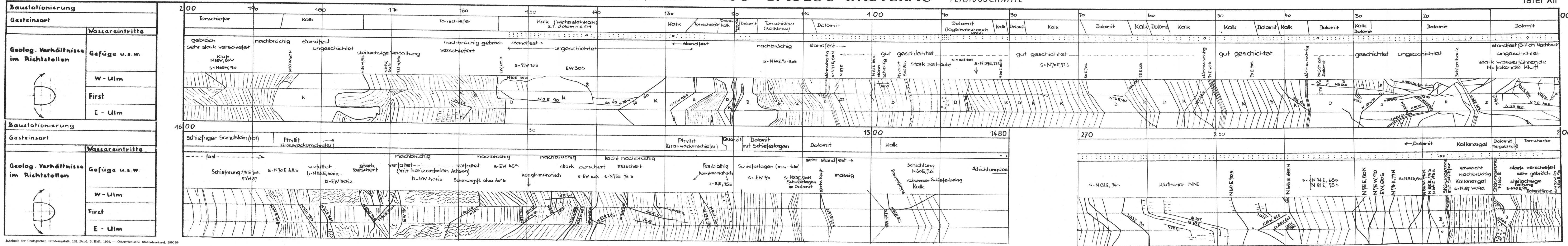
**STOLLENBÄNDER
BAULOS IMSTERAU**

MIT DIAGRAMMEN
geologisch aufgenommen und bearbeitet von
O. SCHMIDEGG

Zeichenerklärung: 1 : 1000

- durchgreifende Klüfte
- durchgreifende Klüfte mit Mylonit oder Letten
- über 10 cm mächtig
- ▨ sedimentäre Schichtung
- ▧ Schieferung
- ▩ Gesteinsgrenzen

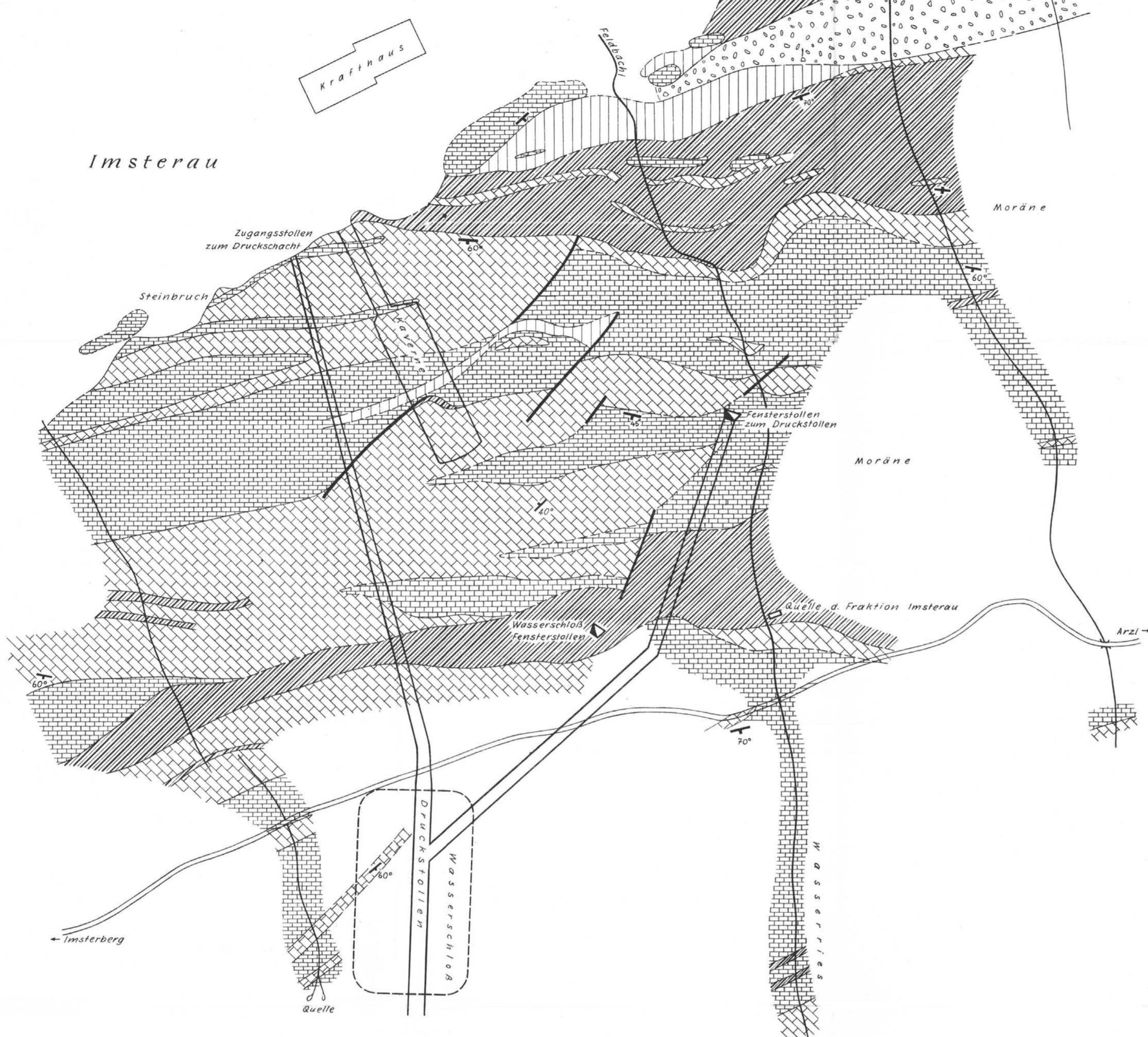
STOLLENBÄNDER 1:200 BAULOS IMSTERAU TEILAUSSCHNITTE



GEOLOGISCHE KARTEN UND PROFILE FÜR DEN BEREICH DES KRAFTABSTIEGES

AUFGENOMMEN VON O. SCHMIDEGG 1952 - 1956

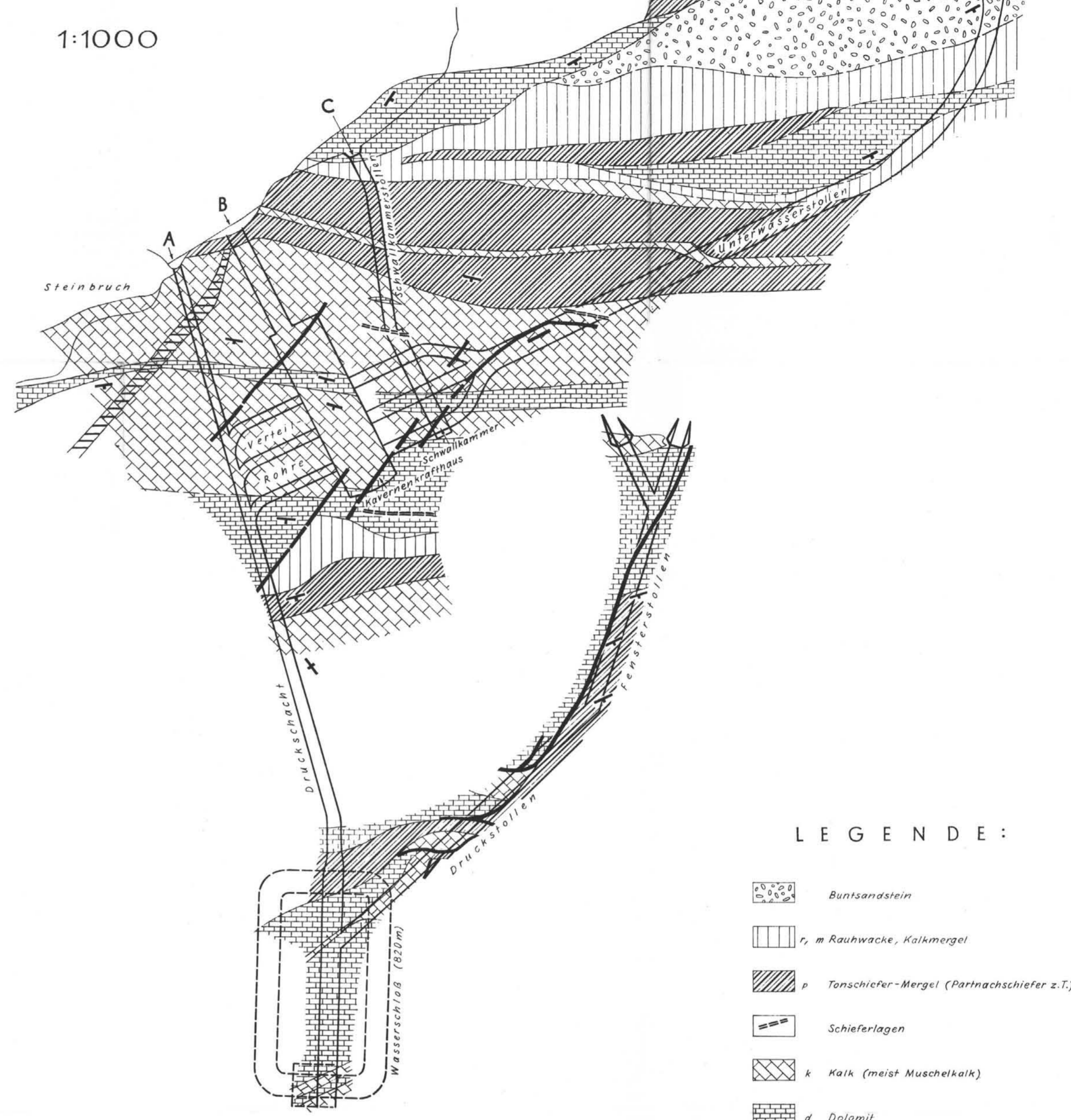
GEOLOGISCHE KARTE DES GELÄNDES 1:1000



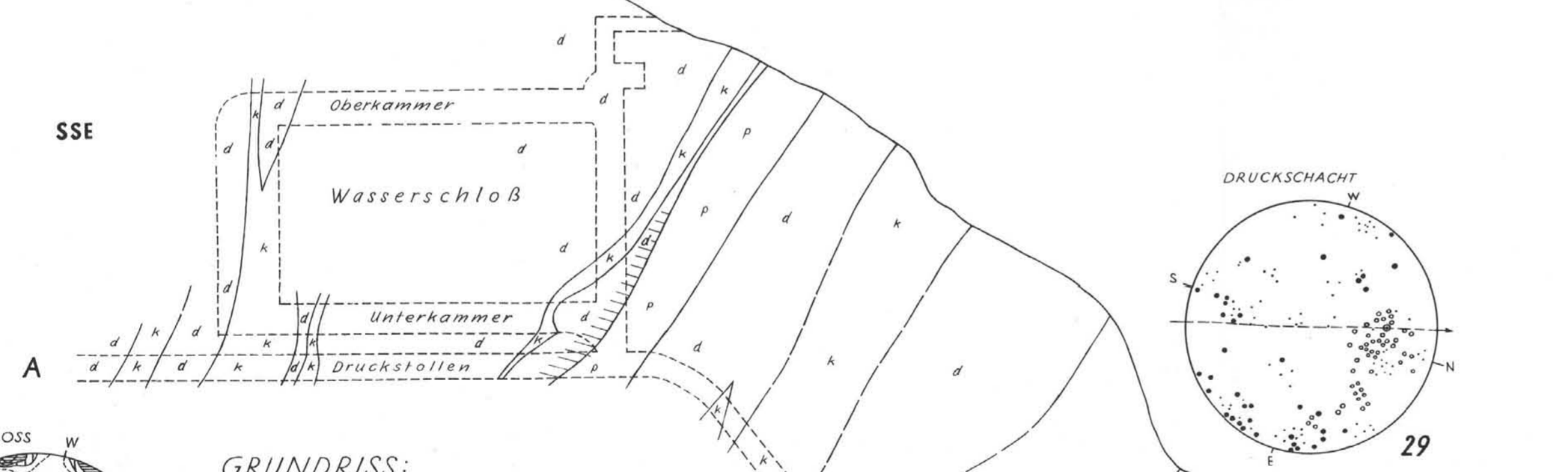
GEOLOGISCHE VERHÄLTNISS

für Horizont 708 m (Bereich des Unterwasserstollens)
 720 m (" " Druckschacht-Kaverne)
 820 m (" " " " -Fensterstollen)

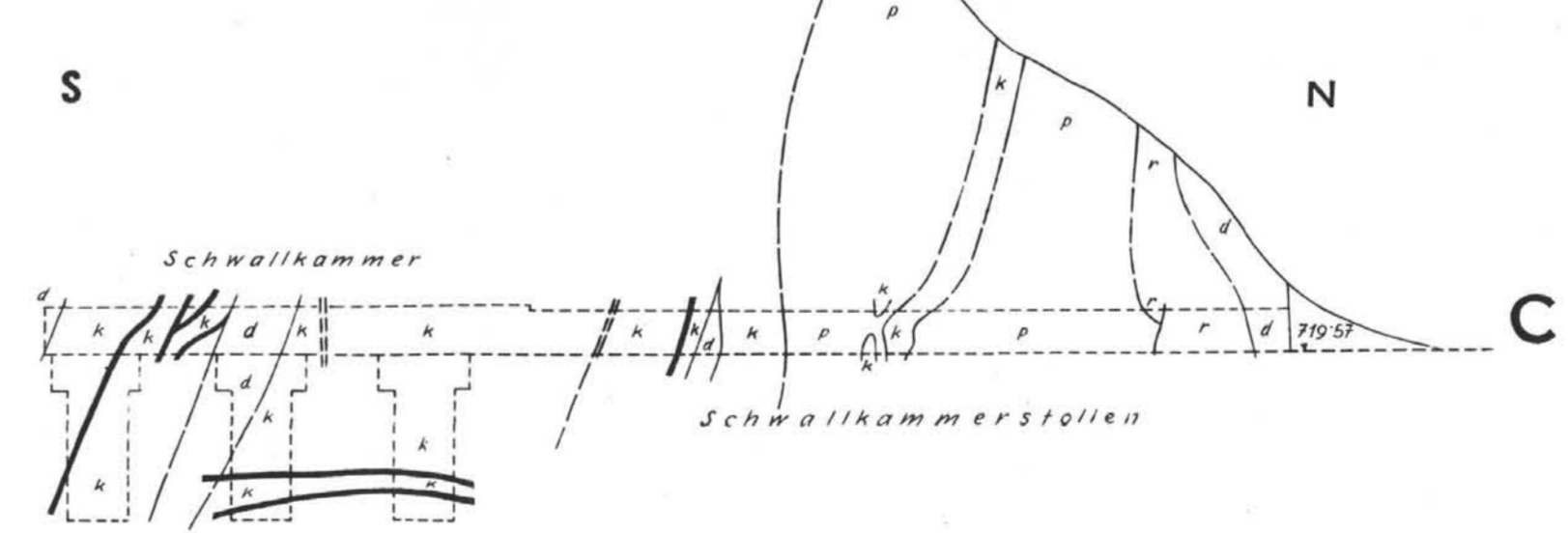
1:1000



PROFIL: WASSERSCHLOSS-DRUCKSCHACHT 1:1000



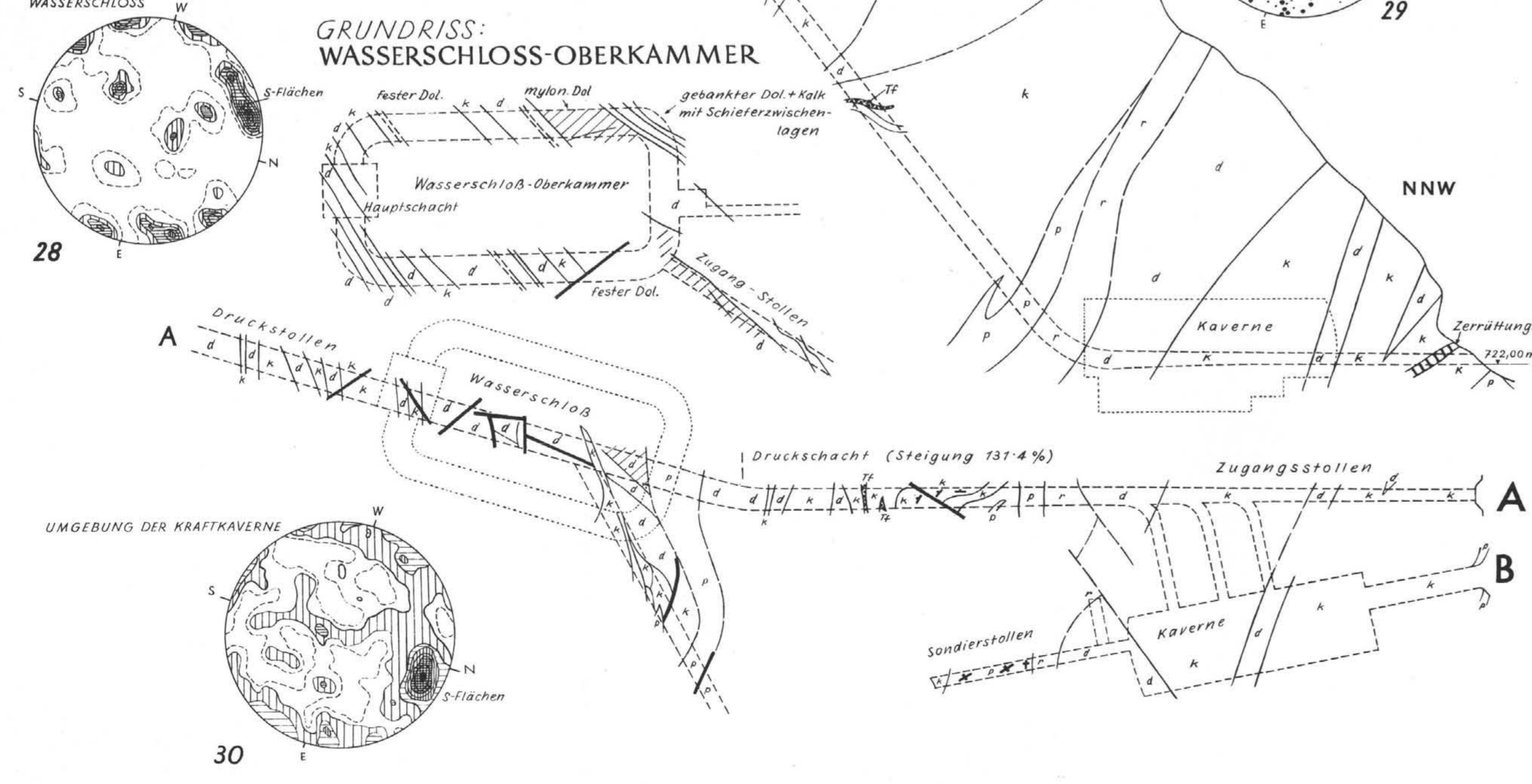
PROFIL: SCHWALKKAMMER UND -STOLLEN (WESTULME) 1:500



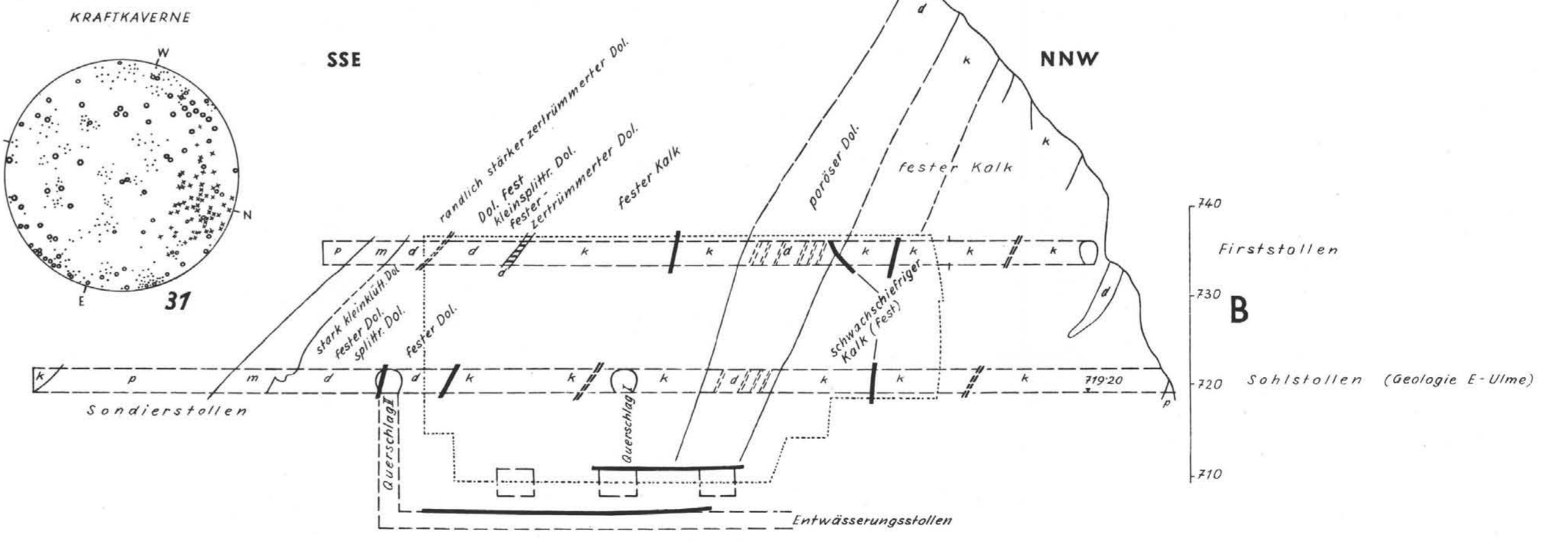
LEGENDE:

- Buntsandstein
 - r, m Rauwacke, Kalkmergel
 - p Tonschiefer-Mergel (Partnachschiefer z.T.)
 - Schieferlagen
 - k Kalk (meist Muschelkalk)
 - d Dolomit
 - poröser Dolomit gebändert
 - TF grüne Tuffe, (Liatraverde)
 - Bewegungsfläche
 - Zerrüttungszonen
- } nur in den Profilen

GRUNDRISS: WASSERSCHLOSS-OBERKAMMER



LÄNGSSCHNITT DURCH DIE KAVERNE 1:500



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1959

Band/Volume: [102](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidegg Oskar

Artikel/Article: [Geologische Ergebnisse beim Bau des Wasserkraftwerkes Prutz-Imst der TIWAG \(Tirol\) 353-406](#)